



Уральский государственный
аграрный университет

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**T. 25, № 04
Vol. 25, No. 04**

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. Исмурастов, 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. Коцаев, 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. Плугатарь, 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. Рущицкая, 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-

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 Sótönyi (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 Agricultural (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, “Uralplemstsr” (Ekaterinburg, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetstkiy, 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

Содержание

Агротехнологии

- Ю. А. Клипакова, И. А. Короткая,
Ю. В. Чебанова, Е. М. Денисова 530
Изменение свойств чернозема южного в процессе
сельскохозяйственного использования
- А. В. Корнев, В. И. Леунов,
Л. М. Соколова, А. Н. Ховрин 539
Влияние агроэкологических условий
на биохимический состав и устойчивость
к патогенам корнеплодов моркови столовой
- Дм. С. Фомин, Д. С. Фомин, Ю. Н. Зубарев 552
Геоинформационные технологии в повышении
урожайности яровой пшеницы
- А. И. Якубовская, Я. В. Пухальский, Н. И. Воробьев,
И. А. Каменева, М. В. Гритчин, А. Ю. Еговцева 564
Оценка микробно-растительных взаимодействий
в биосистеме *Oriza sativa* L. (риса посевного)

Биология и биотехнологии

- А. М. Бекшенова, С. С. Александрова,
С. В. Логинов 576
Эффективность применения препарата,
регулирующего обмен веществ
при выращивании цыплят бройлеров
- М. В. Беляков, Е. А. Никитин,
Д. С. Пятченков, Д. А. Благов 586
Фотолуминесцентный метод контроля
влажности жмыхов
- О. А. Быкова, Н. В. Теплякова, В. И. Косилов 597
Молочная продуктивность
крупного рогатого скота при использовании
натуральных кормовых добавок
- И. Ф. Горлов, М. И. Сложеникина, О. П. Шахбазова,
Р. Г. Раджабов, Е. Ю. Анисимова 606
Влияние генетической принадлежности
на молочную продуктивность
и качество молока коров голштинской породы
- В. В. Горшков, Е. М. Щетинина 619
Актуальные направления кормообеспечения
в животноводстве
- А. В. Даут, Л. И. Дроздова, М. А. Корч 631
Морфологическая характеристика
органов репродуктивной системы
самцов диких животных

Экономика

- Е. В. Жилина, И. М. Ханова 644
От цифровых технологий
к инвестициям в сельское хозяйство:
опыт Республики Башкортостан
- Е. В. Килимник 654
Особенности развития сельского хозяйства
в России 2019–2023 гг. в условиях санкций
- О. В. Новичкова, А. В. Носов, О. А. Тагирова 665
Кредитный риск сельскохозяйственной
организации: анализ и способы управления

Contents

Agrotechnologies

- Yu. A. Klipakova, I. A. Korotkaya,
Yu. V. Chebanova, E. M. Denisova 530
Changes in the properties of southern chernozem
in the process of agricultural use
- A. V. Kornev, V. I. Leunov,
L. M. Sokolova, A. N. Khovrin 539
The influence of agroecological conditions
on the biochemical composition and resistance
to pathogens of table carrot root crops
- Dm. S. Fomin, D. S. Fomin, Yu. N. Zubarev 552
Geoinformation technologies in increasing
the yield of spring wheat
- A. I. Yakubovskaya, Ya. V. Pukhalskiy, N. I. Vorobyev,
I. A. Kameneva, M. V. Gritchkin, A. Yu. Egovtseva 564
Assessment of microbial-plant interactions
in the *Oriza sativa* L. biosystem (seeded rice)

Biology and biotechnologies

- A. M. Bekshenova, S. S. Aleksandrova,
S. V. Loginov 576
Efficiency of using
a drug that regulates metabolism
in growing broiler chickens
- M. V. Belyakov, E. A. Nikitin,
D. S. Pyatichenkov, D. A. Blagov 586
Photoluminescent method of monitoring
the moisture content of cake
- O. A. Bykova, N. V. Teplyakova, V. I. Kosilov 597
Milk productivity
of cattle using natural feed additives
- I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, O. P. Shakhbazova,
R. G. Radzhabov, E. Yu. Anisimova 606
The influence of genetic affiliation
on dairy productivity and milk quality
in Holstein cows
- V. V. Gorshkov, E. M. Shchetinina 619
Current trends in feed supply
in animal husbandry
- A. V. Daut, L. I. Drozdova, M. A. Korch 631
Morphological characteristics
of organs of the reproductive system
of male wild animals

Economy

- E. V. Zhilina, I. M. Khanova 644
From investments in digital technologies
in agriculture: the experience
of the Republic of Bashkortostan
- E. V. Kilimnik 654
Features of agricultural development
in Russia 2019–2023 under sanctions
- O. V. Novichkova, A. V. Nosov, O. A. Tagirova 665
Agricultural organization credit risk:
analysis and management methods

Изменение свойств чернозема южного в процессе сельскохозяйственного использования

Ю. А. Клипакова[✉], И. А. Короткая, Ю. В. Чебанова, Е. М. Денисова

Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия

[✉]E-mail: yu.klipakova@mail.ru

Аннотация. Цель работы – провести оценку агрофизических и агрохимических показателей чернозема южного в стационарном севообороте и залежном состоянии в условиях степной зоны северо-западного Приазовья (Мелитопольский район Запорожской области), а также установить характер изменений, произошедших в почве в зависимости от ведения сельского хозяйства и продолжительности использования земель. **Методы.** По общепринятым методикам на исследуемых полях в горизонтах 0–30 см и 30–60 см отобраны образцы для определения гранулометрического состава, содержания органического вещества, нитрификационной способности и динамики основных элементов питания. **Научная новизна.** Впервые проведена агрофизическая и агрохимическая оценка чернозема южного, который находился в залежном состоянии (15 лет), и дан его сравнительный анализ по отношению к чистому пару в условиях одного хозяйства. **Результаты.** На основе полученных данных установлено, что исследуемые почвы в результате сельскохозяйственной деятельности сильно деградированы, что подтверждается полным отсутствием агрономически ценных агрегатов. Содержание органического вещества по чистому пару и залежным землям по горизонтам 0–30 и 30–60 см составляет 1,57–2,50 %, что является низким показателем. Более высокая нитрификационная способность отмечена по чистому пару – 47,3 мг/кг. Высокая обеспеченность подвижным фосфором отмечена для залежных земель (горизонт 0–30 см – 42 мг/кг P_2O_5 , 30–60 см – 31 мг/кг P_2O_5). В то же время по чистому пару для слоя 30–60 см отмечено снижение подвижного фосфора в 3,5–3,7 раза, где его содержание составило 9 мг/кг относительно других исследуемых горизонтов. Обменный калий по чистому пару и залежным почвам в слое 0–30 см характеризуется как повышенный (305–349 мг/кг) с последующим его снижением по горизонту на 18 % и 30 % соответственно по сравнению с корнеобитаемым слоем.

Ключевые слова: агрохимическая характеристика почвы, чернозем южный, залежные земли, гранулометрический состав, органическое вещество, формы питательных веществ

Благодарности. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках Молодежной научной лаборатории «Рациональное использование биоресурсов и повышение устойчивости агроценозов» в соответствии с тематикой и планом на 2024–2027 гг. (FRRS-2024-0004).

Для цитирования: Клипакова Ю. А., Короткая И. А., Чебанова Ю. В., Денисова Е. М. Изменение свойств чернозема южного в процессе сельскохозяйственного использования // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 530–538. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-530-538>.

Дата поступления статьи: 06.11.2024, **дата рецензирования:** 11.02.2025, **дата принятия:** 14.02.2025.

Changes in the properties of southern chernozem in the process of agricultural use

Yu. A. Klipakova[✉], I. A. Korotkaya, Yu. V. Chebanova, E. M. Denisova

Melitopol State University, Melitopol, Russia

[✉]E-mail: yu.klipakova@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to evaluate agrophysical and agrochemical parameters of southern chernozem in stationary crop rotation and fallow state in the conditions of the steppe zone of the north-western Priazovye (Melitopol district of Zaporozhye region), as well as to establish the nature of changes that occurred in the soil depending on the farming and duration of land use. **Methods.** According to generally accepted methods, samples were selected in the studied fields in horizons 0–30 cm and 30–60 cm to determine the granulometric composition, organic matter content, nitrification capacity, and dynamics of the main nutrition elements. **Scientific novelty.** For the first time, an agrophysical and agrochemical evaluation of southern chernozem, which was in fallow condition (15 years), was carried out, and its comparative analysis was given in relation to pure steam in the conditions of one farm. **Results.** On the basis of the obtained data it was established that the studied soils are strongly degraded as a result of agricultural activity, which is confirmed by the complete absence of agronomically valuable aggregates. The content of organic matter on clean fallow and fallow lands on horizons 0–30 and 30–60 cm is 1.57–2.50 %, which is the low indicator. The higher nitrification capacity was observed on clean fallow – 47.3 mg/kg. High provision of mobile phosphorus was noted for fallow lands (horizon 0–30 cm – 42 mg/kg P₂O₅, 30–60 cm – 31 mg/kg P₂O₅). At the same time, on the clean fallow for layers 30–60 cm, the decrease in 3.5–3.7 times of mobile phosphorus was noted, where its content was 9 mg/kg relative to other studied horizons. Exchangeable potassium in clean fallow and fallow soils in the 0–30 cm layer is characterised as elevated (305–349 mg/kg), with its subsequent decrease in the horizon by 18 % and 30 %, respectively, compared to the root-inhabited layer.

Keywords: agrochemical characteristics of soil, southern chernozem, fallow lands, granulometric composition, organic matter, forms of nutrients

Acknowledgements. The research work was carried out within the framework of the Youth Scientific Laboratory “Rational use of bioresources and increasing the sustainability of agrocenoses” in accordance with the theme and plan for 2024–2027 (FRRS-2024-0004).

For citation: Klipakova Yu. A., Korotkaya I. A., Chebanova Yu. V., Denisova E. M. Changes in the properties of southern chernozem in the process of agricultural use. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 530–538. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-530-538>. (In Russ.)

Date of paper submission: 06.11.2024, **date of review:** 11.02.2025, **date of acceptance:** 14.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Проблемой мирового земельного фонда является деградация сельскохозяйственных земель, в результате которой урожайность сельскохозяйственных культур может снизиться до 50 % [1; 2]. Уровень антропогенной нагрузки на земельные, почвенные и пресноводные ресурсы усиливается настолько, что продуктивность этих систем приближается к своему пределу (доклад СОЛАВ 2021 г.)¹. Именно сельское хозяйство, которое связано с химизацией, механизацией и высокой интенсивностью монокультурного земледелия, оказывает

¹ ФАО. 2021. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Системы на пределе. Сводный доклад 2021. Рим. DOI: 10.4060/cb7654ru.

существенную нагрузку на мировые ресурсы [3]. Несмотря на многолетние усилия по искоренению голода, мир далек от решения этой проблемы. Если с 2015 года количество голодающих оставалось неизменным, и составляло 708 млн. чел., то в 2021 году таких людей стало больше (828 млн чел). Увеличение голодающих с 8 % до 9,8 % мирового населения произошло в 2019–2021 годы, причиной чему стали пандемия COVID-19 и военные конфликты [4]. По оценкам ФАО, удовлетворение глобального спроса на сельскохозяйственное сырье и ликвидация голода в мире возможны при наращивании объемов производства сельского хозяйства более чем на 50 %. При этом 80 % дополнительного продовольствия, необходимого для удовлетворения спроса в 2050 году, будет производиться на уже обрабатываемых в настоящее время землях [5].

В сельском хозяйстве задействованы 4750 млн га земли, за счет которых поддерживается сельскохозяйственное производство и формируется 95 % мирового продовольствия. Деградированы в результате деятельности человека 1 660 млн га, а оставшиеся площади относятся к категории земель, характеризующихся ухудшением вследствие естественного и антропогенного воздействий. Следует отметить, что 21 млн га сильно деградированных и 62 млн га незначительно деградированных земель приходится на Восточную Европу и Российскую Федерацию, общая площадью которых составляет 1763 млн га [3; 6].

Глобальные потребности продовольствия привели к ежегодному увеличению (на 2,5 %) производительности сельского хозяйства за счет значительной интенсификации производства, начало которой было положено во второй период «зеленой революции» (50–60-е годы XIX века). Однако интенсивное ведение сельского хозяйства, темп роста населения и состояние экономики приводят к глобальной продовольственной проблеме в мире, постепенное решение которой возможно через устойчивое ведение сельского хозяйства, восполнение затраченных природных ресурсов через эффективность технологий [7]. Таким образом, формирование урожая сельскохозяйственных культур происходит за счет естественного плодородия почв, что приводит к отрицательному балансу питательных и органических веществ, в результате чего создается опасная экологическая ситуация.

Для увеличения эффективности мероприятий по повышению почвенного плодородия и урожайности выращиваемых культур применяются результаты агрохимического обследования почв с дальнейшей разработкой научно обоснованной системы удобрения и рационального природопользования [8]. После выведения площадей из севооборота и прекращения всех видов сельскохозяйственной деятельности в почвенном горизонте происходят изменения, интенсивность которых зависит от многих факторов [9]. Учеными доказано, что через длительный период (20 лет) после замены бессменного пара залежью в черноземе типичном увеличивается содержание элементов: С – на 43 %, Н – на 31 %, N – на 25 %. Восстановление органического углерода происходит очень медленно (около 0,05 % в год) и является основным критерием регулирования гумусового состояния пахотных почв. Содержание макроэлементов (Si, Al, Fe, K, Na), которые составляют основную минеральную часть почвы, существенно не изменялось [10].

Разработка и применение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, направленных на поддержание бездефицитного баланса гумуса, способствуют повышению экологической стабильности

территории и снижению антропогенной нагрузки. Потеря гумуса ежегодно в сельскохозяйственных районах страны в среднем составляет 0,62 т/га, а его содержание в почве за 100 лет снизилось на 30–50 %. Ежегодный прирост эродированных земель составляет 0,4–0,5 млн га и имеет в стране тенденцию к увеличению вследствие эрозии, дефляции, засух и суховеев [11]. В условиях аридизации климата деградация ландшафтов приобретает характер опустынивания [12].

Учеными установлено, что черноземы юга России характеризуются относительно низким содержанием азота и гумуса и существенным его снижением по генетическим горизонтам. В то же время стабильный азотный фонд формируется за счет глубоко проникающей корневой системы растений при благоприятных природно-климатических условиях [13]. Дефицит баланса гумуса пашни можно восполнить за счет увеличения доли гумусообразующих культур и уменьшения доли гумусопотребляющих культур в структуре севооборота. Снижение внесения органических удобрений на 1 га (по данным на 2021 год – 1,2 т), вследствие уменьшения поголовья скота и в целом слаборазвитой отрасли животноводства следует активизировать поступлением органических веществ растительного происхождения в почву, что позволит увеличить эколого-экономическую эффективность землепользования и достигнуть критериев рациональности [14]. В то же время применение минеральных удобрений достаточно стабильно, где по действующему веществу на азотные приходится 2/3, на фосфорные – 1/4, на калийные – 1/6 от общего количества, а южные регионы РФ по объемам внесения занимают лидирующее место. Для достижения более высоких показателей валового сбора зерна и кормов по стране в целом необходимо утроить внесение минеральных удобрений на 1 га пашни (62 кг N, 22 P₂O₅, 34,5 кг K₂O), что будет способствовать положительной интенсивности баланса по основным элементам питания (83–120 %) [15].

Таким образом, при управлении агроэкосистемой, основанной на экологических принципах, возможно получение оптимального количества высококачественной продукции сельскохозяйственного производства и увеличение устойчивости агроэкосистемы с сохранением ее агроресурсов.

Цель работы – провести оценку агрофизических и агрохимических показателей чернозема южного в стационарном севообороте и залежном состоянии в условиях степной зоны северо-западного Приазовья, а также установить характер изменений, произошедших в почве в зависимости от ведения сельского хозяйства и продолжительности использования земель.

Методология и методы исследования (Methods)

В основу исследований положены результаты агрофизического и агрохимического анализа почвенных образцов, отобранных с полей сельскохозяйственного назначения, которые представлены пашней (чистый пар) и залежными землями (15 лет).

Отбор почвенных образцов для исследования проведен на репрезентативных участках Научно-образовательного и производственного центра по выращиванию полевых культур ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», расположенного в с. Лазурное Мелитопольского района Запорожской области (координаты: 46.776936, 34.989242), с учетом типа почв в соответствии с ГОСТ 28168-89. Каждый почвенный образец составляли из точечных проб, равномерно отобранных методом маршрутных ходов в слоях 0–30 и 30–60 см для определения следующих показателей [16]: рН солевой вытяжки – по ГОСТ 26483-85, рН водной вытяжки – по ГОСТ 26423-85, подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина (ГОСТ 26205-91), содержание органического вещества – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-2021), нитратный азот – по ГОСТ 26951-86), аммонийный азот – по ГОСТ 26489-85, нитрификационная способность почвы [17].

Лабораторные исследования почвенных образцов проведены в ФГБУ «ЦАС „Краснодарский“» (протокол испытаний № 79-Д от 24.07.2024 г.).

По климатическим данным метеостанции г. Мелитополь, на которой учет ведется с 1979 года, установлено, что среднегодовая сумма температур выше 10 °С составляет 3400–3500 °С (за период с конца апреля по октябрь). Количество осадков за этот же период – 285 мм, что составляет 60 % от среднегодовой нормы осадков в регионе обследования (481 мм) и характеризует период как засушливый (ГТК = 0,8). Апрель и октябрь считаются достаточно увлажненными (ГТК = 1,0...1,1), май, июнь, сентябрь – засушливыми (ГТК = 0,8...0,9), июль – более засушливый (ГТК = 0,7), август – очень засушливый (ГТК = 0,5). Приход осадков в летний период имеет низкую продуктивность из-за ливневого характера в короткий период времени, что не дает возможности проникнуть влаге в нижние слои почвы, а высокая температура воздуха приводит к их стремительному испарению.

В 2024 году период с февраля по апрель характеризовался малым количеством осадков (6–15 мм), что было ниже среднегодовой нормы на 57–82 % и привело к сильной засухе в апреле (ГТК = 0,1). Выпадение ливневых осадков в мае в количестве 62 мм, что составило 130 % от среднегодовой нормы (ГТК = 1,1), не пополнило запасы продуктивной влаги в почве должным образом. Июнь и июль характеризовались меньшим количеством осадков:

23,4 и 7,2 мм соответственно, что ниже нормы на 57 % и 84 %. Также недостаток осадков отмечен в августе (28 мм) и сентябре (20,0 мм).

Результаты (Results)

Почвы Запорожской области представлены черноземами (обыкновенными и южными), а также темно-каштановыми и каштановыми почвами в комплексе с солончаковыми и солонцами, пойменными, эродированными, осолоделыми. На режим и свойства функционирования черноземов оказывает влияние естественно-антропогенный процесс, в результате которого происходит ряд необратимых изменений. Доказано, что использование севооборотов с доминированием в них культур пшеницы озимой и подсолнечника и традиционной технологии обработки почвы на фоне изменения климатических условий приводят к естественному разрушению структуры почв, снижению запасов органического вещества и продуктивной влаги.

Снижение органического вещества по профилю черноземов южных привело к деградации, что подтверждается их гранулометрическим составом, где полученные нами данные свидетельствуют о полной утрате агрономически ценных агрегатов (таблица 1).

Анализируя полученные величины, следует отметить, что фракция пыль (крупная, средняя и мелкая) составляет в пахотном слое исследуемых образцов 72 %, в том числе 35–39 % пылевой фракции с размером частиц 0,05–0,001 мм. Процесс восстановления почвы при содержании ее в залежном состоянии на фоне высоких температур воздуха и нестабильного увлажнения протекает очень медленно. Это подтверждается низким количеством ценных агрегатов (0,25–10 мм) по исследуемым горизонтам, где по залежным землям этот показатель составляет 5,5–6,3 %, по чистому пару – 5,5–6,8 % (при значениях ниже 20% почвы имеют плохую агрономическую оценку). Такое неудовлетворительное механическое состояние почвы негативно сказывается на урожайности выращиваемых полевых культур, может приводить к возникновению пыльных бурь и выдуванию верхнего слоя. Дефляционные процессы чаще всего возникают при отсутствии растительности, иссушении и обесструктурировании почвы, при скорости ветра 15 м/с, продолжительности более 12 часов, что является характерным для Запорожской области в весенний и осенний периоды года. Установлено, что открытая поверхность черноземов южных карбонатных является дефляционно опасной круглый год, где ранней весной происходит распыление частиц диаметром 0,1–0,5 мм (37 %), а перед уборкой зерновых культур – 50–56 % [18].

Результаты агрохимических исследований чернозема южного стационарного севооборота на примере чистого пара и 15-летней залежи имеют отличия и представлены в таблице 2.

Таблица 1
Структурно-агрегатный состав фракции чернозема южного, %

Слой почвы, см	Более 10 мм	10–2 мм	2–1 мм	1–0,05 мм	0,05–0,001 мм	0,01–0,001 мм	Менее 0,001 мм
Чистый пар							
0–30	0	0	2,29 ± 0,21	4,59 ± 0,32	72,34 ± 6,51	39,41 ± 2,36	20,78 ± 1,25
30–60	0	0	4,27 ± 0,46	2,45 ± 0,20	79,37 ± 5,55	39,48 ± 2,76	15,22 ± 1,07
Залежь, возраст 15 лет							
0–30	0	0	3,98 ± 0,40	2,36 ± 0,21	72,77 ± 5,82	35,98 ± 2,15	20,89 ± 1,25
30–60	0	0	3,51 ± 0,28	2,03 ± 0,16	79,24 ± 4,75	39,99 ± 2,39	15,22 ± 1,11

Table 1
Structural and aggregate composition of the southern chernozem fraction, %

Soil layer, cm	Over 10 mm	10–2 mm	2–1 mm	1–0.05 mm	0.05–0.001 mm	0.01–0.001 mm	Less than 0.001 mm
Clean fallow							
0–30	0	0	2.29 ± 0.21	4.59 ± 0.32	72.34 ± 6.51	39.41 ± 2.36	20.78 ± 1.25
30–60	0	0	4.27 ± 0.46	2.45 ± 0.20	79.37 ± 5.55	39.48 ± 2.76	15.22 ± 1.07
Fallow lands (15 years)							
0–30	0	0	3.98 ± 0.40	2.36 ± 0.21	72.77 ± 5.82	35.98 ± 2.15	20.89 ± 1.25
30–60	0	0	3.51 ± 0.28	2.03 ± 0.16	79.24 ± 4.75	39.99 ± 2.39	15.22 ± 1.11

Таблица 2
Агрохимические показатели чернозема южного, 2024 г.

Слой почвы, см	pH водн.	pH сол.	Органическое вещество, %	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Чистый пар							
0–30	7,6 ± 0,1	7,6 ± 0,1	2,07 ± 0,41	16,2 ± 3,2	Менее 2,0	34,0 ± 7	305 ± 30
30–60	7,1 ± 0,1	8,1 ± 0,1	1,57 ± 0,31	17,4 ± 3,5	Менее 2,0	9 ± 3	215 ± 21
Залежь, возраст 15 лет							
0–30	7,5 ± 0,1	6,4 ± 0,1	2,50 ± 0,50	6,0 ± 2,2	5,1 ± 0,8	42 ± 8	349 ± 35
30–60	8,0 ± 0,1	6,7 ± 0,1	2,14 ± 0,43	6,3 ± 1,8	2,4 ± 0,4	31 ± 6	287 ± 29

Table 2
Agrochemical indicators of southern chernozem, 2024

Soil layer, cm	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Organic matter, %	N-NO ₃ , mg/kg	N-NH ₄ , mg/kg	P ₂ O ₅ , mg/kg	K ₂ O, mg/kg
Clean fallow							
0–30	7.6 ± 0.1	7.6 ± 0.1	2.07 ± 0.41	16.2 ± 3.2	Less than 2.0	34 ± 7	305 ± 30
30–60	7.1 ± 0.1	8.1 ± 0.1	1.57 ± 0.31	17.4 ± 3.5	Less than 2.0	9 ± 3	215 ± 21
Fallow lands (15 years)							
0–30	7.5 ± 0.1	6.4 ± 0.1	2.50 ± 0.50	6.0 ± 2.2	5.1 ± 0.8	42 ± 8	349 ± 35
30–60	8.0 ± 0.1	6.7 ± 0.1	2.14 ± 0.43	6.3 ± 1.8	2.4 ± 0.4	31 ± 6	287 ± 29

По кислотности почва пахотного и подпахотного слоев относится к слабощелочным (pH = 7,1...8,0). Существенным показателем уровня плодородия и его восстановления является содержание органического вещества по горизонтам. Результаты исследований показали, что существенных отличий по исследуемому показателю не установлено. Однако по чистому пару содержание органического вещества в пахотном горизонте было выше и составляло 2,07 %, а в подпахотном – 1,57 %. В то же время залежь характеризуется невысоким содержанием органического вещества, которое отмечено на уровне 2,5 % в горизонте 0–30 см, что на 21 % превышает аналогичное значение по чистому пару. Следует от-

метить, что содержание органического вещества в слое 30–60 см залежных почв составляло 2,14 %. Таким образом, исследуемые почвы характеризуются как мало- и слабогумусные, а процессы восстановления и пополнения органического вещества залежных земель происходят медленно в результате неравномерного и дефицитного прихода осадков в регионе.

Установлено, что количество нитратного азота по чистому пару было наибольшим, существенных отличий по горизонтам не имело и составляло в среднем 16,8 мг/кг, что характеризуется как высокая обеспеченность азотом и объясняется регулярным поступлением органического вещества в

почву в результате заделки сорной растительности при культивации и бороновании. При содержании чистого пара накопление нитратного азота будет низким, если внесение свежего органического вещества является недостаточным и нерегулярным.

Для исследуемых горизонтов залежи нитратный азот имел стабильно низкое содержание (6,0–6,3 мг/кг), что в 2,7 раза меньше по сравнению с чистым паром, что может быть следствием длительного отсутствия обработки почвы, ее уплотнением, снижением активности почвенных микроорганизмов. Как известно, аммонийный азот маломобилен, т. к. участвует в обменных процессах почвенного поглотительного комплекса и в процессе нитрификации переходит в азот нитратный, чем и объясняется его низкое содержание в почве.

Следует отметить, что наименьшее количество аммонийного азота отмечено по чистому пару (меньше 2 мг/кг), что еще раз подтверждает интенсивность процессов нитрификации и увеличение азота нитратов. Менее активно протекают процесс нитрификации в пахотном горизонте залежной почвы, где количество аммонийного азота составляет 5,1 мг/кг. В слое 30–60 см существенных отличий по данному показателю не установлено.

Отдельное внимание следует уделить нитрификационной способности исследуемой почвы, т. к. именно нитрификационный процесс трансформирует органический азот в азот нитратов и нитритов (рис. 1).

Установлено, что наименьшая интенсивность данного процесса отмечена для залежных земель – 18,4 мг/кг почвы. По чистому пару нитрификационная способность почвы – 47,3 мг/кг, что превышает соответствующие значения по залежным землям на 61 %. Такой уровень нитрификационной способности почвы по чистому пару создается благодаря улучшению водно-физических свойств почвы (плотность сложения, аэрация почвы, накопление продуктивной влаги), поступления органического вещества, что создает благоприятные условия для размножения и работы почвенной биоты.

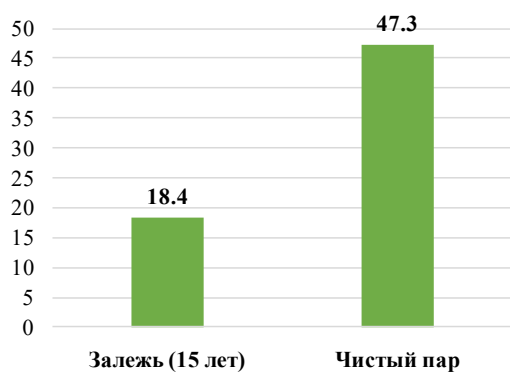


Рис. 1. Нитрификационная способность чернозема южного в зависимости от сельскохозяйственного назначения полей, мг/кг (среднее по горизонту 0–60 см)

Несмотря на достаточные запасы фосфора в черноземных почвах, которые отличаются высоким плодородием и экологической устойчивостью, разные подходы к ведению сельского хозяйства приводят к постоянным изменениям валового фосфора, а также его минеральной формы. Динамика фосфатов в почве определяется низкой растворимостью большинства соединений фосфора, что приводит к длительному последствию фосфорных удобрений. За счет внесения фосфорных удобрений смягчается отрицательное воздействие засухи на культуру и снижается коэффициент водопотребления [19].

В наших исследованиях залежные почвы по исследуемым горизонтам 0–30 и 30–60 см характеризовались повышенной обеспеченностью подвижным фосфором, где данный показатель отмечен на уровне 42 мг/кг и 31 мг/кг соответственно. Также повышенная обеспеченность подвижным фосфором была характерна для корнеобитаемого пахотного слоя (0–30 см) и подпахотного горизонтов залежных земель (30–60 см), но достоверных отличий по этим горизонтам нами установлено не было. Значительное снижение подвижного фосфора отмечено по чистому пару для горизонта 30–60 см, где данный показатель составлял 9,0 мг/кг, что характеризуется очень низкой обеспеченностью данного элемента и в 3,5–3,7 раза меньше по сравнению со всеми изучаемыми горизонтами исследования. Немаловажным является тот факт, что в почвах, насыщенных основаниями, к которым относится чернозем южный, при содержании почвы в 15-летнем залежном состоянии достоверно снижалась величина pH_{KCl} (6,4–6,7) по сравнению с чистым паром (7,6–8,1), что предотвращает образование кислоторастворимых и нерастворимых форм фосфора ($CaHPO_3$, $Ca_3(PO_4)_2$, $MgHPO_4$).

Таким образом, вынос подвижного фосфора сельскохозяйственными культурами осуществляется по всему профилю, но его поступление в нижние горизонты почвы происходит очень медленно, что объясняется низкой мобильностью форм фосфора в условиях сухого климата.

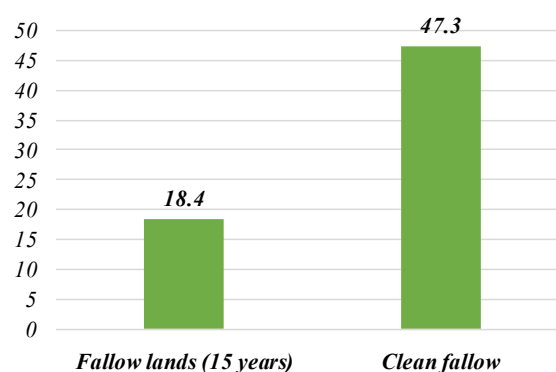


Fig. 1. Nitrification capacity of southern chernozem depending on agricultural purpose of fields, mg/kg (average for 0–60 cm horizon)

Низкая эффективность калийных удобрений почв региона исследования подтверждается анализом данных агрохимической службы Украины (X тур обследования, 2011–2016 гг.), а также материалами исследований ученых ННЦ ИПА имени А. Н. Соколовского, что объясняется высокой обеспеченностью этих почв калием [20; 21]. В связи с этим существенно снизилось внесение как калийных, так и других минеральных удобрений. Доказано, что окупаемость 1 кг K_2O удобрений составляет 6,1 кг зерна пшеницы при среднем ГТК = 1,7 за период с мая по сентябрь, а при снижении значения ГТК до 0,7 окупаемость снижается в 4,4 раза и составляет лишь 1,4 кг. Учитывая величину ГТК в период вегетации сельскохозяйственных культур, низкая агрономическая эффективность внесенного калия на черноземных и темно-каштановых почвах связана не столько с хорошей обеспеченностью этих почв данным элементом, сколько с недостаточной обеспеченностью влагой.

В наших исследованиях обменный калий по чистому пару и залежным почвам в слое 0–30 см находится в диапазоне 305–349 мг/кг и характеризуется как высокий. Несмотря на то что в слое 30–60 см отмечено снижение запасов подвижного калия в залежных почвах и по чистому пару на 18 % и 30 % относительно корнеобитаемого слоя, содержание калия характеризуется как повышенное и составляет 215–287 мг/кг. Таким образом, критических изменений содержания подвижных форм калия в исследуемых горизонтах почв в процессе его сельскохозяйственного использования не установлено, что объясняется высокой емкостью катионного обмена чернозема южного.

Библиографический список

1. Сорокина Е. В., Андреева Н. В., Бобрович Л. В. Антропогенные факторы деградации земель // Наука и образование. 2020. № 3 (4). С. 241–246.
2. Práválie R. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet // Earth-Science Reviews. 2021. Vol. 220. Article number 103689. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689.
3. ФАО. 2021. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Системы на пределе. Сводный доклад 2021. Рим. DOI: 10.4060/cb7654ru.
4. Гончарова Н. А., Мерзлякова Н. В. Проблемы нехватки продовольствия в мире как мировая проблема // Экономика и предпринимательство. 2021. № 5. С. 342–345.
5. Судакова Г. Ю. Голод и глобализм в диалектическом единстве современных проблем АПК // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Новосибирск, 2021. С. 1152–1157.
6. Ferreira C. S., Seifollahi-Aghmiuni S., Destouni G., Ghajarnia N., Kalantari Z. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 805. Article number 150106. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150106.
7. Hossain A., Krupnik T. J., Timsina J., Mahboob M. G., Chaki A. K., Farooq M., Hasanuzzaman M. Agricultural land degradation: processes and problems undermining future food security // In: Sh. Fahad, M. Hasanuzzaman, M. Alam, et al., eds. Environment, climate, plant and vegetation growth. 2020. Springer International Publishing, Cham. Pp. 17–61. DOI: 10.1007/978-3-030-49732-3_2.
8. Башкатова Л. Н., Шмидт А. Г. Трансформация показателей плодородия почв степи Омской области // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2020. № 3 (22). Режим доступа: http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2020/3/00857_1.pdf (дата обращения: 30.09.2024).
9. Шарков И. Г., Антипина П. В. Некоторые аспекты углерод-секвестрирующей способности пахотных почв // Почвы и окружающая среда. 2022. Т. 5, № 2. Article number e175. DOI: 10.31251/pos.v5i2.175.

10. Мамонтов В. Г., Рогова О. Б., Панова П. Ю., Беляева С. А. Изменение химического состава чернозема типичного Курской области при переводе бессменного пара в залежь // *АгроЭкоИнфо*. 2021. № 1. DOI: 10.51419/20211103.
11. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П., Рыбальский Н. Г., Муравьёва Е. В., Снакин В. В., Емельянов А. В., Скрипникова Е. В. Использование, сохранение земель и плодородия почв – дело государственное (к 75-летию Государственного плана преобразования природы) // *Жизнь Земли*. 2023. Т. 45. № 3. С. 379–388. DOI: 10.29003/m3554.0514-7468.2023_45_3/379-388.
12. Hermans K, McLeman R. Climate change, drought, land degradation and migration: exploring the linkages // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2021. Vol. 50. Pp. 236–244. DOI: 10.1016/j.cosust.2021.04.013.
13. Кураченко Н. Л., Бопп В. Л. Запасы гумусовых веществ в агрочерноземе при возделывании эспарцета песчаного // *Вестник Омского ГАУ*. 2022. № 2 (46). С. 31–37. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_2_31.
14. Дубовицкий А. А., Климентова Э. А. Анализ факторов, определяющих величину экологического воздействия сельскохозяйственного производства на земельные ресурсы // *Аграрный вестник Урала*. 2024. Т. 24, № 3 С. 381–391. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-381-391.
15. Сычев В. Г., Налиухин А. Н. Потребность в минеральных удобрениях с учётом роста урожая и воспроизводства плодородия почв России // *Плодородие*. 2024. № 4. С. 5–10. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01.
16. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Московского государственного университета, 2001. 689 с.
17. Методические указания по определению нитрификационной способности почв. Москва: ВПНО «Сельхозхимия», 1984. 16 с.
18. Волошенкова Т. В., Дридигер В. К., Елифанова Р. Ф., Калашникова А. А., Оганджян А. А. Ветроустойчивость южных карбонатных и обыкновенных черноземов в агролесоландшафтах степной зоны России // *Аграрная наука*. 2021. Вып. 354 (11-12). С. 104–108. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-104-108.
19. Nowak B. Agriculture: where do we stand? A review of the adoption of precision agriculture technologies on field crops farms in developed countries // *Agricultural Research*. 2021. Vol. 10. Pp. 515–522. DOI: 10.1007/s40003-021-00539-x
20. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами Х туру (2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження земель. Київ, 2020. 208 с.
21. Балук С. А., Кучер А. В., Максименко Н. В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління // *Український географічний журнал*. 2021. № 2 (114). С. 3–11. DOI: 10.15407/ugz2021.02.003.

Об авторах:

Юлия Александровна Клипакова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0001-7256-9579, AuthorID 1211455. *E-mail: yu.klipakova@mail.ru*

Ирина Александровна Короткая, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0002-5991-0186, AuthorID 761691. *E-mail: korotkaya_irina@mgu-mlt.ru*

Юлия Васильевна Чебанова, кандидат географических наук, доцент кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0001-8748-9627, AuthorID 1186061. *E-mail: yu-chebanova@yandex.ru*

Елена Михайловна Денисова, старший преподаватель кафедры растениеводства имени профессора В. В. Калитки, Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия; ORCID 0000-0003-1060-795X, AuthorID 1191734. *E-mail: elena_denusova@bk.ru*

References

1. Sorokina E. V., Andreeva N. V., Bobrovich L. V. Anthropogenic factors of land degradation. *Science and Education*. 2020; 3 (4): 241–246. (In Russ.)
2. Právělie R. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet. *Earth-Science Reviews*. 2021; 220: 103689. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689.
3. FAO. 2021. The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point. Solaw 2021. Rome. DOI: 10.4060/cb7654ru. (In Russ.)
4. Goncharova N. A., Merzlyakova N. V. Problems of food scarcity in the world as a global problem. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2021; 5: 342–345. (In Russ.)
5. Sudakova G. Yu. Hunger and globalism in the dialectical unity of modern problems of the agro-industrial complex. *The Role of Agricultural Science in Sustainable Development of Rural Areas: Collection of the VI All-Russian (National) Scientific Conference with International Participation*. Novosibirsk, 2021. Pp. 1152–1157. (In Russ.)

6. Ferreira C. S., Seifollahi-Aghmiuni S., Destouni G., Ghajarnia N., Kalantari Z. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. *Science of the Total Environment*. 2022; 805: 150106. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150106.
7. Hossain A., Krupnik T. J., Timsina J., Mahboob M. G., Chaki A. K., Farooq M., Hasanuzzaman M. Agricultural land degradation: processes and problems undermining future food security. In: Sh. Fahad, M. Hasanuzzaman, M. Alam, et al., eds. *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth*. 2020. Pp. 17–61. DOI: 10.1007/978-3-030-49732-3_2.
8. Bashkatova L. N., Schmidt A. G. Transformation of soil fertility indicators of the steppe of Omsk region. *Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU* [Internet]. 2020 [cited 2024 Sep 30]; 3 (22). Available from: http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2020/3/00857_1.pdf. (In Russ.)
9. Sharkov I. G., Antipina P. V. Some aspects of carbon sequestration capacity of arable soils. *The Journal of Soils and Environment*. 2022; 5 (2): e175. DOI: 10.31251/pos.v5i2.175. (In Russ.)
10. Mamontov V. G., Rogova O. B., Panova P. Yu., Belyaeva S. A. Changes in the chemical composition of typical chernozem in Kursk Region during the conversion of bare fallow to the disused land. *AgroEcoInfo*. 2021; 1. DOI: 10.51419/20211103. (In Russ.)
11. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P., Rybalskiy N. G., Muravyeva E. V., Snakin V. V., Emelyanov A. V., Skripnikova E. V. Usage and preservation of land and soil fertility is a matter of state (to the 75th anniversary of the state plan for nature transformation). *Life of the Earth*. 2023; 45 (3): 379–388. DOI: 10.29003/m3554.0514-7468.2023_45_3/379-388. (In Russ.)
12. Hermans K, McLeman R. Climate change, drought, land degradation and migration: exploring the linkages. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2021; 50: 236–244. DOI: 10.1016/j.cosust.2021.04.013.
13. Kurachenko N. L., Bopp V. L. Reserves of humus substances in agrochernozem when cultivating sandy sainfoin. *Vestnik of Omsk SAU*. 2022; 2 (46): 31–37. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_2_31. (In Russ.)
14. Dubovitskiy A. A., Klimentova E. A. Analysis of factors determining the magnitude of the environmental impact of agricultural production on land resources. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (3): 381–391. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-381-391. (In Russ.)
15. Sychev V. G., Naliukhin A. N. The need for mineral fertilizers taken into account of yield growth and soil fertility replacement in Russia. *Plodorodie*. 2024; 4: 5–10. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01. (In Russ.)
16. Mineev V. G. Practical work in agrochemistry: textbook. 2nd ed., revised and additional. Moscow: Publishing House of the Moscow State University, 2001. 689 p. (In Russ.)
17. Guidelines for determining the nitrification capacity of soils. Moscow: All-Union Production and Scientific Association “Selkhozkhimiya”, 1984. 16 p. (In Russ.)
18. Voloshenkova T. V., Dridiger V. K., Epifanova R. F., Kalashnikova A. A., Ogandzhanyan A. A. Wind resistance of southern carbonate and ordinary chernozems in agroforest landscapes of the steppe zone of Russia. *Agrarian Science*. 2021; 354 (11–12): 104–108. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-104-108. (In Russ.)
19. Nowak B. Agriculture: where do we stand? A review of the adoption of precision agriculture technologies on field crops farms in developed countries. *Agricultural Research*. 2021; 10: 515–522. DOI: 10.1007/s40003-021-00539-x.
20. Periodic report on the state of soils on agricultural land of Ukraine based on the results of the X round (2011–2015) of the agrochemical land survey. Kiev, 2020. 208 p. (In Ukrain.)
21. Balyuk S. A., Kucher A. V., Maksimenko N. V. Soil resources of Ukraine: state, problems and strategy of sustainable management. *Ukrainian Geographical Journal*. 2021; 2 (114): 3–11. DOI: 10.15407/ugz2021.02.003. (In Ukrain.)

Authors' information:

Yuliya A. Klipakova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of plant production named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0001-7256-9579, AuthorID 1211455. *E-mail*: yu.klipakova@mail.ru

Irina A. Korotkaya, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of plant production named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0002-5991-0186, AuthorID 761691. *E-mail*: korotkaya_irina@mgu-mlt.ru

Yuliya V. Chebanova, candidate of geographical sciences, associate professor of the department of plant production named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0001-8748-9627, AuthorID 1186061. *E-mail*: yu-chebanova@yandex.ru

Elena M. Denisova, senior lecturer of the department of plant production named after professor V. V. Kalitka, Melitopol State University, Melitopol, Russia; ORCID 0000-0003-1060-795X, AuthorID 1191734. *E-mail*: elena_denusova@bk.ru

Влияние агроэкологических условий на биохимический состав и устойчивость к патогенам корнеплодов моркови столовой

А. В. Корнев¹, В. И. Леунов², Л. М. Соколова¹✉, А. Н. Ховрин¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –

филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Веря, Московская область, Россия

² Журнал «Картофель и овощи», д. Веря, Московская область, Россия

✉ E-mail: lsokolova74@mail.ru

Аннотация. Повышение температур может привести к изменению географического распространения различных видов грибных фитопатогенов, вследствие чего степень их развития может достигать 70–80 %, а урожайность снижается на 35–50 %. Есть утверждение, что содержание сахаров в корнеплодах одного и того же сорта обуславливается погодными условиями, тогда как вопросы взаимосвязи химического состава корнеплодов и устойчивости к поражению патогенами в научной литературе практически отсутствуют.

Цель исследований – выявить влияние агроклиматических условий года на биохимический состав корнеплодов моркови столовой и устойчивость к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria* на примере линий и сортов-популяций. **Методы.** Исследования проводили на линиях и сортах моркови столовой среднеспелого срока созревания сортотипа Берликум/Нантская в 2014–2022 гг. во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО в лаборатории корнеплодных культур. Посевы размещались на аллювиальных луговых почвах Раменского района Московской области в условиях богары. Площадь учетной делянки – 7 м². Повторность трехкратная. Основными элементами учета болезней служили распространенность, степень поражения, интенсивность развития. Сухое вещество определяли методом высушивания в термостате. Содержание β-каротина определяли спектрофотометрическим методом. **В результате** исследований доказано незначительное влияние агроклиматических условий на изменение содержания каротина. Так, у линий 1238 П, 1238 В (18,2 мг/100 г) и сорта Лосиноостровская 13 (19,4 мг/100 г). Отмечена средняя изменчивость по признаку содержания сухого вещества: от 10,7 % (линия 8 В) до 12,2 % (линия 1238 П). Выявлена средняя изменчивость по признаку содержания сахаров. При иммунологической оценке выделены образцы, которые относятся к группе слабовосприимчивых с баллом поражения от 0,9 до 1,4: 690 В, 690 П, 8 В, 200 П, 1238 В, 1238 П, 1585 В, 1585 П, 535 П, 661 В, 1268. **Научная новизна.** Определено влияние агроклиматических факторов в годы исследования на устойчивость к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria*, содержанию каротина, сухого вещества и сахара в корнеплодах моркови столовой.

Ключевые слова: морковь столовая, линия, сорт, устойчивость к патогенам, биохимический состав, погодные условия

Для цитирования: Корнев А. В., Леунов В. И., Соколова Л. М., Ховрин А. Н. Влияние агроэкологических условий на биохимический состав и устойчивость к патогенам корнеплодов моркови столовой // Аграрный Вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 539–551. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-539-551>.

Дата поступления статьи: 04.07.2024, **дата рецензирования:** 10.03.2025, **дата принятия:** 31.03.2025.

The influence of agroecological conditions on the biochemical composition and resistance to pathogens of table carrot root crops

A. V. Kornev¹, V. I. Leunov², L. M. Sokolova^{1✉}, A. N. Khovrin¹

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia

² The journal “Potatoes and Vegetables”, Vereya village, Moscow region, Russia

✉ E-mail: lsokolova74@mail.ru

Abstract. An increase in temperatures may lead to a change in the geographical distribution of various types of fungal phytopathogens. As a result, the degree of their development can reach 70–80 %, and the yield decreases by 35–50 %. There is an assertion that the sugar content in root crops of the same variety is determined by weather conditions, whereas the issues of the relationship between the chemical composition of root crops and resistance to pathogens are practically absent in the scientific literature. **The purpose** of the research: to identify the influence of agro-climatic conditions of the year on the biochemical composition of table carrot root crops and resistance to pathogens of the genera *Fusarium* and *Alternaria* on the example of lines and varieties-populations. **Methods.** The studies were carried out on lines and varieties of table carrots of the average ripening period of the Berlikum/Nantskaya variety type in 2014–2022 at the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing the laboratory of root crops. The crops were placed on alluvial meadow soils of the Ramenskoe district of the Moscow region in Bogara conditions. The area of the accounting plot is 7 m². The repetition is threefold. The main elements of disease accounting were the prevalence, degree of lesion, and intensity of development. The dry substance was determined by drying in a thermostat. The content of β-carotene was determined by spectrophotometric method. As a **result** of the research, an insignificant effect of agro-climatic conditions on the change in carotene content was proved, so in the lines 1238 P, 1238 V (18.2 mg/100 g) and the Losinoostrovskaya 13 variety (19.4 mg/100 g). The average variability in terms of dry matter content was noted from 10.7 % (line 8 V) to 12.2 % (line 1238 P). The average variability on the basis of sugar content was revealed. During the immunological assessment, samples were identified that belong to the group of weakly susceptible with a lesion score from 0.9 to 1.4: 690 V, 690 P, 8 V, 200 P, 1238 V, 1238 P, 1585 V, 1585 P, 535 P, 661 V, 1268. **Scientific novelty** The influence of agroclimatic factors from years of research on resistance to pathogens of the genera *Fusarium* and *Alternaria*, the content of carotene, dry matter and sugar in the root crops of table carrots has been determined.

Keywords: table carrots, line, variety, resistance to pathogens, biochemical composition, weather conditions

For citation: Kornev A. V., Leunov V. I., Sokolova L. M., Khovrin A. N. The influence of agroecological conditions on the biochemical composition and resistance to pathogens of table carrot root crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 539–551. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-539-551>. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.07.2024, **date of review:** 10.03.2025, **date of acceptance:** 31.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Морковь культурная (международное научное название – *Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Schübl. & G. Martens (1834)) – главная овощная культура семейства сельдерейных (*Apiaceae*). В Российской Федерации морковь занимает около 70 000 га, из них 30 000 га в товарных хозяйствах [1].

Патогенные микроорганизмы в основном являются внутриклеточными патогенами. Они проникают в различные органы растения во время взаимодействия с хозяином, живут внутри и убивают клетки-хозяева с помощью токсичных ферментов или соединений, что приводит к сосудистым увяда-

ниям, пятнистости листьев, язвам и другим симптомам болезней [2; 3].

Чтобы справиться с этими биотическими стрессами, растения развили иммунную систему, включающую физические барьеры (воски, толстая кутикула и специализированные трихомы) для предотвращения оседания патогенов, тем самым давая иммунные ответы, которые активируют защитные механизмы растений [4–7].

Однако эти механизмы не могут полностью противостоять поражению патогенами, которые все равно влияют на развитие сельскохозяйственных культур, приводят к потере урожая на 17–30 % и

значительным ухудшениям качества и, несомненно, представляют собой самую серьезную угрозу мировой продовольственной безопасности [8–11].

Для борьбы с патогенными грибами, которые паразитируют на растениях, комплексные мероприятия, проводимые в поле, такие как санитарная обработка полей, севооборот и пар, рыхление и ручное удаление зараженных растений, применяются только в качестве вспомогательных подходов из-за их трудоемкости и ограничений в уничтожении болезней [9; 12; 13].

В связи с тем, что в последние десятилетия значительно участились эпифитотии наиболее вредоносных заболеваний и возросла вирулентность ранее слабопатогенных возбудителей, а также в зависимости от изменений агроклиматических условий распространенность болезней из рр. *Fusarium* и *Alternaria* может достигать 70–80 %, а урожайность корнеплодов снижается на 35–50 % [14].

Повышение температур может привести к изменению географического распространения различных видов грибных фитопатогенов [15].

Температура может оказать серьезное воздействие на ген устойчивости, так как в зависимости от агроклиматических условий происходит варьирование толерантности. Погодные условия – комплексный фактор воздействия на растения. К числу составляющих следует отнести температуру воздуха и почвы, интенсивность и продолжительность освещения, влажность почвы и воздуха и другие показатели. Наиболее подвижными из них являются температура и влажность воздуха [16].

Есть основания утверждать, что при относительно низкой температуре (8 °C) в корнеплодах преобладает синтез белка, а при более высокой (20 °C) – синтез каротиноидов. Высокая температура воздуха относительно благоприятствует созреванию корнеплодов и более высокому накоплению каротина [17].

Содержание каротина в корнеплодах моркови в значительной мере определяется интенсивностью фотосинтеза. Факторы, способствующие интенсивному росту корнеплода, взаимосвязаны с величиной накопления каротина в корнеплодах. К ним, кроме температуры и влажности, можно отнести интенсивность и длительность освещения. В. М. Кузлякина и А. М. Зайцев считают, что высокое содержание каротина накапливается в условиях теплой солнечной погоды [18].

Содержанию сухих веществ и сахаров в корнеплодах моркови в зависимости от сортовых особенностей и условий выращивания присуща средняя сортовая изменчивость: V меньше 20 % [19].

Существенное влияние погодных условий года на содержание сухого вещества подтверждается результатами исследований. В то же время исследователи утверждают, что изменчивость содержа-

ния сахаров в корнеплодах одного и того же сорта, обуславливаемая погодными условиями, примерно одинакова для разных районов выращивания [20].

В течение длительного времени в Научно-исследовательском институте овощного хозяйства – Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства (НИИОХ – ВНИИО) проводилась целенаправленная селекционная работа по созданию линейного материала, сортов-популяций с повышенным содержанием каротина. В результате целенаправленной работы содержание каротина увеличилось с 10 мг/100 г (конец 50-х годов прошлого века) до 17–19 мг/100 г (конец XX века). В настоящее время необходимы создание гомозиготных линий по данному признаку, определение его наследования и последующего генотипирования.

В настоящее время вопросы взаимосвязи химического состава корнеплодов и устойчивости к поражению патогенами в научной литературе практически отсутствуют.

Изучение вопросов сочетания в одном генотипе высокого содержания отдельных биологически активных веществ и устойчивости к поражению основными патогенами в будущем позволит создать гетерозисные гибриды моркови столовой с комплексом этих важных признаков.

Цель исследований – выявить влияние агроклиматических условий года на биохимический состав корнеплодов моркови столовой и устойчивость к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria* на примере линий и сортов-популяций.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в 2014–2022 гг. во Всероссийском научно-исследовательском институте овощного хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦО в лаборатории корнеплодных культур. В исследованиях были линии и сорта среднеспелого срока созревания сортогруппы Берликум/Нантская.

Для посева использовали оригинальные семена линий и сортов-популяций моркови столовой.

Оценку устойчивости проводили на специально отведенном участке селекционного центра с внесением патогенов *Alternaria* и *Fusarium*, размноженных на зерносмеси (овес) при посеве, в период вегетации проводили дополнительное инфицирование листовых пластин суспензией спор изучаемых патогенов.

Естественный фон располагался в селекционном севообороте на аллювиальных луговых почвах Раменского района Московской области. Предшественниками были лук репчатый, капуста белокочанная, свекла столовая. Во второй декаде мая проводили посев ручной селекционной сеялкой по схеме 70 см на гребнях. Площадь учетной делянки – 7 м². Повторность трехкратная.

Первую оценку на поражение болезнями по листовой пластине проводили, когда растение первого

года жизни имело четыре настоящих листа (июнь), вторую – когда растения первого года жизни полностью сформировали листовую пластину (июль), третью – перед опрыскиванием суспензией спор

альтернатории и фузариума (август), четвертую – после заражения на 17-й день, пятую – в период уборки.

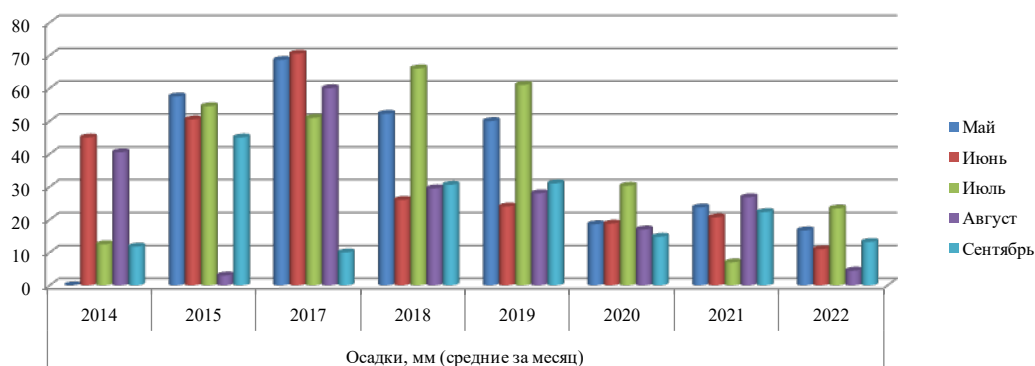


Рис. 1. Количество осадков за вегетационный период по годам исследований (2014–2022)

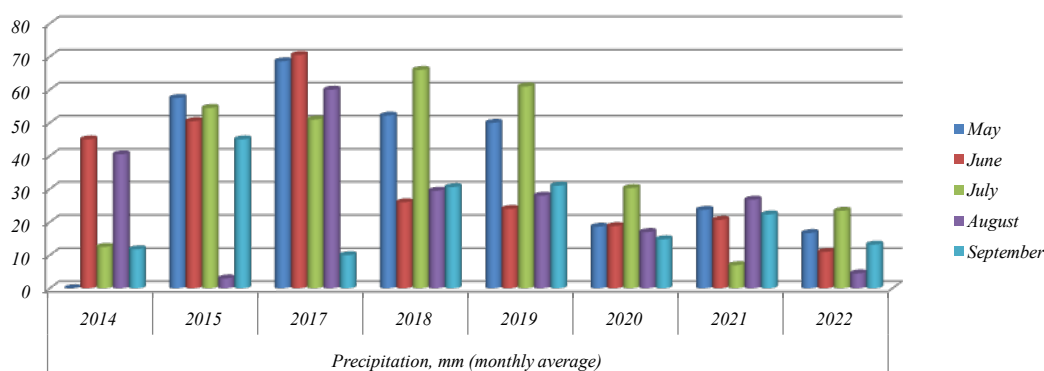


Fig. 1. The amount of precipitation during the growing season according to the years of research (2014–2022)

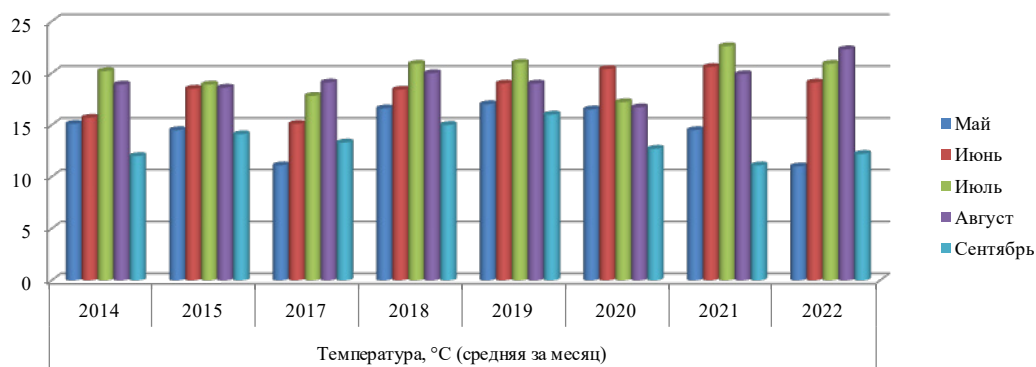


Рис. 2. Средняя месячная температура воздуха за вегетационный период по годам исследований (2014–2022)

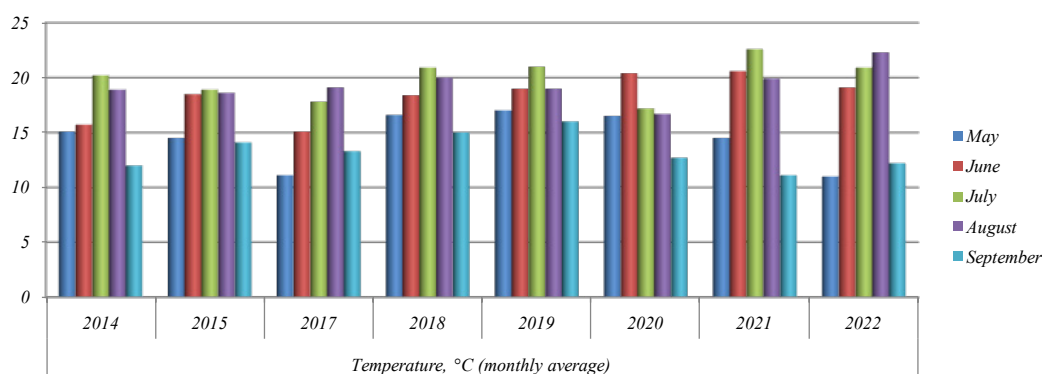


Fig. 2. Average monthly air temperature for the growing season according to the years of research (2014–2022)

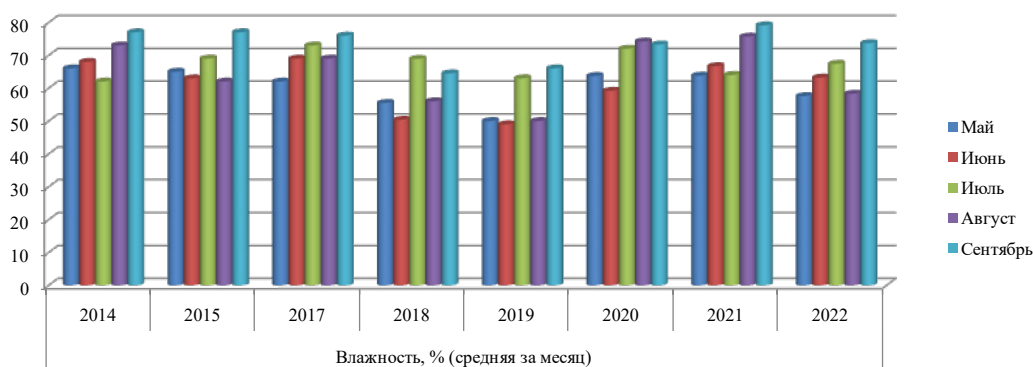


Рис. 3. Средняя месячная влажность воздуха за вегетационный период по годам исследований (2014–2022)

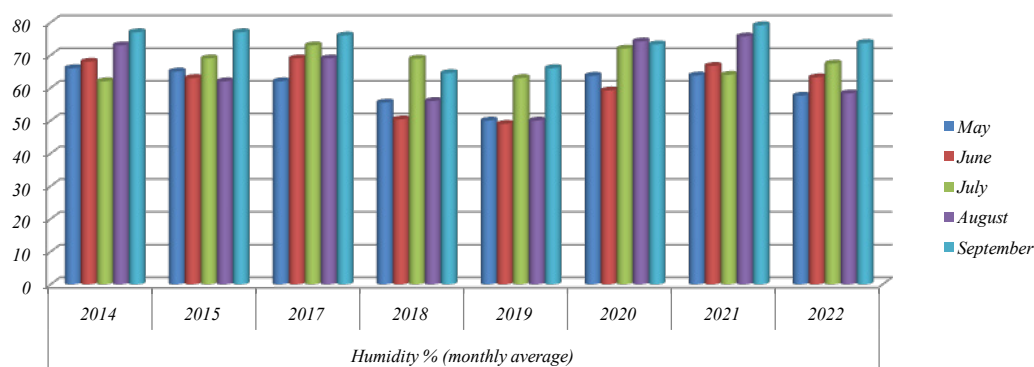


Fig. 3. Average monthly air humidity for the growing season according to the years of research (2014–2022)

Техника учета состояла в общей оценке состояния растений в пробе, в отборе пробных образцов и в их тщательном осмотре (непосредственно в полевых и в лабораторных условиях).

Также проводили оценку по сохраняемости маточного материала моркови столовой по признаку поражаемости болезнями.

Основными элементами учета болезней растений служили распространенность, степень поражения, интенсивность развития [21].

Оценку толерантности проводили по следующим методикам: «Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*)», «Методические указания по изучению и поддержанию коллекции овощных растений» [22; 23].

Определяли содержание сухого вещества методом высушивания в термостате [24].

Содержание β -каротина определяли спектрофотометрическим методом в модификации J. Oliver (2000) [25]. Сахара определяли методом Бертрана [26].

На момент проведения полевых работ в мае (посев моркови столовой 1-го года жизни) температура воздуха (в среднем за 8 лет) составляла 14 °С. В 2014, 2016, 2020, 2021 и 2022 годах осадков выпало недостаточно. После посева сразу был заложен капельный полив.

В мае 2015, 2017, 2018 и 2019 годов осадков было в среднем около 80 мм, что позволило провести посев в хорошую увлажненную почву. Данный

показатель благоприятно сказался на всходах моркови столовой. Относительная влажность воздуха была комфортная и составляла в среднем 65 %.

В июне, когда растения находятся в стадиях появления всходов (через 10–15 дней после посева), температура составляла в среднем 18 °С, осадки составили в среднем 50 мм, влажность воздуха – 60 %. Данные показатели благоприятно отразились на всходах моркови столовой.

В июле, когда у моркови образуется первый настоящий лист, повышенные температуры ускорили рост и развитие растений (в среднем за 8 лет исследований температура составила 20 °С, осадки – 55 мм, влажность воздуха – 72 %). Благоприятная температура, осадки и влажность воздуха с середины июня и на протяжении всего июля благоприятно сказались на растениях первого и второго года жизни, за исключением 2017, 2018 и 2019 годов, когда в июле начались продолжительные дожди, как следствие этого – повышенная влажность воздуха более 75 %, но, несмотря на непогоду, температура была комфортная и составляла в среднем 19 °С. Такие агроклиматические показатели негативно отразились на толерантности, так как во второй декаде июля 2017, 2018 и 2019 годов были выявлены первые симптомы проявления болезней на листовой пластине моркови столовой. В эти годы развитие альтернариоза и фузариоза составило 45 % от общего числа изучаемых образцов на устойчивость (средний балл поражения образцов составил 2,2 балла).

Август за годы исследований имел так называемые «погодные качели». Данная характеристика включает смену температуры, ветра, влажности и осадков. Эти изменения происходили в течение нескольких минут, часов или дней, создавая непредсказуемые и динамические условия. Наименьшее количество осадков выпало в 2015 (3,0 мм), 2022 (4,5 мм) годах.

Наибольшее количество осадков было в 2017 году (60,0 мм), температурные скачки с 20 до 18 °С и большая влажность почвы негативно сказались на устойчивости растений первого года жизни, средний балл поражения образцов – 2,8. Как известно, развитие грибных болезней происходит при влажности 80 % и температуре 20 °С.

В середине **сентября** производили уборку моркови столовой первого года жизни в теплую (температура в среднем 14 °С), сухую (осадков в среднем 30 мм) и солнечную погоду, за исключением 2015 года, когда в сентябре во время начала уборки пошли обильные дожди. В этот год было очень трудно убирать корнеплоды в поле, они были замочшими и очень сильно трескались. При весенней переборке было обнаружено, что в результате этого потеряно 75 % маточного материала.

В целом погодные условия 2014–2022 годов были благоприятными и одновременно экстремальными для проведения исследований в области устойчивости, а также по выявлению того, как погодные условия и устойчивость влияют на содержание каротина, сухого вещества и сахаров.

Влияние погодных условий в период 2014–2022 годов было неоднозначным: благополучные годы приводили к нормальной динамике накопления компонентов биохимического состава. Наоборот, в аномальные сезоны содержание каротина, сухого вещества и сахаров было нетипичным.

Результаты (Results)

В наших исследованиях мы попытались выявить, как агроклиматические условия года влияют на устойчивость к болезням, а также на содержание каротина, сухого вещества и сахара в корнеплодах моркови столовой.

Оценку химического состава корнеплодов линий и сортов проводили при выращивании на естественном неконтролируемом фоне в селекционном севообороте. В результате проведенных исследований была выявлена реакция линий и сортов на погодные условия Московской области (таблица 1).

Анализ результатов показывает, что погодные условия (температура и влажность воздуха, количество осадков) в период исследований в условиях Московской области несущественно влияли на изменение содержания каротина в корнеплодах линий и сортов моркови. Изменчивость данного признака (Cv) не превышает 10%.

Максимальное содержание каротина отмечено у линий 1238 П, 1238 В (18,2 мг/100 г) и сорта Ло-

синоостровская 13 (19,4 мг/100 г). Наименьшее количество каротина – у линии 690 В (15,9 мг/100 г).

Отмечена средняя изменчивость по признаку содержания сухого вещества (коэффициенты вариации выше 10 %, но менее 20 %). Варьирование составило от 10,7 % (линия 8 В) до 12,2 % (линия 1238 П).

Выявлена средняя изменчивость по признаку содержания сахаров в корнеплодах моркови. Содержание сахаров было в пределах от 6,3 % (линия 200 П) до 7,8 % (линия 1238 В).

В наших исследованиях на естественном неконтролируемом инфекционном фоне за все годы исследований по толерантности листовой пластины моркови столовой большой ущерб наносил комплекс грибных болезней, к которым относятся альтернариоз и фузариоз. Проведенный анализ толерантности в лаборатории корнеплодных культур ВНИИО указывает на изменение состава и агрессивности рас возбудителей болезней. Данный признак связан с агроэкологическими факторами года исследований: это температура, влажность и осадки. С 2018 по 2022 год отмечается резкое повышение среднесуточной температуры начиная с мая. С 2019 года осадков перед началом полевых работ и в период вегетации становится меньше, относительная влажность воздуха в среднем остается в пределах допустимого 60 % (рис. 4).

Как известно, патогены рр. *Alternaria* и *Fusarium* развиваются при повышенных температурах и высокой влажности.

В результате ежегодной оценки толерантности по признаку инфицированности листовой пластины моркови столовой выделяются новые штаммы изучаемых патогенов. Определение родовой принадлежности осуществлялось по культурально-морфологическим признакам чистых культур. В лабораторных условиях проводили оценку вновь выделенных изолятов (метод заражения дисков корнеплода), тем самым пополняется коллекция наиболее агрессивных изолятов. Наиболее агрессивные используются для дальнейшей работы по оценке исходного материала для селекции на устойчивость.

Исходя из агроклиматических факторов по годам исследований при учете устойчивости в естественных неконтролируемых условиях без искусственного заражения, выделяются наиболее благоприятные 2015 и 2018 годы, когда при повышенных температурах (19 °С), обильных осадках в период вегетации (особенно в июле и конце августа (от 45 мм до 66 мм) проявились первые признаки болезней, которые быстро развивались в условиях повышенной влажности. Вследствие действия этого фактора (рис. 5) балл поражения при уборке составлял в 2015 году у линий 1238В 1,6, у 1238П – 1,9. Данные линии вошли в группу средневосприимчивых (градация баллов от 1,5 до 2,4).

Таблица 1

Изменчивость основных компонентов химического состава корнеплодов моркови столовой, Московская область (2014–2022 годы)

Линия, сорт	Годы исследований	β -каротин, мг/100 г сырой массы	Cv, %	Сухое вещество, %	Cv, %	Сумма сахаров, %	Cv, %
690 В	2014, 2017, 2020	15,9	7,2	11,4	11,2	7,2	12,3
690 П	2014, 2017, 2020	16,4	6,3	12,0	12,1	7,4	12,5
8 В	2014, 2017	17,1	6,9	10,7	12,6	6,5	11,6
200 П	2014, 2017	17,3	3,9	11,0	12,9	6,3	12,0
1238 В	2015, 2017, 2021	18,2	5,6	12,1	11,6	7,8	13,2
1238 П	2015, 2017, 2021	18,2	6,4	12,2	11,1	7,7	12,5
1585 В	2015, 2017, 2021	16,7	6,5	11,3	12,9	7,1	12,4
1585 П	2015, 2017, 2021	16,8	7,1	11,5	13,2	7,2	12,2
535 В	2017, 2019, 2022	16,6	5,6	11,8	13,5	7,7	13,6
535 П	2017, 2019, 2022	16,2	5,9	11,8	13,2	7,4	13,3
661 В	2017, 2018, 2019, 2022	16,9	6,9	11,8	13,6	7,1	13,9
661 П	2017, 2018, 2019, 2022	16,8	6,5	11,5	13,0	7,2	13,7
1268	2017, 2020	16,4	6,9	11,6	12,0	7,2	12,6
Лосиноостровская 13	2015, 2018	19,4	8,9	11,8	13,1	7,2	12,9
Леандр	2017, 2021	16,8	8,7	11,6	12,8	6,9	13,4

Table 1
Variability of the main components of the chemical composition of table carrot root crops, Moscow region (2014–2022)

Line, grade	Years of research	β -carotene, mg/100 g of crude mass	Cv, %	Dry matter, %	Cv, %	The sum of sugars, %	Cv, %
690 V	2014, 2017, 2020	15.9	7.2	11.4	11.2	7.2	12.3
690 P	2014, 2017, 2020	16.4	6.3	12.0	12.1	7.4	12.5
8 V	2014, 2017	17.1	6.9	10.7	12.6	6.5	11.6
200 P	2014, 2017	17.3	3.9	11.0	12.9	6.3	12.0
1238 V	2015, 2017, 2021	18.2	5.6	12.1	11.6	7.8	13.2
1238 P	2015, 2017, 2021	18.2	6.4	12.2	11.1	7.7	12.5
1585 V	2015, 2017, 2021	16.7	6.5	11.3	12.9	7.1	12.4
1585 P	2015, 2017, 2021	16.8	7.1	11.5	13.2	7.2	12.2
535 V	2017, 2019, 2022	16.6	5.6	11.8	13.5	7.7	13.6
535 P	2017, 2019, 2022	16.2	5.9	11.8	13.2	7.4	13.3
661 V	2017, 2018, 2019, 2022	16.9	6.9	11.8	13.6	7.1	13.9
661 P	2017, 2018, 2019, 2022	16.8	6.5	11.5	13.0	7.2	13.7
1268	2017, 2020	16.4	6.9	11.6	12.0	7.2	12.6
Losinoostrovskaya 13	2015, 2018	19.4	8.9	11.8	13.1	7.2	12.9
Leander	2017, 2021	16.8	8.7	11.6	12.8	6.9	13.4

Развитие болезней в этой группе составило от 41 до 60 %. Сорт Лосиноостровская 13 имел балл поражения 2,5 и входил в группу восприимчивых (градация баллов данной группы от 2,5 до 3,2). Развитие болезней составило от 61 до 80 %.

В условиях 2018 года балл поражения линий 661 В и 661 П составил соответственно 1,5 и 1,2. Сорт Лосиноостровская 13 в этот год имел поражение 2

балла, соответственно, данные образцы характеризовались как средневосприимчивые.

2017 год характеризовался минимальными осадками (в среднем за период вегетации – 50 мм), относительно невысокой влажностью (60 %) и невысокими температурами. Исследуемый материал в этот год разделился на две группы по устойчивости: слабовосприимчивые с баллом поражения по

образцам от 0,9 до 1,4 (690 В, 690 П, 8 В, 200 П, 1238 В, 1238 П, 1585 В, 1585 П, 535 В, 535 П, 661 В, 1268 и сорт Леандр) и средневосприимчивые с градацией от 1,5 до 2,4 балла (линия 661 П).

В связи с ростом среднемесячной температуры в вегетационный период и малыми осадками, а также благодаря проводимым селекционным отборам на устойчивость в экстремальных предыдущих агро-

климатических условиях в период уборки отмечается снижение поражения патогенами селекционного материала моркови столовой.

Проведенные исследования позволили выделить ряд линий моркови столовой, которые отличались слабой восприимчивостью к поражению патогенами независимо от условий года: 690 В, 690 П, 8 В, 200 П, 1238 В, 1238 П, 1585 В, 1585 П, 535 П, 661 В, 1268.

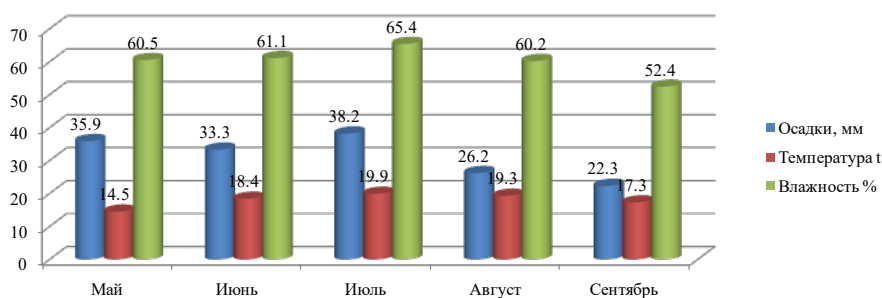


Рис. 4. Средние агроклиматические показатели в условиях Московской области за 8 лет (2014–2022)

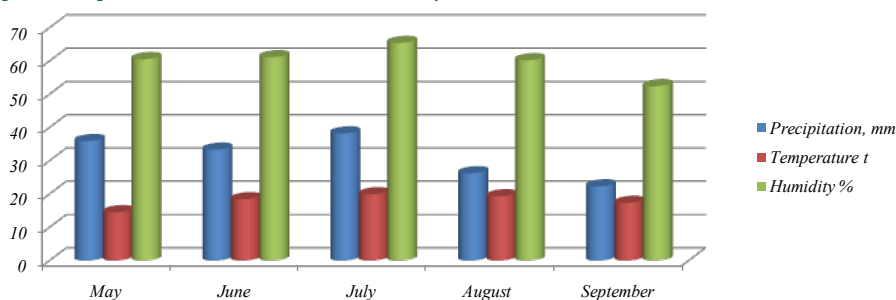


Fig. 4. Average agro-climatic indicators in the conditions of the Moscow region for 8 years (2014–2022)

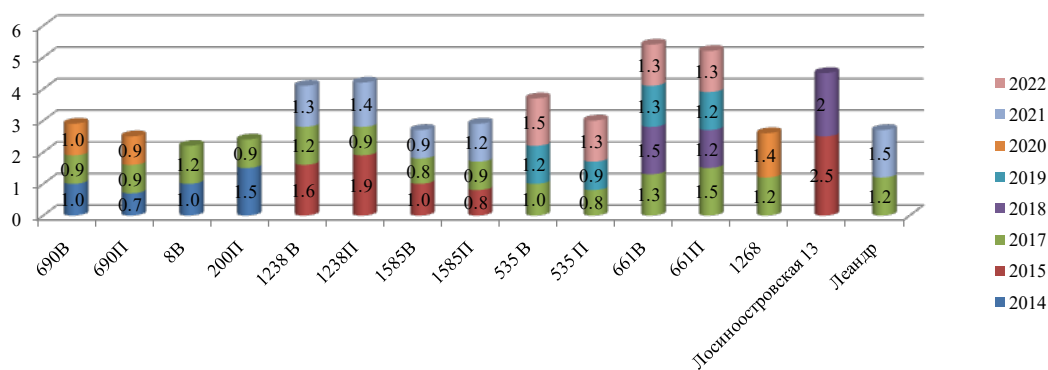


Рис. 5. Средний балл поражения листовой пластины моркови столовой на естественном фоне за 8 лет

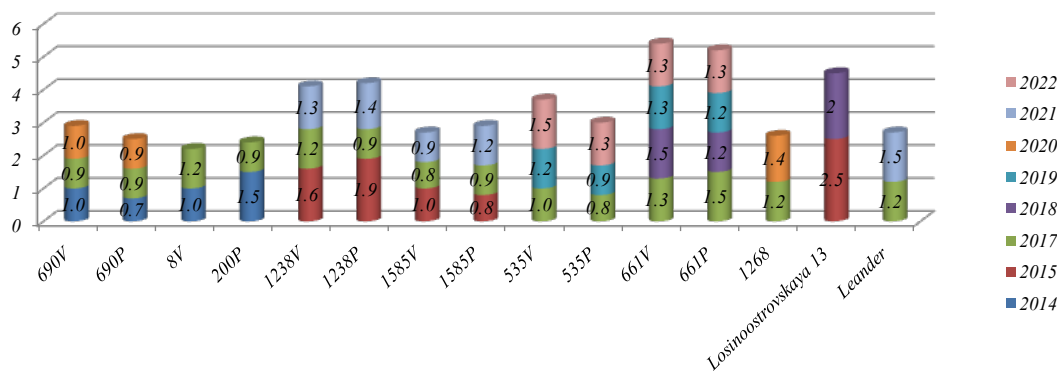


Fig. 5. The average score of damage to the leaf plate of table carrots on a natural background, over 8 years

Взаимосвязь между различными признаками, связанными с биохимическим составом корнеплодов моркови и устойчивостью к патогенам, Московская область (2014–2022 годы)

Линия, сорт	Годы исследований	Сопряженные признаки					
		Сухое вещество – β-каротин	Сумма сахаров – β-каротин	Сухое вещество – сумма сахаров	Сухое вещество – устойчивость	Сумма сахаров – устойчивость	β-каротин – устойчивость
690 В	2014, 2017, 2020	0,20–0,55	0,10–0,23	0,55–0,69	0,28–0,67	0,20–0,45	0,08–0,15
690 П	2014, 2017, 2020	0,25–0,50	0,12–0,26	0,50–0,66	0,20–0,60	0,22–0,50	0,10–0,21
8 В	2014, 2017	0,20–0,53	0,11–0,20	0,54–0,68	0,22–0,45	0,18–0,47	0,06–0,19
200 П	2014, 2017	0,22–0,51	0,10–0,19	0,48–0,65	0,23–0,50	0,12–0,40	0,10–0,22
1238 В	2015, 2017, 2021	0,22–0,54	0,12–0,23	0,56–0,66	0,12–0,61	0,15–0,49	0,08–0,16
1238 П	2015, 2017, 2021	0,20–0,51	0,12–0,18	0,55–0,69	0,19–0,56	0,14–0,45	0,09–0,16
1585 В	2015, 2017, 2021	0,22–0,55	0,10–0,15	0,50–0,69	0,20–0,63	0,16–0,49	0,10–0,20
1585 П	2015, 2017, 2021	0,20–0,54	0,10–0,15	0,52–0,65	0,22–0,64	0,12–0,40	0,05–0,14
535 В	2017, 2019, 2022	0,22–0,55	0,12–0,21	0,53–0,68	0,15–0,56	0,20–0,51	0,10–0,17
535 П	2017, 2019, 2022	0,21–0,58	0,10–0,25	0,55–0,70	0,12–0,63	0,16–0,47	0,09–0,16
661 В	2017, 2018, 2019, 2022	0,21–0,48	0,14–0,18	0,52–0,68	0,20–0,48	0,15–0,48	0,05–0,10
661 П	2017, 2018, 2019, 2022	0,20–0,54	0,12–0,20	0,50–0,66	0,12–0,47	0,16–0,48	0,06–0,12
1268	2017, 2020	0,22–0,51	0,14–0,17	0,54–0,67	0,23–0,54	0,15–0,45	0,08–0,18
Лосиноостровская 13	2015, 2018	0,25–0,40	0,10–0,23	0,60–0,70	0,18–0,54	0,23–0,54	0,10–0,20
Леандр	2017, 2021	0,22–0,42	0,12–0,19	0,52–0,70	0,13–0,62	0,20–0,51	0,08–0,17

Table 2

The relationship between various signs related to the biochemical composition of carrot roots and resistance to pathogens, Moscow region (2014–2022)

Line, grade	Years of research	Related features					
		The dry substance – β-carotene	The sum of sugars – β-carotene	Dry matter – the sum of sugars	Dry matter – resistance	The sum of sugars – resistance	β-carotene – resistance
690 V	2014, 2017, 2020	0.20–0.55	0.10–0.23	0.55–0.69	0.28–0.67	0.20–0.45	0.08–0.15
690 P	2014, 2017, 2020	0.25–0.50	0.12–0.26	0.50–0.66	0.20–0.60	0.22–0.50	0.10–0.21
8 V	2014, 2017	0.20–0.53	0.11–0.20	0.54–0.68	0.22–0.45	0.18–0.47	0.06–0.19
200 P	2014, 2017	0.22–0.51	0.10–0.19	0.48–0.65	0.23–0.50	0.12–0.40	0.10–0.22
1238 V	2015, 2017, 2021	0.22–0.54	0.12–0.23	0.56–0.66	0.12–0.61	0.15–0.49	0.08–0.16
1238 P	2015, 2017, 2021	0.20–0.51	0.12–0.18	0.55–0.69	0.19–0.56	0.14–0.45	0.09–0.16
1585 V	2015, 2017, 2021	0.22–0.55	0.10–0.15	0.50–0.69	0.20–0.63	0.16–0.49	0.10–0.20
1585 P	2015, 2017, 2021	0.20–0.54	0.10–0.15	0.52–0.65	0.22–0.64	0.12–0.40	0.05–0.14
535 V	2017, 2019, 2022	0.22–0.55	0.12–0.21	0.53–0.68	0.15–0.56	0.20–0.51	0.10–0.17
535 P	2017, 2019, 2022	0.21–0.58	0.10–0.25	0.55–0.70	0.12–0.63	0.16–0.47	0.09–0.16
661 V	2017, 2018, 2019, 2022	0.21–0.48	0.14–0.18	0.52–0.68	0.20–0.48	0.15–0.48	0.05–0.10
661 P	2017, 2018, 2019, 2022	0.20–0.54	0.12–0.20	0.50–0.66	0.12–0.47	0.16–0.48	0.06–0.12
1268	2017, 2020	0.22–0.51	0.14–0.17	0.54–0.67	0.23–0.54	0.15–0.45	0.08–0.18
Losinoostrovskaya 13	2015, 2018	0.25–0.40	0.10–0.23	0.60–0.70	0.18–0.54	0.23–0.54	0.10–0.20
Leander	2017, 2021	0.22–0.42	0.12–0.19	0.52–0.70	0.13–0.62	0.20–0.51	0.08–0.17

Принято считать, что значения коэффициентов корреляции для сильной, средней и слабой зависимости двух варьирующих величин равны от 0,7 до 1; от 0,3 до 0,7 и 0 до 0,3 соответственно [21].

В результате полученных данных по толерантности в зависимости от агроклиматических условий года была рассчитана взаимосвязь между биохимическими методами и устойчивостью (таблица 2).

В ходе анализа выделены корреляции по признакам, полезным для селекционной работы по улучшению качества корнеплодов моркови столовой.

Так, установлена устойчивая средняя связь между признаками сухое вещество – сумма сахаров (0,48–0,70). Кроме того, определена стабильная слабая корреляция между признаками β-каротин – устойчивость к патогенам (0,05–0,22) и сумма сахаров – β-каротин (0,10–0,26). В основном сопряженные признаки характеризовались неустойчивой слабой и средней взаимосвязью: сухое вещество – β-каротин (0,20–0,58), сухое вещество – устойчивость к патогенам (0,12–0,67), сумма сахаров – устойчивость к патогенам (0,12–0,54). Высоких коэффициентов корреляции (более 0,70) между искомыми критериями получить не удалось.

Слабые коэффициенты корреляции между содержанием сухого вещества, суммы сахаров, β-каротина и устойчивостью к патогенам родов *Fusarium* и *Alternaria* для линий и сортов моркови столовой не позволили использовать связь между ними в качестве прогнозирующей характеристики на повышение устойчивости.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Погодные условия периода исследований в условиях Московской области несущественно влияли на изменение содержания каротина в корнеплодах линий и сортов моркови. Изменчивость данного признака (а точнее, коэффициенты вариации) не превышают 10 %.

Отмечена средняя изменчивость по признаку содержания сухого вещества (коэффициенты вариации выше 10 %, но менее 20 %).

Выявлена средняя изменчивость по признаку содержания сахаров в корнеплодах моркови. Содержание сахаров было в пределах 6,3–7,8 %.

Установлена устойчивая средняя связь между признаками сухое вещество – сумма сахаров (0,48–0,70). Выявлена стабильная слабая корреляция между признаками β-каротин – устойчивость к патогенам (0,05–0,22) и сумма сахаров – β-каротин (0,10–0,26).

Сопряженные признаки характеризовались неустойчивой слабой и средней взаимосвязью: сухое вещество – β-каротин (0,20–0,58), сухое вещество – устойчивость к патогенам (0,12–0,67), сумма сахаров – устойчивость к патогенам (0,12–0,54). Высоких коэффициентов корреляции (более 0,70) между искомыми критериями получить не удалось.

Таким образом, использование отбора при работе с оригинальным материалом линий и сортов-популяций не выявил роста устойчивости корнеплодов к основным патогенам. Не отмечено значительных изменений в содержании основных компонентов биохимического состава корнеплодов моркови столовой.

Необходимо в селекционной работе при создании нового линейного материала отбирать образцы, которые не только характеризуются высоким гетерозисным эффектом по урожайным признакам, но и имеют высокую устойчивость к поражению патогенами, высокие показатели содержания элементов химического состава.

Библиографический список

1. Леунов В. И. Направления в селекции и семеноводстве овощных корнеплодных культур // Картофель и овощи. 2017. № 10. С. 6–9.
2. Nazarov P. A., Baleev D. N., Ivanova M. I., Sokolova L. M., Karakozova M. V. Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection // Acta Naturae. 2020. Vol. 12. Pp. 46–59. DOI: 10.32607/actanaturae.11026.
3. Schumann G. L., D'Arcy C. J. Essential plant pathology. Minnesota, USA: APS Press, 2006. 338 p.
4. Jones D. G., Dangl L. The plant immune system // Acta Naturae. 2006. Vol. 444. Pp. 323–329.
5. Schreiber K., Desveaux D. Message in a bottle: Chemical biology of induced disease resistance in plants // Plant Pathology Journal. 2008. Vol. 24. Pp. 245–268.
6. Spoel S. H., Dong X. How do plants achieve immunity? Defence without specialized immune cells // Nature Reviews Immunology. 2012. Vol. 12. Pp. 89–100.
7. Muthamilarasan M., Prasad M. Plant innate immunity: An updated insight into defense mechanism // Journal of Biosciences. 2013. Vol. 38. Pp. 433–449.
8. Douglas A. E. Strategies for enhanced crop resistance to insect pests // Annual Review of Plant Biology. 2018. Vol. 69. Pp. 637–660.
9. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S. J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. The global burden of pathogens and pests on major food crops // Nature Ecology and Evolution. 2019. Vol. 3. Pp. 430–439.
10. Savary S., Willocquet L. Modeling the impact of crop diseases on global food security // Annual Review of Phytopathology. 2020. Vol. 8. Pp. 313–341. DOI: 10.1146/annurev-phyto-010820-012856.
11. Fontana D. C., de Paula S., Torres A. G., de Souza V. H. M., Pascholati S. F., Schmidt D., Dourado Neto D. Endophytic fungi: Biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses // Pathogens. 2021. Vol. 10. Article number 570. DOI: 10.3390/pathogens10050570.

12. Castle S., Palumbo J., Prabhaker N. Newer insecticides for plant virus disease management // *Virus Research*. 2009. Vol. 141. Pp. 131–139.
13. Dababat A., Imren M., Erginbas-Orakci G., Ashrafi S., Yavuzaslanoglu E., Toktay H., Pariyar S.R., Elekcioğlu H.I., Morgounov A., Mekete T. The importance and management strategies of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp., in Turkey // *Euphytica*. 2015. Vol. 202. Pp. 173–188.
14. Соколова Л. М. Проявление фузариоза на овощных культурах // *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2019. № 2 (12). С. 42–47. DOI: 10.24888/2541-7835-2019-12-42-47.
15. Соколова Л. М. Влияние погодных условий на распространенность болезней и устойчивость моркови столовой // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019. № 4 (174). С. 21–26.
16. Соколова Л. М., Балашова И. Т. Наследуемость толерантности к патогенным грибам *Alternaria dauci* и *Fusarium oxysporum* при создании гибридов моркови // *Овощи России*. 2023. № 3. С. 79–87. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-3-79-87.
17. Wendt Th. Bodentemperatur bei Gemusekulturen // *Gemuse*. 1979. Bd. 15. Hf. 9.
18. Кузлякина В. М., Зайцев А. М. Влияние удобрений и агротехники на качество овощей // *Сельское хозяйство за рубежом*. 1975. № 10. С. 25.
19. Сазонова Л. В. Корнеплодные растения родов: *Raphanus L.*, *Daucus L.*, *Apium L.*, *Petroselinum Hill.*, *Pastinaca L.* (классификация, экология, селекция и семеноводство): автореф. дис. ... д-ра с/х наук. Ленинград, 1983. 32 с.
20. Кравцова М. В., Андрющенко В. К., Стрельникова Т. Р. Селекция столовой моркови на продуктивность и качество. Кишинев: Штиинца, 1991. 254 с.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Колос, 1985. 351 с.
22. Леунов В. И., Ховрин А. Н., Терешонкова Т. А., Соколова Л. М., Горшкова Н. С., Алексева К. Л. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*): методические рекомендации. Москва, 2011. 61 с.
23. Соколова Л. М. Система селекционно-иммунологических методов создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. с комплексом хозяйственно ценных признаков: дис. ... д-ра с/х наук. Одинцово, 2021. 321 с.
24. Мурашев С. В., Ишевский А. Л., Уварова Н. А. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах: методические указания к лабораторным работам для студентов. Санкт-Петербург: СПб ГУНиПТ, 2007. 24 с.
25. Oliver J., Palou A. Chromatographic determination of carotenoids in foods // *Journal of Chromatography*. 2000. Vol. 881. Pp. 543–555.
26. Иванова Е. В., Романова Н. В., Солнцева О. И. Технохимический контроль сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки: учебное пособие. Смоленск: Смоленская ГСХА, 2023. 320 с.

Об авторах:

Александр Владимирович Корнев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0003-1373-3302, AuthorID 795017. *E-mail: alexandrvg@gmail.com*

Владимир Иванович Леунов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный редактор, журнал «Картофель и овощи», д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0001-9445-5636, AuthorID 367561. *E-mail: vileunov@mail.ru*

Любовь Михайловна Соколова, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0001-6223-4767, AuthorID 790697. *E-mail: lsokolova74@mail.ru*

Александр Николаевич Ховрин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующий отделом селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства, д. Верея, Московская область, Россия; ORCID 0000-0003-4297-2687, AuthorID 466874. *E-mail: hovrin@poiskseeds.ru*

References

1. Leunov V. I. Trends in breeding and seed production of vegetable root crops. *Potatoes and Vegetables*. 2017; 10: 6–9. (In Russ.)
2. Nazarov P. A., Baleev D. N., Ivanova M. I., Sokolova L. M., Karakozova M. V. Infectious plant diseases: etiology, current status, problems and prospects in plant protection. *Acta Naturae*. 2020; 12: 46–59.
3. Schumann G. L., D'Arcy C. J. *Essential plant pathology*. Minnesota, USA: APS Press, 2006. 338 p.
4. Jones D. G., Dangl L. The plant immune system. *Acta Naturae*. 2006; 444: 323–329.
5. Schreiber K., Desveaux D. Message in a bottle: chemical biology of induced disease resistance in plants. *Plant Pathology Journal*. 2008; 24: 245–268.
6. Spoel S. H., Dong X. How do plants achieve immunity? Defence without specialized immune cells. *Nature Reviews Immunology*. 2012; 12: 89–100.
7. Muthamilarasan M., Prasad M. Plant innate immunity: an updated insight into defense mechanism. *Journal of Biosciences*. 2013; 38: 433–449.
8. Douglas A. E. Strategies for enhanced crop resistance to insect pests. *Annual Review of Plant Biology*. 2018; 69: 637–660.
9. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S. J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology and Evolution*. 2019; 3: 430–439.
10. Savary S., Willocquet L. Modeling the impact of crop diseases on global food security. *Annual Review of Phytopathology*. 2020; 8: 313–341. DOI: 10.1146/annurev-phyto-010820-012856.
11. Fontana D. C., de Paula S., Torres A. G., de Souza V. H. M., Pascholati S. F., Schmidt D., Dourado Neto D. Endophytic fungi: Biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses. *Pathogens*. 2021; 10: 570. DOI: 10.3390/pathogens10050570.
12. Castle S., Palumbo J., Prabhaker N. Newer insecticides for plant virus disease management. *Virus Research*. 2009; 141: 131–139.
13. Dababat A., Imren M., Erginbas-Orakci G., Ashrafi S., Yavuzaslanoglu E., Toktay H., Pariyar S. R., Elekcioğlu H. I., Morgounov A., Mekete T. The importance and management strategies of cereal cyst nematodes, *Heterodera* spp., in Turkey. *Euphytica*. 2015; 202: 173–188.
14. Sokolova L. M. The manifestation of fusarium wilt on vegetable crops. *Agro-Industrial Technologies of Central Russia*. 2019; 2 (12): 42–47. DOI: 10.24888/2541-7835-2019-12-42-47. (In Russ.)
15. Sokolova L. M. The influence of weather conditions on the extension of diseases and resistance of garden carrots. *Bulletin of Altai State Agrarian University*. 2019; 4 (174): 21–26. (In Russ.)
16. Sokolova L. M., Balashova I. T. Heritability of tolerance to pathogenic fungi *Alternaria dauci* and *Fusarium oxysporum* by carrot hybrids. *Vegetable Crops of Russia*. 2023; 3: 79–87. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-3-79-87. (In Russ.)
17. Wendt Th. Bodentemperatur bei Gemüsekulturen. *Gemüse*. 1979; 15: 9. (In Germ.)
18. Kuzlyakina V. M., Zaytsev A. M. The influence of fertilizers and agrotechnics on the quality of vegetables. *Agriculture Abroad*. 1975; 10: 25. (In Russ.)
19. Sazonova L. V. Root-bearing plants of the genera: *Raphanus* L., *Daucus* L., *Apium* L., *Petroselinum* Hill., *Pastinaca* L. (classification, ecology, breeding and seed production): abstract of the dissertation ... doctor of agricultural sciences. Leningrad, 1983. 32 p. (In Russ.)
20. Kravtsova M. V., Andryushchenko V. K., Strelnikova T. R. *Selection of table carrots for productivity and quality*. Chisinau: Stiinza, 1991. 254 p. (In Russ.)
21. Dospikhov B. A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Kolos, 1985. 351 p. (In Russ.)
22. Leunov V. I., Khovrin A. N., Tereshonkova T. A., Sokolova L. M., Gorshkova N. S., Alekseeva K. L. Methods of accelerated selection of table carrots for complex resistance to fungal diseases (*Alternaria* and *Fusarium*): methodological recommendations. Moscow, 2011. 61 p. (In Russ.)
23. Sokolova L. M. System of selection and immunological methods for creating varieties and hybrids of table carrots with group resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. with a complex of economically valuable features: abstract of the dissertation ... doctor of agricultural sciences. Odintsovo, 2021. 321 p. (In Russ.)
24. Murashev S. V., Ishevskiy A. L., Uvarova N. A. Determination of water and solids content in food products: guidelines for laboratory work for students. Saint Petersburg: SPb GUNiPT, 2007. 24 p. (In Russ.)
25. Oliver J., Palou A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. *Journal of Chromatography*. 2000; 881: 543–555.
26. Ivanova E. V., Romanova N. V., Solntseva O. I. *Technochemical control of agricultural raw materials and products of its processing: a textbook*. Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy, 2023. 320 p. (In Russ.)

Authors' information:

Aleksandr V. Kornev, candidate of agricultural sciences, senior researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0003-1373-3302, AuthorID 795017. *E-mail: alexandrv@gmail.com*

Vladimir I. Leunov, doctor of agricultural sciences, professor, chief editor, the journal “Potatoes and Vegetables”; ORCID 0000-0001-9445-5636, AuthorID 367561. *E-mail: vileunov@mail.ru*

Lyubov M. Sokolova, doctor of agricultural sciences, leading researcher at the department of breeding and seed production, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0001-6223-4767, AuthorID 790697. *E-mail: lsokolova74@mail.ru*

Aleksandr N. Khovrin, candidate of agricultural sciences, associate professor, chief researcher, head of the department of breeding and seed production, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Vereya village, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0003-4297-2687, AuthorID 466874. *E-mail: hovrin@poiskseeds.ru*

Геоинформационные технологии в повышении урожайности яровой пшеницы

Дм. С. Фомин^{1,2✉}, Д. С. Фомин¹, Ю. Н. Зубарев²

¹Пермский НИИСХ – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Россия

²Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

✉E-mail: prm.fomin.d@gmail.com

Аннотация. Цель – изучение приемов основной обработки почвы и внесения гербицидов с использованием геоинформационных систем (ГИС) при выращивании яровой пшеницы в Среднем Предуралье. **Методы.** Исследования проведены в двухфакторном полевом опыте на агрополигоне Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН в 2022 и 2023 годах согласно методике полевого опыта с последующей статистической обработкой результатов исследований по Б. А. Доспехову. Объект исследования – яровая пшеница, сорт Каменка. Структура урожайности определялась согласно методике В. М. Макаровой. **Научная новизна.** Впервые в Среднем Предуралье был изучен новый прием основной обработки почвы и внесения гербицида с использованием геоинформационных систем при возделывании яровой пшеницы, позволяющий получать планируемую урожайность. **Результаты.** Погодные условия влияют на эффективность приема основной обработки почвы при возделывании яровой пшеницы. За два года исследований средняя урожайность зерна яровой пшеницы существенно варьировала от 1,84 до 3,65 т/га. Минимальные значения урожайности было получено на варианте дискование без применения гербицида, что подтверждается структурой урожайности, на данном варианте исследований масса 1000 зерен составила 38,58 г. Стабильный уровень урожая (2022 – 3,65 т/га, 2023 – 3,64 т/га) яровой пшеницы на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при существенно отличающихся погодных условиях был получен при использовании нового приема разноглубинной отвальной вспашки (глубина – 14–24 см) и дифференцированного внесения гербицида с использованием ГИС-технологий. Статистически подтверждено влияние приема основной обработки почвы на всходы яровой пшеницы в периоды исследований (2022 г. – $НСП_{05} = 28$ шт/м²; 2023 г. – $НСП_{05} = 100$ шт/м²). Наибольшее количество всходов наблюдалось при вспашке оборотным плугом, прибавка к контролю составила 35 растений на 1 м². Наименьшее значение – 327 шт/м² – наблюдалось на варианте с дискованием.

Ключевые слова: яровая пшеница, основная обработка почвы, ГИС-технологии, дифференцированное внесение гербицидов, дифференцированная обработка почвы, урожайность, структура урожайности

Для цитирования: Фомин Дм. С., Фомин Д. С., Зубарев Ю. Н. Геоинформационные технологии в повышении урожайности яровой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 25, № 04. С. 552–563. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-552-563>.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (тема № 122032200247-7). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Дата поступления статьи: 23.09.2024, **дата рецензирования:** 27.11.2024, **дата принятия:** 14.02.2025.

Geoinformation technologies in increasing the yield of spring wheat

Dm. S. Fomin^{1,2}✉, D. S. Fomin¹, Yu. N. Zubarev²

¹ Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

² Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

✉E-mail: prm.fomin.d@gmail.com

Abstract. The purpose is to study the techniques of basic tillage and herbicide application using geoinformation systems (GIS) in the growing of spring wheat in the Middle Urals. **Methods.** The research was carried out in a two-factor field experiment at the agro-polygon of the Perm Research Institute of Agricultural Sciences, a branch of the PFIC Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in 2022 and 2023, according to the methodology of field experience with subsequent statistical processing of the research results according to B. A. Dospekhov. The object of research is spring wheat, Kamenka variety. The yield structure was determined according to the methodology of V. M. Makarova. **Scientific novelty.** For the first time in the Middle Urals, a new method of variable depth tillage (VDT) and differentiated application of herbicide based on GIS technologies in the cultivation of spring wheat, allowing to obtain the planned yield, was studied. **Results.** Weather conditions affect the effectiveness of basic tillage in the cultivation of spring wheat. Over two years of research, the average yield of spring wheat grain varied significantly from 1.84 to 3.65 t/ha. The minimum yield values were obtained in the disking variant without the use of herbicide, which is confirmed by the yield structure, in this research variant, the mass of 1000 grains was 38.58 g. Stable yield level (2022 – 3.65 t/ha, 2023 – 3.64 t/ha) of spring wheat on sod-podzolic heavy loamy soil, under significantly different weather conditions, was obtained using a new technique of multi-depth dump plowing (depth 14–24 cm) and differentiated application of herbicide using GIS technologies. The effect of basic tillage on spring wheat seedlings during the research periods was statistically confirmed (2022 – $LSD_{05} = 28$ pcs/m²; 2023 – $LSD_{05} = 100$ pcs/m²). The largest number of seedlings was observed when plowing with a rotary plow, the increase in control was 35 plants per m². The lowest value – 327 pcs/m², was observed in the variant with disking.

Keywords: spring wheat, basic tillage, GIS technologies, differentiated application of herbicides, variable depth tillage, VDT, yield, yield structure

Acknowledgements. The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 122032200247-7). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Fomin Dm. S., Fomin D. S., Zubarev Yu. N. Geoinformation technologies in increasing the yield of spring wheat. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 552–563. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-552-563>. (In Russ.)

Date of paper submission: 23.09.2024, **date of review:** 27.11.2024, **date of acceptance:** 14.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из наиболее распространенных зерновых культур является пшеница, она является важнейшей продовольственной и фуражной культурой, широко используется в качестве продуктов переработки зерна, на кормовые и семенные цели, а также обладает высокой пластичностью и урожайностью [1; 2].

Значительное влияние на формирование продуктивности и урожайности яровой пшеницы оказывают биологические особенности данной культуры [3]. Учеными установлено, что из-за несоответствия биологических потребностей выращиваемых

растений и условий произрастания яровая пшеница может реализовать потенциал урожайности только в пределах 40 %, в лучшем случае не более 60 % [4]. Проведенные исследования в 2017–2020 годах показывают, что в Среднем Предуралье возможно формирование высокого уровня урожайности яровой пшеницы – 4–5 т/га, такая продуктивность может быть обеспечена как раннеспелыми, так и среднеранными и среднеспелыми сортами, но только при благоприятных абиотических факторах и соблюдением технологий возделывания [5; 6].

Валовый сбор и уровень урожайности зерновых культур для Среднего Предуралья, в частности для

Пермского края, имеют значительные изменения год от года, это связано с преобладанием малоплодородных дерново-подзолистых почв, плотность которых в пахотном слое находится в диапазоне 1,4–1,5 г/см³. Однако оптимальная плотность, для культурных растений, суглинистых почв составляет 1,0–1,3 г/см³ [7; 8].

Решить данную проблему возможно путем выбора наилучшего приема основной обработки почвы. С течением времени методы и подходы к обработке почвы претерпели значительные изменения, что обусловлено как техническим прогрессом, так и изменением климатических условий, а также увеличением антропогенного воздействия на экосистемы. Современные тенденции в обработке почвы направлены на: снижение энергозатрат, сохранение почвенного плодородия, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду [9]. Стоит отметить, что длительное применение нулевой технологии приводит к деградации пашни, минимальная обработка приводит к увеличению сорной растительности и заболеваний, традиционная обработка (вспашка плугом с оборотом пласта) очень затратная, поэтому необходимо проводить поиск новых приемов с учетом развития цифровых технологий, которые будут сочетать в себе преимущества различных приемов (снижение стоимости расходов, сохранение плодородия почвы).

Помимо выбора приема основной обработки почвы, остро стоит проблема борьбы с сорной растительностью в посевах зерновых культур [10]. Общеизвестно, что сорняки уменьшают валовый сбор урожая, способствуют ухудшению качества сельскохозяйственной продукции, снижают производительность труда и эффективность средств защиты растений, оказывают значительное негативное влияние на агропромышленный комплекс. Международные исследования ученых демонстрируют снижение валового сбора потенциального мирового урожая на более чем 20 % [11; 12].

Вред, наносимый сорняками сельскохозяйственным культурам, связан с их конкуренцией за жизненно важные ресурсы, такие как влага, питательные элементы и солнечная энергия. Общепринято для борьбы с сорной растительностью использовать внесение гербицидов по всей площади земельного участка. Стоит отметить, что для участков с неравномерным распределением сорной растительности такой подход не всегда эффективен и экономически не оправдан, в таких случаях требуется корректировка агротехнологий.

Повсеместное внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве позволяет использовать новые методы и подходы к защите растений и провести корректировку существующих агротехнологий. Одним из таких приемов является дифференцированная защита растений (ДЗР). Впервые такую техно-

логию в Среднем Предуралье апробировали ученые лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН [13]. Проведенные исследования на озимой пшенице сорта Скипетр показали, что при дифференцированном внесении гербицида урожайность увеличилась до 5,63 т/га, тогда как при традиционном способе внесения она составила 5,10 т/га, в контроле (без внесения гербицида) – 4,22 т/га. Примечательно, что гербицидная нагрузка на посевные площади с использованием нового приема была снижена в среднем на 46 %, экономическая эффективность производства с учетом расходов на гербициды возросла на 40 % по сравнению с участками, обработанными сплошной среднерекомендуемой дозой гербицида.

Подобные результаты подтверждены и другими исследователями. Так, например, в другом эксперименте при использовании оптической системы для учета неоднородной засоренности посевов удалось сократить расход гербицида до 23 % по сравнению со сплошным внесением, что способствовало не только снижению себестоимости сельскохозяйственной продукции, но и уменьшению гербицидного воздействия на экологическую обстановку [14]. Применение дифференцированного подхода в обработке гербицидами зерновых культур позволяет снизить пестицидную нагрузку на 33 % и сэкономить до 353 руб/га, что подтверждает эффективность и экологичность этого метода [15].

Цель наших исследований – изучение новых приемов основной обработки почвы и внесения гербицидов с использованием геоинформационных систем (ГИС) при выращивании яровой пшеницы в Среднем Предуралье.

Методология и методы исследования (Methods)

Работа выполнена на агрополигоне Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН, расположенного в д. Касимово Пермского муниципального округа Пермского края в 2022 и 2023 годах. Объект исследования – яровая пшеница, сорт Каменка, предшественником которой являлась озимая пшеница. После уборки озимой пшеницы через две недели проведена основная обработка почвы согласно схеме опыта. Фактор А – прием основной обработки почвы: А₁ – отвальная вспашка (глубина 20–22 см, контроль); А₂ – отвальная вспашка оборотным плугом (глубина 20–22 см); А₃ – дискование (10–12 см); А₄ – разноглубинная отвальная вспашка с использованием ГИС-технологий (14–24 см), основанная на инновационной методике, разработанной в лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН, базирующейся на использовании ГИС-технологий для создания карты-задания почвообрабатывающей технике, где глубина обработки почвы изменялась от 14 до 24 см на основании спектральных характеристик почвы.

Весной, при достижении физической спелости почвы, было проведено закрытие влаги путем боронования в два следа с помощью сцепки БЗТС-1. Под предпосевную культивацию внесены минеральные удобрения в рекомендованной для региона дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в виде нитроаммофоски $N_{15}P_{15}K_{15}$ с помощью разбрасывателя минеральных удобрений KUNN AXIS 40.2 W. Предпосевная культивация выполнена агрегатом КБМ-8П-Универсальный. Посев осуществлен сеялкой зерновой механической Amazone D9 4000 (2022 – 08.05, 2023 – 11.05) с нормой высева 6 млн всхожих семян на 1 га. Способ посева – рядовой с глубиной заделки 3–4 см с последующим прикатыванием ЗККШ-6.

Агротехнический уход за посевом включал обработку гербицидом по схеме опыта (фактор В). Фактор В – прием опрыскивания гербицидом: V_1 – без обработки (контроль); V_2 – вода; V_3 – сплошное применение гербицида; V_4 – дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий. Перед гербицидной обработкой был проведен учет количества сорняков и определен их видовой состав. Выбор баковой смеси гербицидов основывался на анализе видовой состава сорной растительности: «Алсион», ВДГ (10 г/га) и «Балерина», СЭ (0,25 л/га) с нормой рас-

хода рабочей жидкости 200 л/га. В варианте с дифференцированным внесением гербицидов решение об обработке принималось на основе сравнения количества сорняков с ЭПВ. Если численность сорной растительности превышала порог, на делянке проводилось опрыскивание гербицидами без изменения норм расхода и объема рабочей жидкости. Проведение гербицидной обработки осуществлялось с использованием опрыскивателя, установленного на автомобиль с высокой проходимостью.

Полевой опыт проводился в соответствии с методикой опытного дела [16]. Размещение вариантов систематическое, методом расщепленных делянок. Повторность четырехкратная. Общая площадь делянки – 1680 м², учетная – 1596 м². Перед уборкой растения яровой пшеницы отбирались поделаночно с пробных площадок для определения структуры урожайности по методике [17]. Уборка урожая однофазная, производилась комбайном SAMPO SR-2010 в фазу полной спелости с последующим пересчетом на 100-процентную чистоту и 14-процентную влажность.

Экспериментальные данные подвергались математической и статистической обработке [16] с использованием компьютерной программы MS Excel.

Таблица 1
Погодные условия вегетационных периодов яровой пшеницы
(данные метеостанции ст. Бахаревка, г. Пермь)

Месяц	Среднесуточная температура, °С			Сумма осадков, мм			ГТК
	За исследуемый год	Среднепогоде	Отклонение, %	За исследуемый год	Среднепогоде	Отклонение, %	
2022 г.							
Май	9,4	11,5	-18	46	55,3	-17	2,1
Июнь	15,0	16,2	-7	58	88,6	-35	1,4
Июль	20,1	18,5	+9	8	77,8	-90	0,1
Август	19,4	15,6	+24	12	87,5	-86	0,2
2023 г.							
Май	15,0	11,5	+30	23	55,3	-58	0,39
Июнь	14,7	16,2	-9	22	88,6	-75	0,50
Июль	20,9	18,5	+13	51	77,8	-34	0,78
Август	17,7	15,6	+13	61	87,5	-30	1,01

Table 1
Weather conditions of the growing season of spring wheat (Bakharevka station, Perm)

Month	Average daily temperature, °C			Precipitation amount, mm			HTC
	For the year under study	Average long-term	Deviation, %	For the year under study	Average long-term	Deviation, %	
2022							
May	9.4	11.5	-18	46	55.3	-17	2.1
June	15.0	16.2	-7	58	88.6	-35	1.4
July	20.1	18.5	+9	8	77.8	-90	0.1
August	19.4	15.6	+24	12	87.5	-86	0.2
2023							
May	15.0	11.5	+30	23	55.3	-58	0.39
June	14.7	16.2	-9	22	88.6	-75	0.50
July	20.9	18.5	+13	51	77.8	-34	0.78
August	17.7	15.6	+13	61	87.5	-30	1.01

Результаты (Results)

Погодные условия (таблица 1) в мае и июне 2022 года, согласно классификации гидротермического коэффициента (ГТК) по Селянинову [18], характеризовались как влажные. Среднесуточная температура воздуха в эти месяцы была ниже среднесуточных показателей на 18 % и 7 % соответственно. Кардинально отличались июль и август, характеризовавшиеся сухой погодой с температурой, превышающей среднесуточные значения на 1,6 °С и 3,8 °С соответственно, и количеством осадков ниже нормы на 90 % и 86 % соответственно.

Вегетационный период 2023 года в Пермском крае также сопровождался аномальными погодными условиями. Засуха, которая стала самой длительной за весь период наблюдений [19], оказала значительное влияние на сельскохозяйственные культуры. В мае и июне 2023 года наблюдалась крайне засушливая погода, ГТК составил 0,39 и 0,5, что свидетельствует о критическом недостатке влаги, июль и август были засушливыми. Во второй половине лета количество осадков было ближе к норме, но они выпадали в основном в виде локальных ливней. Положительная аномалия температуры сформировалась за счет периода с начала июля до конца второй декады августа.

Различные условия вегетационных условий периодов в исследуемых годах привели к формированию существенно разных уровней урожайности зерна яровой пшеницы (таблица 2) по вариантам исследований, однако средний уровень урожайности по годам отличался менее чем на 5 % и составил 2,86 т/га и 2,97 т/га соответственно в 2022 и 2023 годах.

Урожайность яровой пшеницы в 2022 году варьировала от 2,19 до 3,81 т/га. Максимальный результат был получен при отвальной вспашке на глубину 20–22 см с дифференцированным опрыскиванием гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий – 3,81 т/га. Разница полученной урожайности между минимальным и максимальным вариантом составила 74 %. Статистическая обработка методом дисперсионного анализа не выявила достоверных различий влияния приемов основной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы. Тем не менее новый прием дифференцированного внесения гербицида с использованием ГИС-технологий показал статистически значимое увеличение урожая на 1,28 т/га по сравнению с контрольным вариантом (без обработки гербицидом), с $HCP_{05} = 0,49$ т/га.

Аномально засушливый 2023 год демонстрирует минимальные значения урожая на вариантах, где применялось дискование на глубину 10–12 см в качестве приема основной обработки почвы (1,44–2,22 т/га). Изменение урожайности по всем исследуемым вариантам от минимального до максимального в 2023 году отличалось в 2,5 раза, мак-

симальное значение 3,64 т/га получено на варианте, где применялись разноглубинная вспашка с использованием ГИС-технологий и дифференцированный прием опрыскивания гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий. Статистически доказано, что дискование снижает урожайность по сравнению с контролем ($HCP_{05} = 0,50$ т/га). В результате проведенных исследований приема основной обработки почвы с использованием ГИС-технологий отмечена тенденция увеличения урожайности на 0,25 т/га, а внесение гербицидов по инновационному приему (дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий) увеличивает урожайность на 0,45 т/га по сравнению с контролем (без обработки гербицидом посевов яровой пшеницы): $HCP_{05} = 0,15$ т/га, что статистически доказано.

В среднем за два года исследований минимальные значения были получены при применении дискования (10–12 см) в качестве приема основной обработки почвы. Данный прием демонстрирует тенденцию к снижению урожая зерна по сравнению с контрольным вариантом (отвальная вспашка на глубину 20–22 см) на 0,74 т/га. Статистически доказано, что внесение гербицидов как традиционным приемом (сплошное применение гербицида), так и новым (дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий) в среднем по приемам основной обработки почвы позволяет получать урожай выше по сравнению с контрольным вариантом (без обработки гербицидом) на 0,54 и 0,82 т/га соответственно ($HCP_{05} = 0,34$). Устойчивый уровень урожайности за два различных по погодным условиям год показал вариант с приемом разноглубинной отвальной вспашки на основе ГИС-технологий и дифференцированным опрыскиванием гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий в 2022 году – 3,65 т/га, в 2023 году – 3,64 т/га.

Такая продуктивность пшеницы объясняется элементами структуры урожайности, одним из которых является густота всходов. Послепосевные периоды в годы исследований были различны: так, май 2022 года был более влажным (ГТК = 2,1), чем засушливый в 2023 году (ГТК = 0,39), на который также повлияла среднесуточная температура, которая превышала на 30 % среднегодовую норму, что привело к более изреженным всходам, средняя за год в 2023-м – 339 шт/м² против 447 шт/м² в 2022 году. Формирование сухого и теплого периода после посева яровой пшеницы на второй год исследований существенно отразилось в варианте с применением дискования на глубину 10–12 см: 244 шт/м² (таблица 3). Статистически достоверно подтверждено влияние фактора основной обработки почвы на всходы яровой пшеницы в периоды исследований (2022 г. – $HCP_{05} = 28$ шт/м²; 2023 г. – $HCP_{05} = 100$ шт/м²).

Таблица 2

Влияние приемов основной обработки почвы и внесения гербицидов с использованием ГИС-технологий на формирование урожайности яровой пшеницы, т/га

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Прием внесения гербицидов (фактор В)	Год исследования		Среднее	Отклонение	
		2022	2023		т/га	%
Отвальная вспашка (глубина 20–22 см, контроль)	Без обработки (контроль)	2,53	2,98	2,76	–	–
	Вода	2,75	3,19	2,97	0,22	8
	Сплошное применение гербицида	2,75	3,43	3,09	0,34	12
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	3,81	3,26	3,54	0,78	28
Отвальная вспашка оборотным плугом (глубина 20–22 см)	Без обработки (контроль)	2,22	3,07	2,65	–	–
	Вода	2,33	3,31	2,82	0,18	7
	Сплошное применение гербицида	3,20	3,39	3,30	0,65	25
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	3,45	3,56	3,51	0,86	33
Дискование (глубина 10–12 см)	Без обработки (контроль)	2,23	1,44	1,84	–	–
	Вода	2,98	1,82	2,40	0,57	31
	Сплошное применение гербицида	3,01	2,06	2,54	0,70	38
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	3,00	2,22	2,61	0,78	42
Разноглубинная отвальная вспашка с использованием ГИС-технологий (глубина 14–24 см)	Без обработки (контроль)	2,19	3,37	2,78	–	–
	Вода	2,69	3,36	3,03	0,25	9
	Сплошное применение гербицида	3,03	3,48	3,26	0,48	17
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	3,65	3,64	3,65	0,87	31
Среднее		2,86	2,97	2,92		
НСР ₀₅						
Главных эффектов	Фактора А	$F_{\phi} < F_{05}$	0,50	$F_{\phi} < F_{05}$		
	Фактора В и взаимодействия АВ	0,49	0,15	0,34		

Table 2
Effect of basic tillage of soil and herbicide application using GIS technologies on formation of spring wheat yield, t/ha

Method basic tillage of soil (factor A)	Method herbicide application (factor B)	Year study		Mean	Variation	
		2022	2023		t/ha	%
Moldboard plowing (depth 20–22 cm, control)	Without application (control)	2.53	2.98	2.76	–	–
	Water	2.75	3.19	2.97	0.22	8
	Continuous application of herbicide	2.75	3.43	3.09	0.34	12
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	3.81	3.26	3.54	0.78	28
Moldboard plowing with a reversible plough (depth 20–22 cm)	Without application (control)	2.22	3.07	2.65	–	–
	Water	2.33	3.31	2.82	0.18	7
	Continuous application of herbicide	3.20	3.39	3.30	0.65	25
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	3.45	3.56	3.51	0.86	33
Disking (depth 10–12 cm)	Without application (control)	2.23	1.44	1.84	–	–
	Water	2.98	1.82	2.40	0.57	31
	Continuous application of herbicide	3.01	2.06	2.54	0.70	38
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	3.00	2.22	2.61	0.78	42
Variable depth tillage (VDT) using GIS technologies (depth 14–24 cm)	Without application (control)	2.19	3.37	2.78	–	–
	Water	2.69	3.36	3.03	0.25	9
	Continuous application of herbicide	3.03	3.48	3.26	0.48	17
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	3.65	3.64	3.65	0.87	31
Mean		2.86	2.97	2.92		
LSD ₀₅						
Main effects	Factor A	$F_f < F_{05}$	0.50	$F_f < F_{05}$		
	Factor B and interaction AB	0.49	0.15	0.34		

Количество зерна в колосе в 2022 году варьировало от 24 до 30 шт., в 2023 году – от 22 до 30 шт. Дисперсионный анализ данных за 2023 год показал, что дискование приводит к снижению зерен в соцветии яровой пшеницы Каменка на 3 шт. по сравнению с контролем (отвальная вспашка на глубину 20–22 см), $HCP_{05} = 2,0$ шт. (таблица 4).

Использование приема дифференцированного внесения гербицида на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий в 2023 году показало увеличение количества числа зерен в соцветии по сравнению с контролем (без внесения гербицида) на 1,56 шт.

Статистически подтверждено, что дискование почвы на глубину 10–12 см оказало влияние на массу зерна колоса яровой пшеницы в 2023 году: она уменьшилась на 0,2 г по сравнению с контролем, где масса соцветия было на уровне 1,2 г.

Масса 1000 зерен в 2022 году была ниже на 12 % по сравнению с 2023 годом. Это связано с тем, что июль первого года исследований был более сухим, разница со среднегодовым значением по выпавшим осадкам – 90 %, ГТК в этом месяце составил 0,1. Сравнивая года по сумме выпавших осадков, можно прийти к выводу, что в 2023 году их выпало более чем в 6 раз больше, чем в 2022 (51 и 8 мм соответственно). При длительных высоких температурах фотосинтез растения замедляется, а с дальнейшим

повышением температуры полностью прекращается, также увеличивается скорость респирации, что изнуряет растение. Сочетание высоких температур (в июле 2022 года сумма температур превышала среднегодовые) и отсутствия осадков в период налива зерна приводит его к «запалу», в этом случае налив прекращается, зерно получается более щуплым, морщинистым, невыполненным (мелким).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Эффективность приема основной обработки почвы зависит от погодных условий в вегетационный год произрастания яровой пшеницы сорта Каменка. В годы исследований наблюдалось разнонаправленное изменение ГТК: так, в 2022 году изменение коэффициента было направленно на снижение от 2,1 в мае до 0,2 в августе, однако в 2023 году было отмечено другое направление изменения ГТК от 0,39 в мае до 1,01 в августе. В среднем за два года исследований урожайность зерна яровой пшеницы существенно варьировала от 1,84 до 3,65 т/га. Минимальное значения урожайности было получено на варианте дискование (10–12 см) без применения гербицида, что подтверждается структурой урожайности. На данном варианте исследований масса 1000 зерен составила 38,58 г – это самое низкое значение из всех вариантов.

Таблица 3

Всходы яровой пшеницы Каменка в годы исследований (2022, 2023 годы), шт/м²

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Прием внесение гербицидов (фактор В)	Год исследования	
		2022	2023
Отвальная вспашка (глубина 20–22 см, контроль)	Без обработки (контроль)	444	384
	Вода	464	373
	Сплошное применение гербицида	431	429
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	419	416
Среднее А ₁ В		440	401
Отвальная вспашка оборотным плугом (глубина 20–22 см)	Без обработки (контроль)	493	382
	Вода	511	407
	Сплошное применение гербицида	445	433
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	497	462
Среднее А ₂ В		487	421
Дискование (глубина 10–12 см)	Без обработки (контроль)	396	273
	Вода	375	214
	Сплошное применение гербицида	431	287
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	438	201
Среднее А ₃ В		410	244
Разноглубинная отвальная вспашка с использованием ГИС-технологий (глубина 14–24 см)	Без обработки (контроль)	460	410
	Вода	447	381
	Сплошное применение гербицида	450	448
	Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий	458	398
Среднее А ₄ В		454	409
Среднее за год		447	369
HCP ₀₅			
Главных эффектов	Фактора А	28	100
	Фактора В и взаимодействия АВ	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Table 3

Shoots of spring wheat Kamenka during the years of research (2022, 2023), pcs/m²

Method basic tillage of soil (factor A)	Method herbicide application (factor B)	Year study	
		2022	2023
Moldboard plowing (depth 20–22 cm, control)	Without application (control)	444	384
	Water	464	373
	Continuous application of herbicide	431	429
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	419	416
Mean A ₁ B		440	401
Moldboard plowing with a reversible plough (depth 20–22 cm)	Without application (control)	493	382
	Water	511	407
	Continuous application of herbicide	445	433
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	497	462
Mean A ₂ B		487	421
Disking (depth 10–12 cm)	Without application (control)	396	273
	Water	375	214
	Continuous application of herbicide	431	287
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	438	201
Mean A ₃ B		410	244
Variable depth tillage (VDT) using GIS technologies (depth 14–24 cm)	Without application (control)	460	410
	Water	447	381
	Continuous application of herbicide	450	448
	Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies	458	398
Mean A ₄ B		454	409
Mean for year		447	369
LSD ₀₅			
Main effects	Factor A	28	100
	Factor B and interaction AB	$F_f < F_{05}$	$F_f < F_{05}$

Таблица 4

Влияние приемов основной обработки почвы и внесения гербицидов с использованием ГИС-технологий на показатели продуктивности соцветия яровой пшеницы

Прием основной обработки почвы (фактор А)	Количество зерна в соцветии, шт.		Масса зерна в одном соцветии, г		Масса 1000 зерен, г	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Без обработки (контроль); В₁						
Отвальная вспашка (глубина 20–22 см, контроль)	27	27	1,02	1,14	37,5	41,97
Отвальная вспашка оборотным плугом (глубина 20–22 см)	28	27	1,04	1,16	37,18	42,48
Дискование (глубина 10–12 см)	26	25	0,94	1,01	36,85	40,3
Разноглубинная отвальная вспашка с использованием ГИС-технологий (глубина 14–24 см)	25	25	0,89	1,08	36,04	42,8
Вода; В₂						
Отвальная вспашка (глубина 20–22 см, контроль)	30	28	1,15	1,24	37,65	43,72
Отвальная вспашка оборотным плугом (глубина 20–22 см)	27	28	0,98	1,21	36,14	43,76
Дискование (глубина 10–12 см)	28	22	1,07	0,87	38,22	39,01
Разноглубинная отвальная вспашка с использованием ГИС-технологий (глубина 14–24 см)	24	25	0,85	1,09	35,16	42,36

Агротехнологии

Сплошное применение гербицида; B ₃							
Отвальная вспашка (глубина 20–22 см, контроль)		26	27	1,03	1,18	39,07	43,55
Отвальная вспашка оборотным плугом (глубина 20–22 см)		27	28	1,02	1,17	38,41	42,38
Дискование (глубина 10–12 см)		29	25	1,11	1	38,17	40,22
Разноглубинная отвальная вспашка с использованием ГИС-технологий (глубина 14–24 см)		27	25	1,01	0,99	37,38	40,83
Дифференцированное опрыскивание гербицидом на основе ЭПВ с использованием ГИС-технологий; B ₄							
Отвальная вспашка (глубина 20–22 см, контроль)		28	29	1,11	1,23	39,82	42,81
Отвальная вспашка оборотным плугом (глубина 20–22 см)		26	30	0,96	1,25	36,55	41,48
Дискование (глубина 10–12 см)		24	27	0,92	1,1	39,19	41,42
Разноглубинная отвальная вспашка с использованием ГИС-технологий (глубина 14–24 см)		25	26	0,97	1,04	38,44	41,78
НСР ₀₅	фактора А	$F_{\phi} < F_{05}$	2,0	$F_{\phi} < F_{05}$	0,13	$F_{\phi} < F_{05}$	1,50
	фактора В и взаимодействия АВ	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
	частных различий I порядка	14	5	0,67	0,25	5,76	3,00
	частных различий II порядка	6	5	0,28	0,23	4,90	2,13

Table 4
The influence of basic soil tillage techniques and herbicide application using GIS technologies on spring wheat inflorescence productivity indicators

Method basic tillage of soil (factor A)	Quantity of grain in inflorescence, pcs		Grain weight in one inflorescence, g		Weight of 1000 grains, g	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Without application (control); B ₁						
Moldboard plowing (depth 20–22 cm, control)	27	27	1.02	1.14	37.5	41.97
Moldboard plowing with a reversible plough (depth 20–22 cm)	28	27	1.04	1.16	37.18	42.48
Disking (depth 10–12 cm)	26	25	0.94	1.01	36.85	40.3
Variable depth tillage (VDT) using GIS technologies (depth 14–24 cm)	25	25	0.89	1.08	36.04	42.8
Water; B ₂						
Moldboard plowing (depth 20–22 cm, control)	30	28	1.15	1.24	37.65	43.72
Moldboard plowing with a reversible plough (depth 20–22 cm)	27	28	0.98	1.21	36.14	43.76
Disking (depth 10–12 cm)	28	22	1.07	0.87	38.22	39.01
Variable depth tillage (VDT) using GIS technologies (depth 14–24 cm)	24	25	0.85	1.09	35.16	42.36
Continuous application of herbicide; B ₃						
Moldboard plowing (depth 20–22 cm, control)	26	27	1.03	1.18	39.07	43.55
Moldboard plowing with a reversible plough (depth 20–22 cm)	27	28	1.02	1.17	38.41	42.38
Disking (depth 10–12 cm)	29	25	1.11	1	38.17	40.22
Variable depth tillage (VDT) using GIS technologies (depth 14–24 cm)	27	25	1.01	0.99	37.38	40.83
Differentiated application with an EPV herbicide using GIS technologies; B ₄						
Moldboard plowing (depth 20–22 cm, control)	28	29	1.11	1.23	39.82	42.81

Moldboard plowing with a reversible plough (depth 20–22 cm)		26	30	0.96	1.25	36.55	41.48
Disking (depth 10–12 cm)		24	27	0.92	1.1	39.19	41.42
Variable depth tillage (VDT) using GIS technologies (depth 14–24 cm)		25	26	0.97	1.04	38.44	41.78
LSD ₀₅	main effect factor A	$F_f < F_{05}$	2.0	$F_f < F_{05}$	0.13	$F_f < F_{05}$	1.50
	main effect factor B and interaction AB	$F_f < F_{05}$	$F_f < F_{05}$	$F_f < F_{05}$	$F_f < F_{05}$	$F_f < F_{05}$	$F_f < F_{05}$
	partial differences of I order	14	5	0.67	0.25	5.76	3.00
	partial differences of II order	6	5	0.28	0.23	4.9	2.13

Стабильность урожайности (2022 – 3,65 т/га, 2023 – 3,64 т/га) яровой пшеницы на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при существенно разных погодных условиях выявлена при использовании нового приема основной разноглубинной отвальной вспашки (глубина 14–24 см) и дифференцированного внесения гербицида с использованием ГИС-технологий, прибавка к контрольному варианту (вспашка плугом и отсутствие внесения гербицида) составила 0,89 т/га.

Статистически подтверждено влияние приема основной обработки почвы на густоту всходов яро-

вой пшеницы. Наибольшее количество всходов за два года исследований наблюдалось при вспашке оборотным плугом (454 шт/м²), что, возможно, связано с оптимальными агрофизическими показателями почвы. Наименьшее значение (327 шт/м) наблюдалось на варианте с минимальной обработкой почвы (дискование на глубину 10–12 см).

Минимизация основной обработки почвы за счет замены традиционной отвальной обработки почвы на дискование снижает урожайность зерна, наблюдается тенденция уменьшения продуктивности посевов на 0,74 т/га.

Библиографический список

1. Белан И. А., Федоренко Е. Н., Россеева Л. П., Мухордова М. Е., Игнатъева Е. Ю. Перспективный сорт пшеницы мягкой яровой Семеновна – результат международного сотрудничества // *Аграрная наука Северо-Востока*. 2023. Т. 24, № 1. С. 46–57. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.46-57.
2. Reynolds M. P., Braun H. J. *Wheat improvement: food security in a changing climate*. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2022. 629 p. DOI: 10.1007/978-3-030-90673-3.
3. Rehman H., Tariq A., Ashraf I., Ahmed M., Muscolo A., Basra S. M. A., Reynolds M. Evaluation of physiological and morphological traits for improving spring wheat adaptation to terminal heat stress // *Plants*. 2021. Vol. 10, No. 3. Article number 455. DOI: 10.3390/plants10030455.
4. Yanagi M. Climate change impacts on wheat production: reviewing challenges and adaptation strategies // *Advances in Resources Research*. 2024. Vol. 4, No. 1. Pp. 89–107. DOI: 10.50908/arr.4.1_89.
5. Ленточкин А. М. Реализация потенциала продуктивности и качества зерна сортами яровой пшеницы разных групп спелости // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2023. № 3 (41). С. 134–143. DOI: 10.31677/2311-0651-2023-41-3-134-143.
6. Борисов Б. Б., Исламова Ч. М., Корепанова Е. В., Фатыхов И. Ш. Оценка продуктивности и экологической адаптивности сортов яровой пшеницы в условиях Среднего Предуралья // *АгроЭкоИнфо*. 2023. № 6 (60). DOI: 10.51419/202136614.
7. Елисеев С. Л., Калабина Т. С., Мурыгин В. П. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в условиях органического земледелия среднего Предуралья // *Сортовую агротехнику полевых культур – в производство: материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Пермь, 2020. С. 36–40.
8. Черкашин А. Г., Фалалеева Л. В., Зубарев Ю. Н. Влияние приема предпосевной обработки почвы на урожайность яровых зерновых культур и ее структуру в среднем Предуралье // *Пермский аграрный вестник*. 2018. № 2 (22). С. 106–112.
9. Зубарев Ю. Н., Чижа Л. Н. Эволюция обработки почвы в Среднем Предуралье // *Технологии земледелия и защиты растений: интеллектуальные, инновационные и цифровые ресурсы – 2022: материалы III Всероссийской научно-практической конференции*. Пермь, 2023. С. 87–90.
10. Ленточкин А. М. Рекомендации по технологии выращивания яровой пшеницы на продовольственные цели: рекомендации. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. 70 с.
11. Naeem M., Minhas W. A., Hussain S., Ul-Allah S., Farooq M., Farooq S., Hussain M. Barley-based cropping systems and weed control strategies influence weed infestation, soil properties and barley productivity // *Agriculture*. 2022. Vol. 12, No. 4. Article number 487. DOI: 10.3390/agriculture12040487.

12. Kristo I., Valyi-Nagy M., Racz A., Tar M., Irmes K., Szentpeteri L., Ujj A. Effects of weed control treatments on weed composition and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter pea (*Pisum sativum* L.) intercrops // *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 10. Article number 2590. DOI: 10.3390/agronomy12102590.
13. Fomin D. S., Fomin Dm. S. Differentiated herbicides application on winter wheat crops using offline instructions map // *AGROSYM 2021: Book of proceedings*. Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 2021. Pp. 694–701.
14. Марченко Л. А., Мочкова Т. В., Курбанов Р. К. Использование оптических систем Green Seeker RT 200 при дифференцированном внесении гербицидов // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. № 3. С. 50–54.
15. Фомин Д. С., Зубарев Ю. Н., Фомин Дм. С. Применение элементов точного земледелия при защите посевов яровой пшеницы в среднем Предуралье // *Агрофизика*. 2023. № 4. С. 18–24. DOI: 10.25695/AGRPH.2023.04.03.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): методические рекомендации. Москва: Альянс, 2011. 350 с.
17. Макарова В. М. Структура урожайности зерновых культур и ее регулирование: методические рекомендации. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия, 1995. 144 с.
18. Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата: труды по сельскохозяйственной метеорологии. Ленинград: Гидропромиздат, 1928. 177 с.
19. Полякова С. С., Елисеев С. Л., Яркова Н. Н., Фомин Д. С. Влияние приёмов возделывания на фитосанитарное состояние посевов ярового ячменя // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции*. Йошкар-Ола, 2024. С. 3–7.

Об авторах

Дмитрий Станиславович Фомин, научный сотрудник, Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия; аспирант, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия; ORCID 0000-0003-0718-7632, AuthorID 1070705. *E-mail: prm.fomin.d@gmail.com*

Денис Станиславович Фомин, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прецизионных технологий в сельском хозяйстве, старший научный сотрудник, Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия; ORCID 0000-0001-8261-7191, AuthorID 695406. *E-mail: akvilonag@mail.ru*

Юрий Николаевич Зубарев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия; ORCID 0000-0002-6049-32-44, AuthorID 522714. *E-mail: yn-zubarev@mail.ru*

References

1. Belan I. A., Fedorenko E. N., Rosseyeva L. P., Mukhordova M. E., Ignatyeva E. Yu. The perspective soft spring wheat variety Semenovna is the result of international cooperation. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (1): 46–57. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.46-57. (In Russ.)
2. Reynolds M. P., Braun H. J. *Wheat improvement: food security in a changing climate*. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2022. 629 p. DOI: 10.1007/978-3-030-90673-3.
3. Rehman H., Tariq A., Ashraf I., Ahmed M., Muscolo A., Basra S. M. A., Reynolds M. Evaluation of physiological and morphological traits for improving spring wheat adaptation to terminal heat stress. *Plants*. 2021; 10 (3): 455. DOI: 10.3390/plants10030455.
4. Yanagi M. Climate change impacts on wheat production: reviewing challenges and adaptation strategies. *Advances in Resources Research*. 2024; 4 (1): 89–107. DOI: 10.50908/arr.4.1_89.
5. Lentochkin A. M. Realisation of productivity potential and grain quality by varieties of spring wheat of different maturity groups. *Innovations and Food Safety*. 2023; (3): 134–143. DOI: 10.31677/2311-0651-2023-41-3-134-143. (In Russ.)
6. Borisov B. B., Islamova Ch. M., Korepanova E. V., Fatykhov I. Sh. Grade productivity and environmental adaptability of spring wheat varieties under conditions Middle Urals. *AgroEkoInfo*. 2023; 6 (60). DOI: 10.51419/202136614. (In Russ.)
7. Eliseev S. L., Kalabina T. S., Murygin V. P. Phytosanitary condition of spring wheat crops in the conditions of organic farming in the Middle Urals. *Varietal agrotechnics of field crops – into production: materials of the All-Russian Scientific and practical conference*. Perm, 2020. Pp. 36–40. (In Russ.)
8. Cherkashin A. G., Falaleeva L. V., Zubarev Yu. N. Influence of the method of pre-sowing tillage on the yield capacity of spring cereal crops and its structure in the Middle Ural. *Perm Agrarian Journal*. 2018; 2 (22): 106–112. (In Russ.)

9. Zubarev Yu. N., Chizha L. N. The evolution of tillage in the Middle Urals. *Technologies of agriculture and plant protection: intellectual, innovative and digital resources – 2022: materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference*. Perm, 2023. Pp. 87–90. (In Russ.)
10. Lentochnik A. M. *Recommendations on the technology of growing spring wheat for food purposes: recommendations*. Izhevsk: Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2002. 70 p. (In Russ.)
11. Naeem M., Minhas W. A., Hussain S., Ul-Allah S., Farooq M., Farooq S., Hussain M. Barley-based cropping systems and weed control strategies influence weed infestation, soil properties and barley productivity. *Agriculture*. 2022; 12 (4): 487. DOI: 10.3390/agriculture1204048.
12. Kristo I., Valyi-Nagy M., Racz A., Tar M., Irmes K., Szentpeteri L., Ujj A. Effects of weed control treatments on weed composition and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter pea (*Pisum sativum* L.) intercrops *Agronomy*. 2022; 12 (10): 2590. DOI: 10.3390/agronomy12102590.
13. Fomin D.S., Fomin Dm. S. Differentiated herbicides application on winter wheat crops using offline instructions map. *AGROSYM 2021: Book of proceedings*. Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 2021. Pp. 694–701.
14. Marchenko L. A., Mochkova T. V., Kurbanov R. K. The use of optical systems Greenseeker RT 200 with differentiated distribution of herbicides. *Vestnik VIESKH*. 2018; 4: 18–24. (In Russ.)
15. Fomin D. S., Zubarev Yu. N., Fomin Dm. S. Application of precision farming elements in the protection of spring wheat crops in the Middle Urals. *Agrophysica*. 2023; 4: 18–24. DOI: 10.25695/AGRPH.2023.04.03. (In Russ.)
16. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russ.)
17. Makarova V. M. *The structure of grain yield and its regulation: methodological recommendations*. Perm: Permskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 1955. 144 p. (In Russ.)
18. Selyaninov G. T. *On agricultural climate assessment: proceedings on agricultural meteorology*. Leningrad: Gidropromizdat, 1928. 177 p. (In Russ.)
19. Polyakova S. S., Eliseev S. L., Yarkova N. N., Fomin D.S. The influence of cultivation techniques on the phytosanitary condition of spring barley crops. *Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: materials of the international scientific and practical conference*. Yoshkar-Ola, 2024. Pp. 3–7. (In Russ.)

Authors' information:

Dmitriy S. Fomin, researcher, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia; postgraduate, Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov; ORCID 0000-0003-0718-7632, AuthorID 1070705. *E-mail: prm.fomin.d@gmail.com*

Denis S. Fomin, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of precision technologies in agriculture, senior researcher, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia; ORCID 0000-0001-8261-7191, AuthorID 695406. *E-mail: akvilonag@mail.ru*

Yuriy N. Zubarev, doctor of agricultural sciences, professor, Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia; ORCID 0000-0002-6049-32-44, AuthorID 522714. *E-mail: yn-zubarev@mail.ru*

Оценка микробно-растительных взаимодействий в биосистеме *Oriza sativa* L. (риса посевного)

А. И. Якубовская^{1✉}, Я. В. Пухальский², Н. И. Воробьев³, И. А. Каменева¹,
М. В. Гритчин¹, А. Ю. Еговцева¹

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

² Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

³ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

✉ E-mail: yakubovskaya_ally@mail.ru

Аннотация. Одним из факторов эффективного функционирования растительно-микробной биосистемы является биоконсолидация микроорганизмов вокруг общей стратегии взаимодействия с растениями, при которой устанавливаются особые фрактальные соотношения численностей микроорганизмов ризосферы. **Цель** исследования – анализ зависимости уровня биоконсолидации почвенных микроорганизмов в периоды кущения, цветения и созревания риса (*Oriza sativa* L.) от интродукции ассоциативных с растением штаммов бактерий. При этом считается, что вычисленный нейросетью NONN уровень биоконсолидации почвенных микроорганизмов является мерой сравнения вариантов опыта и выбора варианта, в котором инокулянт инициировал наибольшую интенсивность масс-накопительных микробиологических, биохимических процессов в ризосфере риса во все фазы онтогенеза растений. Объектом исследований являлись численные показатели основных эколого-трофических групп микроорганизмов ризосферы, каталазы, коэффициенты, характеризующие направленность минерализационных процессов азота, урожай зерна риса. Закладка опытов, отбор почвенных проб ризосферы, микробиологический и биохимический анализы, учет урожая осуществляли общепринятыми **методами**. Индекс CSI, который в наших исследованиях характеризует биоконсолидацию микроорганизмов в ризосфере, рассчитывали с использованием нейросети NONN по алгоритму, включающему 8 этапов преобразования данных. **Результаты.** Установлено, что из исследуемых инокулянтов *Agrobacterium tumefaciens* стимулирует биоконсолидацию почвенной микрофлоры в ризосфере, интенсифицирует масс-накопительные процессы в растении и повышает урожай культуры. Нейросетью NONN предложена смесь штаммов *Agrobacterium tumefaciens* 32-3 и *Flavobacterium* sp. 72, которая способна усилить эффект предпосевной бактериализации семян путем повышения урожая растений риса. **Научная новизна.** Впервые с помощью новейшей нейросетевой информационной технологии извлечена информация о биоконсолидации почвенных микроорганизмов под действием инокулянта, что позволило определить бактерии для предпосевной обработки семян риса, обеспечивающие эффективность микробно-растительного взаимодействия (прибавку урожайности).

Ключевые слова: фрактальный профиль и индекс биоконсолидации почвенных микроорганизмов, микробиологические препараты, вычислительная нейронная сеть

Благодарности. Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации FNZW-2022-0005 «Функциональные особенности растительно-микробного взаимодействия в управлении стрессоустойчивостью, продуктивностью агрофитоценозов и реализации потенциала микробных препаратов нового поколения».

Для цитирования: Якубовская А. И., Пухальский Я. В., Воробьев Н. И., Каменева И. А., Гритчин М. В., Еговцева А. Ю. Оценка микробно-растительных взаимодействий в биосистеме *Oriza sativa* L. (риса посевного) // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 564–575. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-564-575>.

Дата поступления статьи: 27.09.2024, **дата рецензирования:** 02.12.2024, **дата принятия:** 14.02.2025.

Assessment of microbial-plant interactions in the *Oriza sativa* L. biosystem (seeded rice)

A. I. Yakubovskaya¹✉, Ya. V. Pukhalskiy², N. I. Vorobyev³, I. A. Kameneva¹,
M. V. Gritchik¹, A. Yu. Egovtseva¹

¹Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia

²Pushkin Leningrad State University, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

³All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

✉E-mail: yakubovskaya_ally@mail.ru

Abstract. One of the factors of effective functioning of plant-microbial biosystem is bioconsolidation of microorganisms around the general strategy of interaction with plants, in which special fractal ratios of numbers of rhizosphere microorganisms are established. **The purpose** of the study is to analyze the dependence of the level of bioconsolidation of soil microorganisms during the periods of tillering, flowering and ripening of rice plants on the introduction of associative strains. The level of bioconsolidation of soil microorganisms calculated by the NONN neural network is a measure of comparison of experimental variants and selection of the variant in which the microbiological preparation initiated the highest intensity of mass accumulative biochemical processes in rice plants in all phases of plant ontogenesis. The quantitative indicators of the main ecological-trophic groups of rhizosphere microorganisms, catalase, coefficients characterizing the direction of nitrogen mineralization processes, and rice grain yield were the object of research. The experiments were set up, soil samples were collected from the rhizosphere, microbiological and biochemical analyses were performed, and the yield was recorded using conventional **methods**. The CSI index, which characterizes the bioconsolidation of microorganisms in the rhizosphere in our studies, was calculated using the NONN neural network using an algorithm that includes 8 stages of data transformation. **Results.** It was found that *Agrobacterium tumefaciens*, from the studied inoculants, stimulates bioconsolidation of soil microflora in the rhizosphere, intensifies mass accumulative processes in plants and increases crop yield. The NONN neural network has proposed a mixture of *Agrobacterium tumefaciens* 32-3 and *Flavobacterium* sp. 72 strains, which can increase the effect of pre-sowing bacterization of seeds by increasing the yield of rice plants. **Scientific novelty.** For the first time, information on the bio-consolidation of soil microorganisms under the action of an inoculant has been extracted using the latest neural network information technology, which made it possible to identify bacteria for the pre-sowing treatment of rice seeds that ensure the effectiveness of microbial-plant interaction (increased yield).

Keywords: fractal profile and bioconsolidation index of soil microorganisms, microbiological preparations, computational neural network

Acknowledgements. The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation FNZW-2022-0005 “Functional features of plant-microbial interaction in managing stress resistance, productivity of agrophytocenoses and realizing the potential of new generation microbial preparations.”

For citation: Yakubovskaya A. I., Pukhalskiy Ya. V., Vorobyev N. I., Kameneva I. A., Gritchik M. V., Egovtseva A. Yu. Assessment of microbial-plant interactions in the *Oriza sativa* L. biosystem (seeded rice). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 564–575. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-564-575>. (In Russ.)

Date of paper submission: 27.09.2024, **date of review:** 02.12.2024, **date of acceptance:** 14.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Для микроорганизмов почва является естественной средой обитания и местом их прогрессивной преобразовательной деятельности. В период вегетации растений почвенные микроорганизмы включаются во взаимодействие с растениями и стимулируют их рост, а в межвегетационный период трансформируют растительные остатки в гумусовые и питательные вещества, поддерживая плодородие почв и высокую продуктивность сельскохозяйственных растений [1–3].

Поддержание плодородия почв возможно при использовании микробных препаратов, биоагенты которых являются чувствительными индикаторами землепользования. Интродуцируемые бактерии взаимодействуют как с высшими растениями, так и с аборигенной микробиотой почвы, что приводит к установлению взаимозависимых отношений (сим-

биозависимых отношений) с растениями, что приводит к увеличению продуктивности сельскохозяйственных растений [1–3].

биозу), которые и определяют эффективность растительно-микробного взаимодействия, количественное и качественное разнообразие биоты, ее активность в ризосфере, что влияет на доступность и обеспеченность растений элементами питания и формирование потенциально возможных урожаев [4–10].

Особый интерес представляют почвы рисовых полей, так как рисовый агроценоз формируется в условиях периодического затопления, что усложняет физические и биохимические процессы в почве и отличает их от багорных агроценозов или почв постоянно увлажненных (болот, например). Специфичный водно-воздушный и окислительно-восстановительный режимы почв рисовников оказывают влияние на интенсивность (лабильность) миграции по профилю химических соединений, элементов, скорость протекания микробиологических и биохимических процессов [11].

В результате многолетних исследований получен массив данных по микробиологическому анализу почвы и влиянию интродукции ассоциативных штаммов на растения, продуктивность [12].

В настоящее время, учитывая мировую значимость системы органического земледелия, экологичным и экономичным элементом технологии выращивания риса является интродукция в ризосферу полифункциональных бактерий с высокой степенью ассоциативности. Такой агроприем позволит стимулировать создание и функционирование растительно-микробных биосистем, которые способствуют повышению иммунного статуса растений, и равновесное прохождение всех фаз развития культуры, повышая обеспеченность микро- и макроэлементами, способствуя повышению качества продукции.

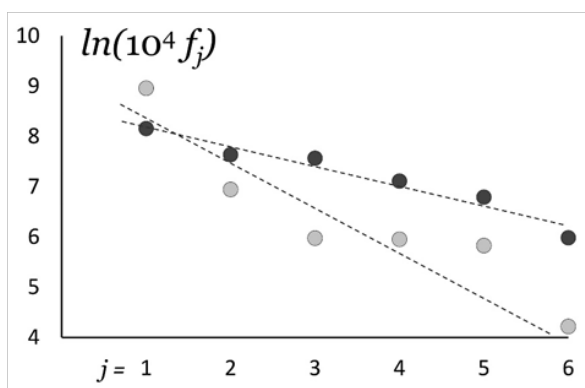


Рис. 1. Логарифмические фрактальные профили микроорганизмов, демонстрирующие различные отклонения их от идеальных профилей (пунктирных линий). f_j, j – частота встречаемости и порядковый номер позиции микроорганизмов во фрактальном профиле

Fig. 1. Logarithmic fractal profiles of microorganisms, demonstrating their various deviations from ideal profiles (dotted lines). f_j, j – the frequency of occurrence and the ordinal number of the position of microorganisms in the fractal profile

В биосистемах происходит биоконсолидация микроорганизмов вокруг общей стратегии взаимодействия с растениями, устанавливаются особые фрактальные соотношения численностей микроорганизмов [13; 14]. Фрактальность микробных взаимодействий можно характеризовать фрактальным профилем микроорганизмов, в котором численности микроорганизмов образуют убывающий числовой ряд (рис. 1).

Среди возможных форм фрактальных профилей почвенных микроорганизмов выделяется форма «идеальный профиль», соответствующая геометрическому цифровому ряду (например, ряду: 0,1, 0,01, 0,001, ...). Фрактальные профили микроорганизмов можно составить из численностей аммонификаторов, амилोलитиков, diaзотрофов, фосфатмобилизаторов, микромицетов и целлюлозолитиков, которые можно определить методом посева почвенной суспензии на селективные среды [15; 16], или из численностей таксономических групп почвенных микроорганизмов, которые можно определить молекулярно-генетическим методом [17; 18]. Оба метода дают объективное представление о фрактальности биосистемы микроорганизмов, а также об отклонении фактического профиля от идеального и об уровне биоконсолидации микроорганизмов. Фрактальные профили, полученные двумя методами, отличаются разрешением: молекулярно-генетический метод предоставляет сотню тысяч таксонов, метод селективных сред предоставляет десяток физиологических групп микроорганизмов. Несмотря на это, профили позволяют извлечь из них информацию о фрактальности микробной биосистемы и об уровне биоконсолидации микроорганизмов.

Мы выбрали идеальный профиль в качестве опорного базиса, относительно которого рассчитывается величина отклонения фактического фрактального профиля микроорганизмов. Кроме этого, мы предположили, что снижение уровня биоконсолидации микроорганизмов является количественным индикатором снижения организованности биосистемы микроорганизмов или свидетельствует об отрицательном воздействии внешних биотических и абиотических факторов на организацию микробно-растительной биосистемы.

В качестве цифрового индикатора уровня биоконсолидации микроорганизмов нами был выбран безразмерный индекс биоконсолидации микроорганизмов $CSI = 0 \dots 10$, подобный индексу когнитивной значимости цифровых данных (Cognitive Salience Index) [19; 20]. Чтобы вычислить индекс CSI, нами было решено использовать вычислительную нейросеть NONN, которая преобразует в индекс данные фрактального профиля почвенных микроорганизмов (рис. 2) [21–23]. При этом предполагалось, что в алгоритм нейросети NONN будут включены вычислительные процедуры регрессионного, корре-

ляционного, кластерного и дискриминантного статистических анализов. Дополнительно в нейросеть NONN будет включен сервис настройки-обучения нейросети Learning, который обеспечивает открытый доступ к программному коду нейросети. Циклический сервис Learning позволяет менять алгоритм вычислений нейросети, что необходимо при поиске корректного вычисления индекса CSI [24–27].

Целью данного исследования являлся анализ зависимости уровня биоконсолидации почвенных микроорганизмов в периоды кущения, цветения и созревания растений риса от предпосевной обработки семян риса микробиологическими препаратами. При этом считается, что вычисленный нейросетью NONN уровень биоконсолидации почвенных микроорганизмов будет мерой сравнения вариантов опыта и выбора варианта, в котором микробиологический препарат инициировал наибольшую интенсивность масс-накопительных биохимических процессов в растениях риса на всех этапах онтогенеза растений.

Методология и методы исследования (Methods)

Для исследования зависимости урожайности растений риса *Oriza sativa* L. от уровня биоконсолидации ризосферной почвенной микрофлоры и влияния предпосевной обработки семян риса микробиологическими препаратами на продуктивность растений были проведены в 2012, 2013 годах модельно-полевые опыты на базе ООО «Осавиахим» (Красноперекопский район, Крым).

Лугово-каштановая почва рисовников Красноперекопского района обладает высокой водоудерживающей способностью. Содержание гумуса в верхнем слое почвы составляет 2,0–2,2 %, с глубиной этот показатель уменьшается. Мощность гумусового горизонта – 20–25 см. Сильно- и среднесолонцеватые почвы: на глубине 2 м залегают гипс и малорастворимые соли, на 3–5 м от поверхности залегают грунтовые воды.

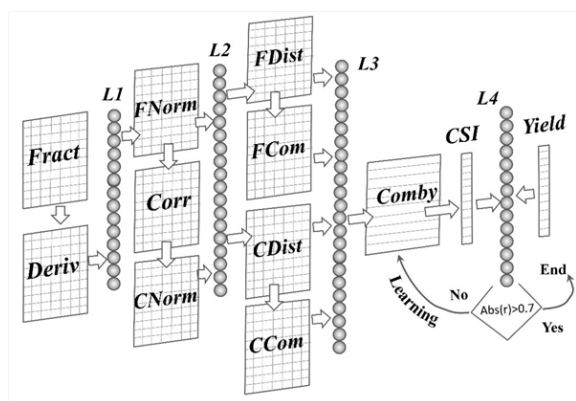


Рис. 2. Нейросеть NONN, вычисляющая индексы биоконсолидации CSI путем математического преобразования фрактальных профилей физиологических групп микроорганизмов

Fig. 2. NONN neural network, calculating the indices of bio-consolidation of CSI by mathematical transformation of fractal profiles of physiological groups of microorganisms

В рамках традиционной для региона технологии возделывания риса были проведены эксперименты с бактеризацией семян ассоциативными с растением штаммами бактерий из Крымской коллекции микроорганизмов (<http://ckp-rf.ru/usu/507484/>): *Agrobacterium tumefaciens* 32, *Phyllobacterium ifriqiense* 6, *Flavobacterium sp.* 72 и микробиологическим препаратом «Азостим-Агро», применяемым для предпосевной инокуляции семян с целью улучшения азотного питания, стимуляции роста, повышения устойчивости растений к стресс-факторам, прибавке урожайности (10–30 %), улучшению качества полученной продукции и ее конкурентоспособности. Биоагентом «Азостим-Агро» является штамм бактерий *Agrobacterium radiobacter*. Предпосевная бактеризация семян осуществлялась из расчета 550 тыс. клеток на семя. Она была приготовлена так, как описано в работах [12; 28]. Штаммы с высокой степенью ассоциативности к растениям риса (*Agrobacterium tumefaciens* 32, *Phyllobacterium ifriqiense* 6, *Flavobacterium sp.* 72) депонированы в Сетевой биоресурсной коллекции в области генетических технологий для сельского хозяйства как хозяйственно ценные; на 2 из них (*Phyllobacterium ifriqiense* 6, *Flavobacterium sp.* 72) получены патенты. Контрольные семена обрабатывали водой. Планирование эксперимента и учет проводили по Доспехову [29]. Площадь каждого варианта составляла 0,25 га.

Схема опыта предполагала следующие варианты:

1. Контрольный вариант без обработки семян микробиологическим препаратом.
2. Обработка семян «Азостимом» (*Agrobacterium (Rhizobium) radiobacter*).
3. Обработка семян риса *Agrobacterium tumefaciens*.
4. Обработка семян риса *Phyllobacterium ifriqiense*.
5. Обработка семян риса *Flavobacterium sp.*

Почвенные образцы для микробиологического и биохимического анализов отбирали по фазам кущения, цветения и созревания растений риса в июне, августе и сентябре соответственно. Определение количественного и качественного состава ризосферных микроорганизмов проводили глубинным посевом на селективные среды, расчет коэффициента минерализации-иммобилизации азота (коэфф. мин/имм азота) – согласно общепринятым методам [16]. Количество микроорганизмов выражали в млн и тыс. колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 грамме абсолютно сухой почвы (а. с. п.). Определение активности фермента класса оксидоредуктаз (каталаза) в ризосферной почве осуществлялось газометрическим методом, предложенным Галстяном [16] в мл O_2 в 1 г почвы за 1 мин. Анализ биологической урожайности риса

и структурных элементов продуктивности осуществлен путем отбора снопового материала перед уборкой. Повторность опыта шестикратная. Биологическая урожайность зерна риса определена через систему индексов [30]. Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Microsoft Excel 2007, полученные результаты приведены в виде средних арифметических значений со стандартными ошибками ($M \pm SEM$).

Индекс CSI, который в наших исследованиях характеризует биоконсолидацию микроорганизмов в ризосфере, рассчитывали с использованием нейросети NONN по алгоритму, включающему 8 этапов преобразования данных [31; 32], подробно описанных в разделе «Результаты».

Задачей исследования был выбор микробиологического препарата, стимулирующего биоконсолидацию почвенной микрофлоры, интенсифицирующего масс-накопительные процессы в растениях (на стадиях онтогенеза растений: кущения, цветения и созревания) и повышающего урожай риса.

Результаты (Results)

Результаты исследований показали, что инокуляция ассоциативными штаммами бактерий способствует увеличению численности отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов: аммонификаторов, аминолитиков, diaзотрофов (таблица 1) и стимулирует окислительно-восстановительные процессы (каталазную активность) в ризосфере относительно контрольного варианта по фазам развития растений.

Таблица 1
Почвенные микробиологические (КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы) и биохимические (мл O₂ в 1 г почвы за 1 мин.), урожайные данные растений риса (т/га). Индексы CSI

Параметры исследований	Технологии предпосевной обработки семян риса				
	Контроль	«Азостим-Агро»	<i>A. tumefaciens</i> 32	<i>Ph. ifriqiense</i> 6	<i>Flavobacterium sp.</i> 72
Фаза кущения растений					
Амилолитики, 10 ⁶	13,5	8,5	7,5	43,6	6,2
Аммонификаторы, 10 ⁶	5,4	4,2	8,7	9,3	6,6
Диазотрофы, 10 ⁶	51,0	36,0	171,7	70,8	77,1
Фосфатмобилизаторы, 10 ⁶	3,3	2,1	1,5	6,5	2,0
Микромицеты, 10 ⁴	17,0	20,5	22,9	24,9	33,4
Целлюлозолитики, 10 ⁴	14,5	11,5	8,5	12,5	9,6
Каталазная активность, мл O ₂ / г/мин	4,8	6,0	7,0	7,2	6,5
Кэфф. мин/имм азота	0,4	0,5	1,2	0,2	1,1
Индекс CSI, ±0,2	2,3	3,4	5,1	4,3	4,5
Фаза цветения растений					
Амилолитики, 10 ⁶	19,0	10,1	8,5	45,0	8,5
Аммонификаторы, 10 ⁶	5,9	4,5	8,8	8,8	6,4
Диазотрофы, 10 ⁶	54,0	39,5	174,4	64,0	77,1
Фосфатмобилизаторы, 10 ⁶	37,0	21,9	16,5	58,0	19,3
Микромицеты, 10 ⁴	18,0	23,5	25,1	23,0	30,6
Целлюлозолитики, 10 ⁴	14,5	13,9	10,7	10,5	11,9
Каталазная активность, мл O ₂ / г/мин	0,9	1,7	2,2	3,4	3,8
Кэфф. мин/имм азота	0,3	0,5	1,0	0,2	0,8
Индекс CSI, ±0,2	2,3	4,4	4,8	6,5	7,2
Фаза созревания растений					
Амилолитики, 10 ⁶	12,0	6,4	16,5	30,5	15,3
Аммонификаторы, 10 ⁶	3,4	2,7	2,9	2,6	4,9
Диазотрофы, 10 ⁶	31,4	44,0	38,8	35,2	35,1
Фосфатмобилизаторы, 10 ⁶	34,2	43,1	75,5	44,6	43,3
Микромицеты, 10 ⁴	33,5	29,3	33,1	30,0	55,5
Целлюлозолитики, 10 ⁴	14,5	14,4	18,7	26,5	14,2
Каталазная активность, мл O ₂ / г/мин	4,1	6,0	5,0	3,8	5,0
Кэфф. мин/имм азота	0,3	0,4	0,2	0,1	0,3
Индекс CSI, ±0,2	5,9	5,4	6,6	6,4	6,0

Table 1
Soil microbiological (CFU/g of absolutely dry soil) and biochemical (ml of O₂ / g of soil in 1 min), yield data of rice plants (t/ha). CSI indexes

Studied parameters	Technologies of pre-sowing processing of rice seeds				
	Control	“Azostim-Agro”	<i>A. tumefaciens</i> 32	<i>Ph. ifriqiyense</i> 6	<i>Flavobacterium</i> sp. 72
The tillering phase of plants					
<i>Amylolytic</i> , 10 ⁶	13.5	8.5	7.5	43.6	6.2
<i>Ammonifiers</i> , 10 ⁶	5.4	4.2	8.7	9.3	6.6
<i>Diazotrophs</i> , 10 ⁶	51.0	36.0	171.7	70.8	77.1
<i>Phosphate solubilizer</i> , 10 ⁶	3.3	2.1	1.5	6.5	2.0
<i>Micromycetes</i> , 10 ⁴	17.0	20.5	22.9	24.9	33.4
<i>Cellulolytics</i> , 10 ⁴	14.5	11.5	8.5	12.5	9.6
<i>Catalase activity</i> , ml O ₂ / g/min	4.8	6.0	7.0	7.2	6.5
<i>Coefficient of mineralization/immobilization of nitrogen</i>	0.4	0.5	1.2	0.2	1.1
<i>Index CSI, ±0.2</i>	2.3	3.4	5.1	4.3	4.5
The flowering phase of plants					
<i>Amylolytic</i> , 10 ⁶	19.0	10.1	8.5	45.0	8.5
<i>Ammonifiers</i> , 10 ⁶	5.9	4.5	8.8	8.8	6.4
<i>Diazotrophs</i> , 10 ⁶	54.0	39.5	174.4	64.0	77.1
<i>Phosphate solubilizer</i> , 10 ⁶	37.0	21.9	16.5	58.0	19.3
<i>Micromycetes</i> , 10 ⁴	18.0	23.5	25.1	23.0	30.6
<i>Cellulolytics</i> , 10 ⁴	14.5	13.9	10.7	10.5	11.9
<i>Catalase activity</i> , ml O ₂ / g/min	0.9	1.7	2.2	3.4	3.8
<i>Coefficient of mineralization/immobilization of nitrogen</i>	0.3	0.5	1.0	0.2	0.8
<i>Index CSI, ±0.2</i>	2.3	4.4	4.8	6.5	7.2
The phase of plant maturation					
<i>Amylolytic</i> , 10 ⁶	12.0	6.4	16.5	30.5	15.3
<i>Ammonifiers</i> , 10 ⁶	3.4	2.7	2.9	2.6	4.9
<i>Diazotrophs</i> , 10 ⁶	31.4	44.0	38.8	35.2	35.1
<i>Phosphate solubilizer</i> , 10 ⁶	34.2	43.1	75.5	44.6	43.3
<i>Micromycetes</i> , 10 ⁴	33.5	29.3	33.1	30.0	55.5
<i>Cellulolytics</i> , 10 ⁴	14.5	14.4	18.7	26.5	14.2
<i>Catalase activity</i> , ml O ₂ / g/min	4.1	6.0	5.0	3.8	5.0
<i>Coefficient of mineralization/immobilization of nitrogen</i>	0.3	0.4	0.2	0.1	0.3
<i>Index CSI, ±0.2</i>	5.9	5.4	6.6	6.4	6.0

Этапы вычислений нейросети NONN

I этап. Слой нейронов L1 упорядочивает микробиологические данные (таблица 1) во фрактальные профили микроорганизмов (матрица Fract) и преобразует данные матрицы Fract по формуле (1) в данные матрицы Deriv.

$$Deriv_{kl} = \ln(Fract_{kl} \cdot 10^4) - \ln(Fract_{k+1,l} \cdot 10^4), \quad (1)$$

где $\sum_{k=1}^{k=N} Fract_{kl} = 1$; $Fract_{kl}$ – частоты фрактальных профилей почвенных микроорганизмов, расположенные в ячейках матрицы Fract;

$k = 1, \dots, N - 1$; $l = 1, \dots, M$ – порядковые номера строк и столбцов в матрице Fract;

$N = 6$, $M = 5$ – число физиологических групп во фрактальном профиле микроорганизмов и число вариантов опыта.

II этап. Слой нейронов L1 нормализует цифровые данные матрицы (Deriv, рис. 2) с помощью стандартной функции нормализации числовых данных *Normalization* [35] и записывает результаты нормализации в матрицу FNorm.

$$FNorm = Normalization (Deriv). \quad (1)$$

III этап. Слой нейронов L1 вычисляет корреляционную матрицу $Corr$, используя данные матрицы $FNorm$ и стандартную процедуру *Correlation* [33].

$$Corr = Correlation(FNorm). \quad (2)$$

IV этап. Слой нейронов L1 вычисляет произведение матриц $FNorm \times Corr$, выполняет построчную нормализацию полученных цифровых данных, используя стандартную процедуру *Normalization*, и записывает результаты нормализации в матрицу $CNorm$.

$$CNorm = Normalization(FNorm \times Corr). \quad (3)$$

V этап. Слой нейронов L2 вычисляет матрицы евклидовых дистанций $FDist$ и $CDist$, используя цифровые данные, расположенные в столбцах матриц $FNorm$ и $CNorm$, и стандартную вычислительную процедуру *EuclidDistance()* [34].

$$FDist_k = EuclidDistance(FNorm_{1k}, \dots, FNorm_{Nk}; FNorm_{1l}, \dots, FNorm_{Nl}), \quad (4)$$

$$CDist_l = EuclidDistance(CNorm_{1k}, \dots, CNorm_{Nk}; CNorm_{1l}, \dots, CNorm_{Nl}), \quad (5)$$

где $k, l = 1, \dots, M$ – порядковые номера столбцов в матрицах $FNorm$ и $CNorm$;

$M = N = 5$ – число столбцов и строк в матрицах $FNorm$ и $CNorm$;

EuclidDistance() – стандартная процедура вычисления евклидовых дистанций между столбцами матриц $FNorm$ и $CNorm$.

VI этап. Слой нейронов L2 вычисляет матрицы $FCom$ и $CCom$, используя данные диагональных

симметричных матриц $FDist$, $CDist$ и стандартную процедуру вычисления собственных векторов симметричных матриц *EigenVectors* [35].

$$FCom = EigenVectors(FDist). \quad (6)$$

$$CCom = EigenVectors(CDist). \quad (7)$$

VII этап. Слой нейронов L3 вычисляет значение индекса CSI, используя вычислительные алгоритмы нейросети NONN, представленные в базе алгоритмов *Comby*. Вычислительные алгоритмы представляют собой алгебраические выражения, в которых в комбинированной форме применялись математические операнды сложения, вычитания, умножения и деления по отношению к данным матриц $FNorm$, $CNorm$, $FDist$, $CDist$, $FCom$, $CCom$.

VIII этап. Слой нейронов L4 в циклах тестирования-обучения Learning нейросети NONN реализует автоматический перебор алгоритмов из базы алгоритмов *Comby*, вычисление индекса CSI и вычисление коэффициента корреляции и регрессии индексов CSI с данными вектора Yield (урожай растений риса, таблица 1, рис. 2). Выход из цикла Learning был осуществлен при выборе алгоритма *Comby130*, который обеспечил высокую корреляцию индекса CSI с данными вектора Yield – . Результаты вычислений индексов CSI по вариантам опыта приведены в таблице 1 и на рис. 3.

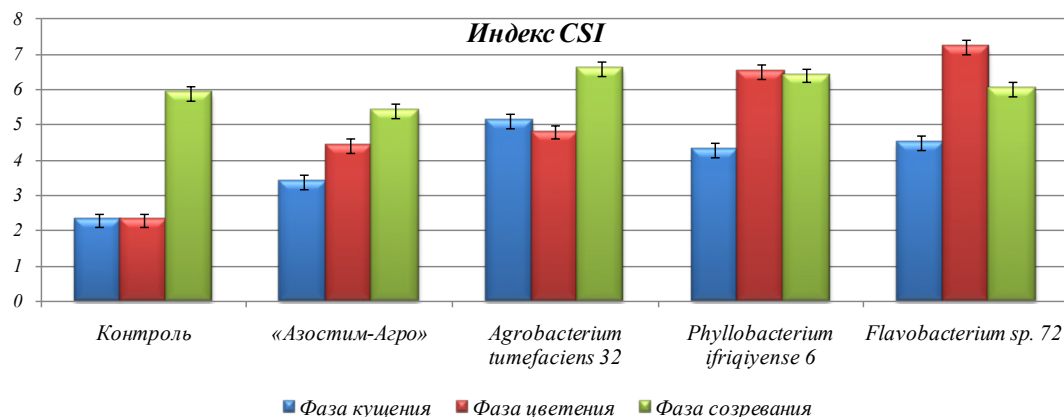


Рис. 3. Значения индекса биоконсолидации CSI микроорганизмов в ризосфере в фазы онтогенеза растений при предпосевной инокуляции семян риса

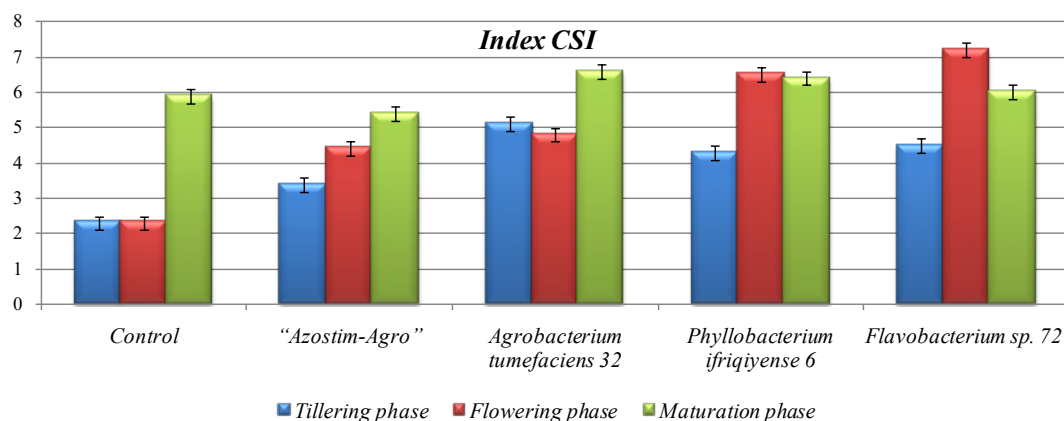


Fig. 3. Values of the bio-consolidation index CSI of microorganisms in the rhizosphere in the phases of plant ontogenesis during pre-sowing inoculation of rice seeds

Новейшая нейросетевая информационная технология, преобразующая фрактальные профили почвенных микроорганизмов в индексы CSI, позволила извлечь скрытую информацию об интенсивности масс-накопительных процессов в растениях на трех стадиях онтогенеза растений риса (кущения, цветения и созревания), анализируя форму фрактальных профилей микроорганизмов.

Анализ полученных данных показал, что инокуляция обеспечивает биоконсолидацию микроорганизмов и их активности (по каталазе) в системе растение *Oriza sativa* L. – микроорганизм в сравнении с контролем, причем этот эффект проявляется в фазы кущения и цветения. Наибольшее значение урожайности растений риса (13,6 т/га) и наибольшее значение индекса биоконсолидации микроорганизмов на стадии кущения (CSI = 5,1) и созревания (CSI = 6,6) растений наблюдается при бактериализации семян риса *A. tumefaciens*. По всей видимости, на стадии кущения закладываются основы продуктивной мелетки урожая растений, а на стадии созревания урожай уже сформирован. Поэтому биоконсолидация почвенных микроорганизмов при обработке семян риса бактериями *A. tumefaciens* обеспечила наилучшее развитие растений риса на стадиях кущения и созревания, а значит, наибольший урожай растений.

Стоит отметить эффективность инокуляции ассоциативной бактерией *Flavobacterium* sp. 72 в стадию кущения. Однако этого оказалось недостаточно для полноценного развития растений, что отразилось на самой маленькой прибавке урожая риса по отношению к контролю.

Возможно, одновременное использование бактерий *A. tumefaciens* 32 и *Flavobacterium* sp. 72 может повысить эффект предпосевной бактериализации семян риса микробиологическими препаратами на урожай растений.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, показано, что инокуляция обеспечивает биоконсолидацию микроорганизмов и их активность в растительно-микробном взаимодействии (*Oriza sativa* L. – микроорганизм). Установлено, что из исследуемых инокулянтов *A. tumefaciens* стимулирует биоконсолидацию почвенной микрофлоры, интенсифицирует масс-накопительные процессы в растениях (на стадиях онтогенеза растений: кущения, цветения и созревания) и повышает урожай риса. Отмечено, что улучшение азотного питания, стимуляция роста и повышение иммунного статуса растений возможны при внедрении такого биологического агроприема, как бактериализация семян риса штаммами микроорганизмов, обладающими высокой степенью ассоциативности с растением. Выявлено, что полифункциональные штаммы ризобактерий увеличивают биологическую продуктивности урожайность риса и ее структурных элементов.

Фрактальный профиль почвенных микроорганизмов ризосферы, составленный из численностей физиологических групп микроорганизмов, оказался дешевле, чем фрактальный профиль микроорганизмов, составленный из численностей таксонов, но нужную нам информацию удалось извлечь. В современных санкционных условиях это имеет значение.

Библиографический список

1. Nikolova R., Petkova M., Dinev N., Kenarova A., Boteva S., Berov D., Radeva G. Correlation between bacterial abundance, soil properties and heavy metal contamination in the area of non-ferrous metal processing plant, Southern Bulgaria // *BioRisk*. 2022. Vol. 17. Pp. 19–30. DOI: 10.3897/biorisk.17.77458.
2. Martínez-Toledo Á., González-Mille D. J., García-Arreola M. E., Cruz-Santiago O., Trejo-Acevedo A., Ilizaliturri-Hernández C. A. Patterns in utilization of carbon sources in soil microbial communities contaminated with mine solid wastes from San Luis Potosi, Mexico // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 208. Article number 111493. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111493.
3. Venturini A. M., Gontijo J. B., Mandro J. A., Peay K. G., Tsai S. M., Bohannan B. J. M. Soil microbes under threat in the Amazon Rainforest // *Trends in Ecology & Evolution*. 2023. Vol. 38, No. 8. Pp. 693–696. DOI: 10.1016/j.tree.2023.04.014.
4. Das K., Das S. C., Aminuzzaman F. M. Environmental and Ecological Impact of Soil Microorganisms in Plant Sciences // *Journal of Ecology and Natural Resources*. 2022. Vol. 6 (2). Article number 000273. DOI: 10.23880/jenr-16000273.
5. Шапошников А. И., Белимов А. А., Азарова Т. С., Струнникова О. К., Вишневецкая Н. А., Воробьев Н. И., Юзихин О. С., Беспалова Л. А., Тихонович И. А. Взаимосвязь состава корневых экссудатов и эффективности взаимодействия растений пшеницы с микроорганизмами // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2023. Т. 59, № 3. С. 260–274. DOI: 10.31857/S0555109923030170.
6. Проворов Н. А., Тихонович И. А. Сельскохозяйственная микробиология и симбиогенетика: синтез классических идей и конструирование высокопродуктивных агроценозов (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2022. Т. 57, № 5. С. 821–831. DOI: 10.15389/agrobiologia.2022.5.821rus.
7. Чайковская Л. А., Овсиенко О. Л. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность // *Таврический вестник аграрной науки*. 2021. № 4 (28). С. 159–182. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182.

8. Абдурашитова Э. Р., Мельничук Т. Н., Абдурашитов С. Ф. Оценка биологической активности ризосферы *Sorghum bicolor* (L.) Moench под влиянием микробных препаратов в условиях прямого посева в степной зоне крима // Экосистемы. 2021. № 26. С. 116–123. DOI: 10.37279/2414-4738-2021-26-116-123.
9. Abdurashytova E. R., Melnichuk T. N., Abdurashytov S. F., Egovtseva A. Yu., Turin E. N., Gongalo A. A. Adaptability of the *Sorghum bicolor* rhizosphere microbiocenosis inoculated by microbial agents in southern chernozem soils // Russian Agricultural Sciences. 2022. Vol. 48, No. 3. Pp. 212–218. DOI: 10.3103/s1068367422030028.
10. Adomako M. O., Roiloa S., Yu F. H. Potential roles of soil microorganisms in regulating the effect of soil nutrient heterogeneity on plant performance // Microorganisms. 2022. Vol. 10, No. 12. Article number 2399. DOI: 10.3390/microorganisms10122399.
11. Гуторова О. А., Шеуджен А. Х. Современное состояние плодородия почв рисовых агроландшафтов Кубани // Известия ОГАУ. 2018. № 5 (73). С. 80–84.
12. Мельничук Т. Н., Якубовская А. И., Каменева И. А., Дидович С. В., Паштецкий В. С. Ассоциативные микроорганизмы растений: выделение штаммов и их изучение. Симферополь: ООО «Ариал», 2021. 179 с. DOI: 10.33952/2542-0720-2022-978-5-907506-71-8.
13. Воробьев Н. И., Егоров И. А., Кочиш И. И., Никонов И. Н., Ленкова Т. Н. Биосистемная самоорганизация и фрактальная структура частотно-таксономических профилей микробиоты кишечника бройлеров под влиянием кормовых пробиотиков // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 2. С. 400–410. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.2.400rus.
14. Кочиш И. И., Воробьев Н. И., Никонов И. Н., Селина М. В. Нейросетевое моделирование фрактальной самоорганизации микробно-организменных биосистем в кишечниках птиц // Ветеринария и Зоотехния. 2022. № 12. С. 57–65. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202212208.
15. Зенова Г. М., Степанов А. Л., Лихачева А. А., Манучарова Н. А. Практикум по биологии почв: учебное пособие. Москва: Издательство МГУ, 2002. 120 с.
16. Козлов А. В. Методы почвенной микробиологии и энзимологии в экосистемных исследованиях: учебно-методическое пособие для вузов. Москва: Плодородие, 2023. 152 с.
17. Семенов М. В. Метабаркодинг и метагеномика в почвенно-экологических исследованиях: успехи, проблемы и возможности // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80, № 6. С. 403–417. DOI: 10.1134/S004445961906006X.
18. Орлова О. В., Чирак Е. Л., Воробьев Н. И., Свиридова О. В., Лисина Т. О., Андронов Е. Е. Таксономический состав и организация микробного сообщества дернов-подзолистых почв после внесения соломы зерновых культур и использования препарата Баркон // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 1. С. 47–64. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.47rus.
19. Sutrop U. List task and a Cognitive Saliency Index // Field Methods. 2001. Vol. 13 (3). Pp. 263–276. DOI: 10.1177/1525822X0101300303.
20. Загоруйко Н. Г. Когнитивный анализ данных. Новосибирск: Академическое издательство ГЕО, 2013. 183 с.
21. Заикина А. С., Буряков Н. П., Воробьев Н. И., Никонов И. Н. Нейросетевой анализ соответствия микробно-организменной биосистемы кишечника бройлеров фрактально-стохастической модели // Пермский аграрный вестник. 2022. № 4 (40). С. 98–106. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_40_9.
22. Гафаров Ф. М., Галимянов А. Ф. Искусственные нейронные сети и приложения: учебное пособие. Казань: Издательство Казанского университета, 2018. 121 с.
23. Крутлов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. Москва: Горячая линия Телком, 2002. 382 с.
24. Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: an overview // Neural Networks. 2015. Vol. 61. Pp. 85–117. DOI: 10.1016/j.neunet.2014.09.003.
25. Погодаев А. К., Хабибуллина Е. Л., Инютин Д. М. Применение нейросетевых моделей для построения продукционных правил экспертных систем // Прикладная математика и вопросы управления. 2021. № 2. С. 73–92. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.2.05.
26. Кулаков К. А., Димитров В. М. Основы тестирования программного обеспечения. Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2018. 57 с.
27. Widrow B., Aaron G., Youngsik K., Dookun P. The no-prop algorithm: A new learning algorithm for multilayer neural networks // Neural Networks. 2013. Vol. 37. Pp. 182–188. DOI: 10.1016/j.neunet.2012.09.020. Scopus
28. Якубовская А. И., Каменева И. А., Гритчин М. В., Мельничук Т. Н. Эффективность интродукции ассоциативных бактерий в ризосферу риса (*Oryza sativa* L.) // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 2 (18). С. 110–116. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-110-116.

29. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Альянс, 2015. 315 с.
30. Шарифуллин Р. С., Шарифуллина Ю. Б. Способ расчета биологической урожайности риса // Рисоводство. 2020. № 3 (48). С. 25–29. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-48-3-25-29.
31. Mascarenhas W. F. Fast and accurate normalization of vectors and quaternions // Computational and Applied Mathematics. 2018. Vol. 37. Pp. 4649–4660.
32. Song J., Shi Z., Wang H. The fast attitude estimation method based on quaternion and generalized multivectors // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2020. Vol. 70. DOI: 10.1109/TIM.2020.3018838.
33. Nikolić D., Muresan R., Feng W., Singer W. Scaled correlation analysis: a better way to compute a cross-correlogram // European Journal of Neuroscience. 2012. Vol. 35 (5). DOI: 10.1111/j.1460-9568.2011.07987.x.
34. Everitt B. S., Landau S., Leese M., Stahl D. Cluster Analysis. John Wiley & Sons. UK: West Sussex, 2011. 352 p.
35. Маркова Л. В., Корчевская Е. А. Численные методы нахождения собственных векторов и собственных значений матриц. Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2011. 47 с.

Об авторах:

Алла Ивановна Якубовская, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0001-8434-2689, AuthorID 9872-5122. E-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru

Ян Викторович Пухальский, научный сотрудник, Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия; ORCID 0000-0001-5233-3497, AuthorID 784249. E-mail: puhalskyan@gmail.com

Николай Иванович Воробьев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия; ORCID 0000-0001-8300-2287, AuthorID 86787. E-mail: nik.ivanvorobyov@yandex.ru

Ирина Алексеевна Каменева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0003-3914-7184, AuthorID 904450. E-mail: irina.kameneva.7@yandex.ru

Максим Владимирович Гритчин, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0002-9680-493X, AuthorID 3516-6060. E-mail: maxim_gmv@mail.ru

Анна Юрьевна Еговцева, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0002-3638-0194, AuthorID 925336. E-mail: eau82@mail.ru

References

- Nikolova R., Petkova M., Dinev N., Kenarova A., Boteva S., Berov D., Radeva G. Correlation between bacterial abundance, soil properties and heavy metal contamination in the area of non-ferrous metal processing plant, Southern Bulgaria. *BioRisk*. 2022; 17: 19–30. DOI: 10.3897/biorisk.17.77458.
- Martínez-Toledo Á., González-Mille D. J., García-Arreola M. E., Cruz-Santiago O., Trejo-Acevedo A., Ilizaliturri-Hernández C. A. Patterns in utilization of carbon sources in soil microbial communities contaminated with mine solid wastes from San Luis Potosi, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021; 208: 111493. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111493.
- Venturini A. M., Gontijo J. B., Mandro J. A., Peay K. G., Tsai S. M., Bohannan B. J. M. Soil microbes under threat in the Amazon Rainforest. *Trends in Ecology & Evolution*. 2023; 38 (8): 693–696. DOI: 10.1016/j.tree.2023.04.014.
- Das K., Das S. C., Aminuzzaman F. M. Environmental and Ecological Impact of Soil Microorganisms in Plant Sciences. *Journal of Ecology and Natural Resources*. 2022; 6 (2): 000273. DOI: 10.23880/jenr-16000273.
- Shaposhnikov A. I., Belimov A. A., Azarova T. S., Strunnikova O. K., Vishnevskaya N. A., Vorobyov N. I., Yuzikhin O. S., Bupalova L. A., Tikhonovich I. A. Relationship between the composition of root exudates and the efficiency of interaction of wheat plants with microorganisms. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2023; 59 (3): 260–274. DOI: 10.31857/S0555109923030170. (In Russ.)
- Provorov N. A., Tikhonovich I. A. Agricultural microbiology and symbiogenetics: synthesis of classical ideas and construction of highly productive agrocenoses (review). *Agricultural Biology*. 2022; 57 (5): 821–831. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.821rus. (In Russ.)
- Chaykovskaya L. A., Ovsienko O. L. Phosphate-mobilizing microorganisms: biodiversity, influence on plants mineral nutrition and productivity. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021; 4 (28): 159–182. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182. (In Russ.)

8. Abdurashitova E. R., Melnichuk T. N., Abdurashitov S. F. Evaluation of the biological activity of the rhizosphere *Sorghum bicolor* under the influence of microbial preparations using no-till technology in the Crimean Steppe. *Ekosistemy*. 2021; 26: 116–123. DOI: 10.37279/2414-4738-2021-26-116-123. (In Russ.)
9. Abdurashytova E. R., Melnichuk T. N., Abdurashytov S. F., Egovtseva A. Yu., Turin E. N., Gongalo A. A. Adaptability of the *Sorghum bicolor* rhizosphere microbiocoenosis inoculated by microbial agents in southern chernozem soils. *Russian Agricultural Sciences*. 2022; 48 (3): 212–218. DOI: 10.3103/s1068367422030028. (In Russ.)
10. Adomako M. O., Roiloa S., Yu F. H. Potential roles of soil microorganisms in regulating the effect of soil nutrient heterogeneity on plant performance. *Microorganisms*. 2022; 10 (12): 2399. DOI: 10.3390/microorganisms10122399.
11. Gutorova O. A., Sheudzhen A. Kh. Current state of soil fertility of rice agrolandscapes of Kuban. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018; 5 (73): 80–84. (In Russ.)
12. Melnichuk T. N., Yakubovskaya A. I., Kameneva I. A., Didovich S. V., Pashtetskiy V. S. *Associative plant microorganisms: isolation of strains and their study*. Simferopol: Arial, 2021. 179 p. DOI: 10.33952/2542-0720-2022-978-5-907506-71-8. (In Russ.)
13. Vorobyov N. I., Egorov I. A., Kochish I. I., Nikonov I. N., Lenkova T. N. Fractal analysis of frequency-taxonomic profile of broiler's gut microbiota for studying the influence of probiotics on bird development. *Agricultural Biology*. 2021; 56 (2): 400–410. DOI: 10.15389/agrobiol.2021.2.400rus. (In Russ.)
14. Kochish I. I., Vorobyov N. I., Nikonov I. N., Selina M. V. Neural network modeling of fractal self-organization of microbial-organismal biosystems in the intestines of birds. *Veterinary and Animal Science*. 2022; 12: 57–65. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202212208. (In Russ.)
15. Zenova G. M., Stepanov A. L., Likhacheva A. A., Manucharova N. A. *Practical training in soil biology: a textbook*. Moscow: Moscow State University Publishing House, 2002. 120 p. (In Russ.)
16. Kozlov A. V. *Methods of soil microbiology and enzymology in ecosystem studies: a teaching aid for universities*. Moscow: Plodorodie, 2023. 152 p. (In Russ.)
17. Semenov M. V. Metabarcoding and metagenomics in soil ecology research: Achievements, challenges, and opportunities. *Biology Bulletin Reviews*. 2019; 80 (6): 403–417. DOI: 10.1134/S004445961906006X. (In Russ.)
18. Orlova O. V., Chirak E. L., Vorobyov N. I., Sviridova O. V., Lisina T. O., Andronov E. E. Taxonomic composition and organization of the microbial community of sod-podzolic soils after the introduction of cereal straw and the use of the Barkon preparation. *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya biologiya]*. 2019; 54(1): 47–64. DOI: 10.15389/agrobiol.2019.1.47rus. (In Russ.)
19. Sutrop U. List task and a Cognitive Salience Index. *Field Methods*. 2001; 13(3): 263–276. DOI:10.1177/1525822X0101300303.
20. Zagoruyko N. G. *Cognitive data analysis*. Novosibirsk: Academic publishing house GEO, 2013. 183 p. (In Russ.)
21. Zaikina A. S., Buryakov N. P., Vorobyov N. I., Nikonov I. N. Neural network analysis of the compliance of the microbial-organismic biosystem of poultry intestines with a fractal-stochastic model. *Perm Agrarian Journal*. 2022; 4 (40): 98–106. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_40_98. (In Russ.)
22. Gafarov F. M., Galimyanov A. F. *Artificial neural networks and applications: textbook. allowance*. Kazan: Publishing house of Kazan University, 2018. 121 p.
23. Kruglov V. V., Borisov V. V. *Artificial neural networks. Theory and practice*. Moscow: Hot line-Telekom, 2002. 382 p. (In Russ.)
24. Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: an overview. *Neural Networks*. 2015; 61: 85–117. DOI: 10.1016/j.neunet.2014.09.003.
25. Pogodaev A. K., Khabibullina E. L., Inyutin D. M. Application of neural network models for constructing production rules of expert systems. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2021; 2: 73–92. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.2.05. (In Russ.)
26. Kulakov K. A., Dimitrov V. M. *Fundamentals of software testing*. Petrozavodsk: PetrSU Publishing House, 2018. 57 p. (In Russ.)
27. Widrow B., Aaron G., Youngsik K., Dookun P. The no-prop algorithm: A new learning algorithm for multilayer neural networks. *Neural Networks*. 2013; 37: 182–188. DOI: 10.1016/j.neunet.2012.09.020.
28. Yakubovskaya A. I., Kameneva I. A., Gritchin M. V., Melnichuk T. N. Efficiency of the introduction of associative bacteria in rice rhizosphere (*Oryza sativa* L.). *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2019; 2 (18): 110–116. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-110-116. (In Russ.)
29. Dospikhov B. A. *Methodology of field experiment*. Moscow, 2011. 315 p. (In Russ.)
30. Sharifullin R. S., Sharifullina Yu. B. Method for calculating the biological yield of rice. *Rice Growing*. 2020; 3 (48): 25–29. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-48-3-25-29. (In Russ.)

31. Mascarenhas W. F. Fast and accurate normalization of vectors and quaternions. *Computational and Applied Mathematics*. 2018; 37: 4649–4660.
32. Song J., Shi Z., Wang H. The fast attitude estimation method based on quaternion and generalized multivector. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2020; 70. DOI: 10.1109/TIM.2020.3018838.
33. Nikolić D., Muresan R., Feng W., Singer W. Scaled correlation analysis: a better way to compute a cross-correlogram. *European Journal of Neuroscience*. 2012; 35 (5): DOI: 10.1111/j.1460-9568.2011.07987.x.
34. Everitt B. S., Landau S., Leese M., Stahl D. *Cluster Analysis*. West Sussex: John Wiley & Sons, 2011. 352 p.
35. Markova L. V., Korchevskaya E. A. *Numerical methods for finding eigenvectors and eigenvalues of matrices*. Vitebsk: UO “VSU named after P. M. Masherov”, 2011. 47 p. (In Russ.)

Authors' information:

Alla I. Yakubovskaya, candidate of biological science, senior researcher, Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0001-8434-2689, AuthorID 9872-5122.

E-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru

Yan V. Pukhalskiy, researcher, Pushkin Leningrad State University, Saint Petersburg, Pushkin, Russia; ORCID 0000-0001-5233-3497, AuthorID 784249. *E-mail: puhalskyan@gmail.com*

Nikolay I. Vorobyev, candidate of technical sciences, leading researcher, All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Saint Petersburg, Pushkin, Russia; ORCID 0000-0001-8300-2287, AuthorID 86787. *E-mail: nik.ivanvorobyov@yandex.ru*

Irina A. Kameneva, candidate of agricultural sciences, leading researcher, Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0003-3914-7184, AuthorID 904450.

E-mail: irina.kameneva.7@yandex.ru

Maksim V. Gritchkin, researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0002-9680-493X, AuthorID 3516-6060. *E-mail: maxim_gmv@mail.ru*

Anna Yu. Egovtseva, researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0002-3638-0194, AuthorID 925336. *E-mail: eau82@mail.ru*

Эффективность применения препарата, регулирующего обмен веществ, при выращивании цыплят бройлеров

А. М. Бекшенова[✉], С. С. Александрова, С. В. Логинов

НИИСХ Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия

[✉]E-mail: bekshenova.am@edu.gausz.ru

Аннотация. Цель – оценка влияния препарата «Бутамакс 200» на развитие и продуктивные показатели цыплят-бройлеров. **Методы.** В ходе научно-лабораторного эксперимента проведена оценка динамики живой массы за учетный период посредством индивидуального взвешивания птицы утром перед кормлением. Проведен анализ морфологических и биохимических показателей крови цыплят-бройлеров в начале и конце учетного периода опыта для оценки здоровья и физиологического состояния организма. **Результаты.** Введение препарата «Бутамакс 200» в рацион при технологии выращивания цыплят-бройлеров способствовало увеличению интенсивности и скорости роста цыплят на 23,4 %, убойных показателей, активизации обменных процессов в организме птицы, а также снижению конверсии корма на 23,1 %. В ходе исследования не было выявлено никакого негативного воздействия препарата «Бутамакс 200» на организм птицы. Более того, у цыплят, получавших препарат, наблюдалось статистически значимое повышение уровня гемоглобина в эритроцитах. Так, средний показатель содержания гемоглобина у цыплят экспериментальной группы был выше на 5,0 % по сравнению с птицей контрольной группы ($P < 0,01$). Также отмечено достоверное увеличение средней концентрации гемоглобина в эритроцитах цыплят экспериментальной группы на 2,9 % ($P < 0,05$) в сравнении с птицей контрольной группы. По результатам контрольного убоя установлены статистически достоверные различия между контрольной и опытной группами по показателям «масса бедра» на 10 % ($P < 0,01$), «масса голени» – на 7,3 % ($P < 0,01$). **Научная новизна.** Впервые в условиях Северного Зауралья на кроссе цыплят-бройлеров Кобб 500 проведена оценка воздействия препарата «Бутамакс 200» на интенсивность роста, убойные показатели, физиологическое состояние и здоровье цыплят-бройлеров. **Практическая значимость.** В ходе научно-лабораторного эксперимента разработана методика ввода препарата в рацион цыплят-бройлеров, а также определены дозировки введения данного препарата.

Ключевые слова: бройлерное птицеводство, живая масса, морфологические и биохимические показатели, бутафосфан, Бутамакс 200, убойные показатели, сердце

Благодарности. Работа выполнена научно-исследовательским институтом Северного Зауралья – филиалом Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации за счет средств федерального бюджета в 2023 году по теме «Разработка элементов технологий повышения реализации генетического потенциала сельскохозяйственных животных и птиц» (FWRZ-2021-0017).

Для цитирования: Бекшенова А. М., Александрова С. С., Логинов С. В. Эффективность применения препарата, регулирующего обмен веществ, при выращивании цыплят бройлеров // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 576–585. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-576-585>.

Дата поступления статьи: 18.10.2024, **дата рецензирования:** 01.12.2024, **дата принятия:** 12.12.2024.

Efficiency of using a drug that regulates metabolism in growing broiler chickens

A. M. Bekshenova[✉], S. S. Aleksandrova, S. V. Loginov

Research Institute of the Northern Urals – branch of the Tyumen Scientific Research Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

[✉]E-mail: bekshenova.am@edu.gausz.ru

Abstract. The purpose is to assess the effect of “Butamaks 200” on the development and productivity of broiler chickens. **Methods.** During laboratory studies, the dynamics of the bird's body weight was analyzed by daily individual weighing of the birds before feeding during the entire experimental period. To assess the physiological state of the body at the beginning and end of the experimental period, an analysis of the morphological and biochemical parameters of the broiler blood was carried out. **Results.** The introduction of “Butamaks 200” into the diet during the technology of growing broiler chickens contributed to an increase in the intensity and rate of chicken growth by 23.4 %, slaughter indicators, activation of metabolic processes in the bird's body, and a decrease in feed conversion by 23.1 %. No negative impact of “Butamaks 200” on the bird's body was revealed. During the experiment, a statistically significant increase in the hemoglobin content in the erythrocytes of the chickens in the experimental group was revealed. The hemoglobin level in the erythrocytes of this group was 5 % higher than in the control group ($P < 0.01$), and the average hemoglobin concentration was 2.9 % higher ($P < 0.05$). In addition, analysis of the results of the control slaughter showed the presence of statistically significant differences in the weight of the thigh (by 10 %, $P < 0.01$) and drumstick (by 7.3 %, $P < 0.01$) between the chickens of the experimental and control groups. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the Northern Trans-Urals, an assessment of the effect of the drug “Butamaks 200” on the growth rate, slaughter indicators, physiological state and health of broiler chickens was carried out on the Cobb 500 broiler chicken cross. **Practical significance.** In the course of a scientific laboratory experiment, a method for introducing the drug into the diet of broiler chickens was developed, and dosages for introducing this drug were determined.

Keywords: broiler chickens, butaphosphan, Butamaks 200, meat productivity, live weight, morphological and biochemical parameters

Acknowledgments. The study was carried out by the Northern Trans-Urals Research Institute, a branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation at the expense of the federal budget in 2023 on the topic “Development of elements of technologies for increasing the implementation of the genetic potential of agricultural animals and birds” (FWRZ-2021-0017).

For citation: Bekshenova A. M., Aleksandrova S. S., Loginov S. V. Efficiency of using a drug that regulates metabolism in growing broiler chickens. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 576–585. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-576-585>. (In Russ.)

Date of paper submission: 18.10.2024, **date of review:** 01.12.2024, **date of acceptance:** 12.12.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

В птицеводческой промышленности при производстве мяса птицы повсеместно используются цыплята-бройлеры. Процесс выращивания цыплят-бройлеров основывается на максимальном раскрытии их генетического потенциала, а именно получении максимального количества мяса. Все это достигается путем сбалансированного кормления, оптимального количества в рационах минеральных и биологически активных веществ, стимуляторов метаболизма и регенерационных процессов организма [1–3].

Интенсивное выращивание бройлеров в условиях высокой плотности посадки на птицефабриках

негативно сказывается на их здоровье. Это приводит к нарушениям обмена веществ и функционирования нервной системы, что, в свою очередь, ведет к повышенной смертности птицы и снижению ее приростов. Такая ситуация объясняется тем, что стрессовые условия способствуют размножению патогенных микроорганизмов и возникновению инфекционных заболеваний. При этом применение некоторых антистрессовых препаратов может отрицательно влиять на качество получаемого мяса [4–6].

Необходимо вести комплексную профилактику метаболических нарушений, что включает в себя использование препаратов, нормализующих обмен веществ, повышающих сохранность поголовья,

активизирующих иммунитет и оказывающих положительное действие на продуктивные показатели птицы [7–10].

В организме высокопродуктивной птицы идет усиленный обмен веществ, обуславливающий быстрый набор живой массы цыплят бройлеров. Поддержание гомеостаза происходит за счет высокого потребления энергии клеточными структурами организма. В промышленных условиях при различных технологических стрессах, высокой иммунологической и кормовой нагрузке, гиподинамии система антиоксидантной защиты функционально изменяется, происходят процессы перекисного окисления липидов. Длительное воздействие стрессовых факторов на птичий организм приводит к возникновению окислительного стресса. Этот процесс характеризуется нарушением баланса между образованием свободных радикалов и способностью организма к их нейтрализации. В результате снижается активность ферментных систем, угнетается синтез белка, происходят другие негативные изменения.

В норме антиоксидантная система живых организмов эффективно защищает от избыточного образования свободных радикалов. Однако при хроническом стрессе функциональные резервы этой системы истощаются, что приводит к усилению окислительных процессов. Негативные последствия окислительного стресса сказываются на различных аспектах жизнедеятельности птицы: снижается мясная продуктивность, нарушается функционирование сердечно-сосудистой системы, увеличивается смертность цыплят-бройлеров. Для поддержания гомеостаза и стимуляции развития сердечно-сосудистой системы применяют различные фармакологические препараты.

Бутафосфан (бутиламино-1-метил-этилфосфоновая кислота), органическое соединение, содержащее фосфор, представляет собой перспективное вещество в области стимуляции метаболических процессов у животных. Его основное действие заключается в оптимизации обмена веществ, что проявляется в улучшении усвоения глюкозы и усилении энергетического обмена. Механизм действия бутафосфана сложен и охватывает множество систем организма. В частности, он стимулирует функционирование печени, способствуя детоксикации и регуляции обмена белков, жиров и углеводов. Позитивное влияние также распространяется на иммунную систему животного, активизируя макрофаги и лимфоциты. Препараты, содержащие бутафосфан, обладают кардиостимулирующим действием, способствуя нормализации сократительной функции миокарда. Они также оказывают антистрессовое воздействие посредством регуляции уровня кортизола в сыворотке крови. Дополнительно бутафосфан стимулирует процессы роста и развития у

молодых животных [11]. На сегодняшний день на рынке появился препарат на основе бутафосфана «Бутамакс 200». В состав этого препарата входит бутафосфан в количестве 200 мг/мл и цианкобаламин – 0,1 мг/мл.

Целью настоящего исследования являлось изучение воздействия препарата «Бутамакс 200» на показатели роста и мясную продуктивность цыплят-бройлеров. В рамках эксперимента предполагалось:

- проследить динамику изменения живой массы птицы в течение всего периода выращивания;
- анализировать показатели крови;
- определить влияние препарата «Бутамакс 200» на развитие сердечно-сосудистой системы цыплят;
- рассчитать расход кормов на единицу произведенной продукции;
- оценить общую мясную продуктивность птицы.

Методология и методы исследования (Methods)

В рамках исследования объектом изучения послужили цыплята-бройлеры кросса Кобб 500. Экспериментальная оценка эффективности применения лекарственных средств, воздействующих на сердечно-сосудистую систему, в технологиях выращивания цыплят указанного кросса была проведена в лабораторных условиях отдела животноводства в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Северного Зауралья – филиале Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Эксперимент проводился на двух группах бройлерных цыплят, каждая из которых насчитывала 36 особей. Наблюдение велось с 15-го по 30-й день жизни цыплят. В течение этого периода птицы экспериментальной группы получали препарат «Бутамакс 200» в дополнение к основному рациону. Препарат добавлялся в воду в дозировке 1 мл на 20 кг живой массы птицы. Птица содержалась при одинаковых условиях в клеточном технологическом оборудовании.

Динамика живой массы цыплят контролировалась еженедельным индивидуальным взвешиванием. Гематологические исследования проводили в начале и в конце основного периода опыта с определением морфологических и биохимических показателей. Материалом для исследований служила кровь, которую получали от четырех цыплят в 15 и 30-дневном возрасте.

В рамках исследования была проведена оценка мясной продуктивности цыплят в возрасте 35 дней. Для этого были отобраны и подвергнуты контрольному убою шесть птиц, представляющих типичные характеристики своей группы: по три самки и три самца.

Затраты корма на единицу продукции оценивали по фактическому потреблению корма и абсолютному приросту живой массы птицы.

Для статистической обработки данных, полученных в ходе исследования, был использован офисный программный пакет Microsoft Office с использованием приложения Excel. В рамках статистического анализа были рассчитаны средние арифметические значения и стандартные ошибки среднего. Оценка достоверности различий между сравниваемыми показателями осуществлялась посредством *t*-критерия Стьюдента.

Результаты (Results)

Кормление птицы осуществлялось полнорационными комбикормом, который производится согласно сбалансированным рецептам по всем питательным веществам, необходимым для выращивания бройлеров. Основной компонент комбикорма – зерновая часть, представленная в основном пшеницей и в меньшей части овсом без пленок. В состав применяемого комбикорма входили: пшеница – 63,3 %, шрот соевый СП 44 % – 14,5 %, шрот подсолнечный – 5,0 %, мука мясокостная СП 36 % – 4,3 %, масло подсолнечное – 3,4 %, жмых льняной – 3,3 %, овес без пленок – 2,6 %, кукурузный глютен – 1,0 %, лизин – 0,7 %, премикс П6-1-6 – 0,5 %, родимет АТ 88 (метионин) – 0,3 %, известняковая мука – 0,3 %, сульфат натрия – 0,2 %, L-треонин 98 % – 0,2 %, монокальцийфосфат – 0,2 %, комплекс кислот – 0,1 %, микосорб – 0,04 %, соль поваренная – 0,025 %, мегафос 5000 ТС – 0,01 %, мегаксилан – 0,01 %. Химический состав комбикорма: белок – 22,0 %, жир – 5,1 %, клетчатка – 3,9 %, кальций – 1,0 %, фосфор – 0,6 %.

Состав комбикорма включает все необходимые компоненты для обеспечения высокого прироста живой массы цыплят. Уровень потребления корма птицей оказывает влияние на прирост живой массы и развитие мясных качеств бройлеров. Большое значение для эффективности экономики ведения

бройлерного хозяйства имеет показатель затрат кормов на единицу прироста живой массы птицы.

Наши исследования выявили статистически значимое снижение потребления корма на единицу прироста живой массы у цыплят-бройлеров при использовании препарата «Бутамекс 200». В контрольной группе расход корма составил 2,12 кг на единицу прироста живой массы, в то время как в опытной группе, получавшей препарат, этот показатель снизился до 1,63 кг, что соответствует уменьшению на 23,1 %.

Анализ изменения живой массы цыплят-бройлеров (таблица 1) выявил, что в начале эксперимента показатели живого веса у всех групп были сравнимы и находились в пределах 413,4–426,4 г. К окончанию периода откорма наблюдалось значительное расхождение в живой массе между контрольной и экспериментальной группами. Разница составила 258,0 г, что соответствует 16,71 %. Введение в рацион опытной группы препарата «Бутамекс 200» позволило повысить показатели роста и развития птицы, параметрами которого служат абсолютный и среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров.

Различия в продуктивных параметрах птицы можно связать с более интенсивным течением обменных процессов в организме под влиянием препарата, регулирующего обмен веществ, развитие сердечно-сосудистой системы и стимулирующего рост и развитие птицы.

Двухнедельное скармливание подопытным птицам препарата на основе бутафосфана не оказало отрицательного воздействия на их организм, так как в конце экспериментального периода гематологические показатели были в пределах референсных значений (таблица 2).

Таблица 1
Живая масса цыплят-бройлеров, г

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Средняя живая масса цыплят на начало основного периода опыта, г	426,4	421,8
Средняя живая масса цыплят на конец основного периода опыта, г	1286,0	1544,0
Абсолютный прирост живой массы цыплят за основной период опыта, г	859,6	1122,2
Среднесуточный прирост живой массы цыплят, г	61,4	80,2

Table 1
Dynamics of live weight of broiler chickens during the growing period, g

Indicator	Group	
	Control	Experienced
Average live weight of chickens at the beginning of the main period of the experiment, g	426.4	421.8
Average live weight of chickens at the end of the main period of the experiment, g	1286.0	1544.0
Absolute increase in live weight of chickens during the main period of the experiment, g	859.6	1122.2
Average daily gain in live weight of chickens, g	61.4	80.2

Таблица 2
Гематологические показатели цыплят-бройлеров ($X \pm Sx$, $n = 4$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
В 15-дневном возрасте		
Лейкоциты, $10^9/л$	$15,50 \pm 1,62$	$14,23 \pm 3,54$
Эритроциты, $10^{12}/л$	$2,04 \pm 0,15$	$2,00 \pm 0,05$
Гемоглобин, г/л	$99,67 \pm 6,57$	$99,00 \pm 2,55$
Гематокрит, %	$32,17 \pm 1,80$	$31,57 \pm 0,62$
Средний объем эритроцитов, фл	$158,33 \pm 5,79$	$157,87 \pm 0,67$
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, г/дл	$49,00 \pm 0,83$	$49,47 \pm 0,79$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	$309,67 \pm 6,01$	$313,67 \pm 4,49$
В 30-дневном возрасте		
Лейкоциты, $10^9/л$	$19,38 \pm 4,12$	$25,90 \pm 1,90$
Эритроциты, $10^{12}/л$	$2,41 \pm 0,09$	$2,25 \pm 0,13$
Гемоглобин, г/л	$111,00 \pm 4,03$	$109,00 \pm 7,21$
Гематокрит, %	$35,05 \pm 1,23$	$33,53 \pm 2,24$
Средний объем эритроцитов, фл	$145,40 \pm 0,74$	$148,88 \pm 1,75$
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, г/дл	$46,05 \pm 0,39$	$48,38 \pm 0,57^{**}$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	$316,50 \pm 3,07$	$325,25 \pm 1,09^*$

Примечание. Здесь и далее: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$ по отношению к контролю.

Table 2
Hematological parameters of broiler chickens ($X \pm Sx$, $n = 4$)

Indicators	Group	
	Control	Experienced
At 15 days of age		
Leukocytes, $10^9/l$	15.50 ± 1.62	14.23 ± 3.54
Erythrocytes, $10^{12}/l$	2.04 ± 0.15	2.00 ± 0.05
Hemoglobin, g/l	99.67 ± 6.57	99.00 ± 2.55
Hematocrit, %	32.17 ± 1.80	31.57 ± 0.62
Mean corpuscular volume, fl	158.33 ± 5.79	157.87 ± 0.67
Mean corpuscular hemoglobin content, pg	49.00 ± 0.83	49.47 ± 0.79
Mean corpuscular hemoglobin concentration, g/l	309.67 ± 6.01	313.67 ± 4.49
At 30 days of age		
Leukocytes, $10^9/l$	19.38 ± 4.12	25.90 ± 1.90
Erythrocytes, $10^{12}/l$	2.41 ± 0.09	2.25 ± 0.13
Hemoglobin, g/l	111.00 ± 4.03	109.00 ± 7.21
Hematocrit, %	35.05 ± 1.23	33.53 ± 2.24
Mean corpuscular volume, fl	145.40 ± 0.74	148.88 ± 1.75
Mean corpuscular hemoglobin content, pg	46.05 ± 0.39	$48.38 \pm 0.57^{**}$
Mean corpuscular hemoglobin concentration, g/l	316.50 ± 3.07	$325.25 \pm 1.09^*$

Note. Hereinafter: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$ relative to control.

На начало опыта в составе крови подопытных групп цыплят-бройлеров достоверных различий выявлено не было. Однако содержание эритроцитов и лейкоцитов находилось ниже уровня референсных значений.

По завершении экспериментального периода наблюдались изменения в показателях количества лейкоцитов. Лейкоциты играют важную роль в защитных механизмах организма, осуществляя фагоцитарную активность и формируя гуморальный иммунитет. Отклонения от нормы в количестве

лейкоцитов в крови могут указывать на наличие воспалительных процессов, инфекционных заболеваний, гормональных нарушений или генетических аномалий. Полученные результаты исследования показали, что у испытуемых опытной группы уровень лейкоцитов был повышен по сравнению с контрольной группой, но находился в пределах референсных значений ($20-40 \times 10^9/л$). У контрольной группы содержание лейкоцитов было незначительно ниже нижнего предела нормы для данного показателя.

Биохимические показатели сыворотки крови цыплят-бройлеров ($X \pm Sx$, $n = 4$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
В 15-дневном возрасте		
Глюкоза, ммоль/л	14,76 ± 0,50	14,26 ± 0,34
Аспаратаминотрансфераза, Ед/л	191,70 ± 10,10	213,30 ± 11,72
Аланинаминотрансфераза, Ед/л	6,87 ± 1,37	5,57 ± 0,61
Общий белок, г/л	26,60 ± 1,95	27,87 ± 0,94
Альбумин, г/л	9,40 ± 0,99	9,70 ± 0,28
Общий холестерин, ммоль/л	3,58 ± 0,22	4,00 ± 0,23
Триглицериды, ммоль/л	0,89 ± 0,10	1,41 ± 0,36
Липопротеин очень низкой плотности, ммоль/л	0,41 ± 0,05	0,64 ± 0,16
Мочевина, ммоль/л	0,27 ± 0,15	0,62 ± 0,29
Креатинин, мкмоль/л	9,00 ± 0,71	13,00 ± 2,45
Кальций общий, ммоль/л	2,68 ± 0,05	2,85 ± 0,06
Неорганический фосфор, ммоль/л	2,49 ± 0,01	2,83 ± 0,20
В 30-дневном возрасте		
Глюкоза, ммоль/л	13,34 ± 0,57	14,00 ± 1,25
Аспаратаминотрансфераза, Ед/л	338,60 ± 81,89	404,70 ± 41,69
Аланинаминотрансфераза, Ед/л	5,03 ± 0,73	4,88 ± 0,54
Общий белок, г/л	30,03 ± 1,28	29,30 ± 1,81
Альбумин, г/л	11,43 ± 0,52	11,28 ± 0,77
Общий холестерин, ммоль/л	3,45 ± 0,22	3,54 ± 0,39
Триглицериды, ммоль/л	0,30 ± 0,03	0,26 ± 0,02
Липопротеин очень низкой плотности, ммоль/л	0,14 ± 0,01	0,12 ± 0,01
Мочевина, ммоль/л	1,04 ± 0,14	0,92 ± 0,08
Креатинин, мкмоль/л	9,25 ± 0,29	9,00 ± 0,82
Кальций общий, ммоль/л	2,59 ± 0,01	2,58 ± 0,04
Неорганический фосфор, ммоль/л	2,04 ± 0,06	1,96 ± 0,08

Table 3

Biochemical parameters of blood serum of broiler chickens, ($X \pm Sx$, $n=4$)

Indicators	Group	
	Control	Experienced
At 15 days of age		
Glucose, mmol/l	14.76 ± 0.50	14.26 ± 0.34
Aspartateaminotransferase, U/l	191.70 ± 10.10	213.30 ± 11.72
Alanineaminotransferase, U/l	6.87 ± 1.37	5.57 ± 0.61
Totalprotein, g/l	26.60 ± 1.95	27.87 ± 0.94
Albumin, g/l	9.40 ± 0.99	9.70 ± 0.28
Totalcholesterol, mmol/l	3.58 ± 0.22	4.00 ± 0.23
Triglycerides, mmol/l	0.89 ± 0.10	1.41 ± 0.36
Very low density lipoprotein, mmol/l	0.41 ± 0.05	0.64 ± 0.16
Urea, mmol/l	0.27 ± 0.15	0.62 ± 0.29
Creatinine, μmol/l	9.00 ± 0.71	13.00 ± 2.45
Totalcalcium, mmol/l	2.68 ± 0.05	2.85 ± 0.06
Inorganic phosphorus, mmol/l	2.49 ± 0.01	2.83 ± 0.20
At 30 days of age		
Glucose, mmol/l	13.34 ± 0.57	14.00 ± 1.25
Aspartateaminotransferase, U/l	338.60 ± 81.89	404.70 ± 41.69
Alanineaminotransferase, U/l	5.03 ± 0.73	4.88 ± 0.54
Totalprotein, g/l	30.03 ± 1.28	29.30 ± 1.81
Albumin, g/l	11.43 ± 0.52	11.28 ± 0.77
Totalcholesterol, mmol/l	3.45 ± 0.22	3.54 ± 0.39
Triglycerides, mmol/l	0.30 ± 0.03	0.26 ± 0.02
Very low density lipoprotein, mmol/l	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.01
Urea, mmol/l	1.04 ± 0.14	0.92 ± 0.08
Creatinine, μmol/l	9.25 ± 0.29	9.00 ± 0.82
Totalcalcium, mmol/l	2.59 ± 0.01	2.58 ± 0.04
Inorganic phosphorus, mmol/l	2.04 ± 0.06	1.96 ± 0.08

Таблица 4
Показатели развития сердца цыплят бройлеров ($X \pm Sx, n = 8$)

Группа	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина миокарда, мм
Контрольная	7,49 ± 0,27	40,70 ± 0,84	21,80 ± 0,43	5,40 ± 0,26
Опытная	7,75 ± 0,22	41,00 ± 0,52	21,90 ± 0,32	6,20 ± 0,14**

Table 4
Heart development indices of broiler chickens ($X \pm Sx, n = 8$)

Group	Weight, g	Length, mm	Width, mm	Thickness of myocardium, mm
Control	7.49 ± 0.27	40.70 ± 0.84	21.80 ± 0.43	5.40 ± 0.26
Experienced	7.75 ± 0.22	41.00 ± 0.52	21.90 ± 0.32	6.20 ± 0.14**

Таблица 5
Результаты контрольного убоя цыплят бройлеров, г ($X \pm Sx, n = 6$)

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Живая масса, г	2190,00 ± 39,54	2230,00 ± 8,34
Масса потрошенной тушки, г	1599,36 ± 28,88	1646,00 ± 6,16
Выход потрошенной тушки, %	73,03 ± 1,32	73,81 ± 0,27
Масса грудки в целом, г	332,00 ± 5,99	286,00 ± 1,07
Масса крыла, г	84,00 ± 1,52	82,00 ± 0,31
Масса бедра, г	130,00 ± 1,70	143,00 ± 0,54**
Масса голени, г	110,00 ± 1,99	118,00 ± 0,44**

Table 5
Results of anatomical cutting of broiler chicken carcasses, g ($X \pm Sx, n = 6$)

Indicators	Control	Experienced
Live weight, g	2190.00 ± 39.54	2230.00 ± 8.34
Weight of gutted carcass, g	1599.36 ± 28.88	1646.00 ± 6.16
Yield of gutted carcass, %	73.03 ± 1.32	73.81 ± 0.27
Weight of whole breast, g	332.00 ± 5.99	286.00 ± 1.07
Weight of wing, g	84.00 ± 1.52	82.00 ± 0.31
Weight of thigh, g	130.00 ± 1.70	143.00 ± 0.54**
Weight of drumstick, g	110.00 ± 1.99	118.00 ± 0.44**

Достоверные различия к концу опыта выявлены по таким показателям, как МСН (среднее содержание гемоглобина в эритроците) и МСНС (средняя концентрация гемоглобина в эритроците). Данные показатели помогают классифицировать анемию на различные типы. Так, показатель МСН у опытной группы составлял 48,38 пг, что выше контрольных аналогов на 2,33 пг (5,0 %, $P < 0,01$). Показатель МСНС составил у опытной группы 325,25 г/лг/дл, что выше, чем в контрольной группе, на 8,75 г/д (2,9 %, $P < 0,05$). По остальным показателям различия были недостоверны. В таблице 3 представлены биохимические показатели сыворотки крови подопытной птицы.

Исследование сыворотки крови цыплят-бройлеров в конце выращивания показало, что биохимические показатели были в пределах нормальных значений, статистически достоверных различий не имели.

Одна из задач научного опыта – изучение эффективности применения препарата «Бутамекс 200» для регуляции развития сердечно-сосудистой системы цыплят бройлеров. В этой связи мы ис-

следовали сердца цыплят после убоя в конце опыта по следующим показателям: масса сердца, длина и ширина сердца, толщина миокарда (сердечной мышцы). Данные представлены в таблице 4.

Исследование показало положительное влияние экспериментальных факторов на развитие сердечно-сосудистой системы цыплят. Толщина миокарда у цыплят опытной группы была на 13,4 % ($P < 0,01$) больше, чем у контрольной группы.

Важный зоотехнический показатель, от которого в большой мере зависит экономический эффект производства мяса бройлеров, – сохранность. Он выражается в процентах, определяет количество птицы, дожившей до конца процесса выращивания в производственных условиях. Технология выращивания бройлеров в производственных условиях предусматривает высокую плотность посадки, что провоцирует высокую микробную нагрузку, конкуренцию за место у кормушки и поилки. Эти факторы обуславливают величину показателя сохранности птицы. В нашем эксперименте сохранность цыплят всех подопытных групп была 100 %.

Мясная продуктивность птицы определяется ее живой массой, качественными характеристиками мяса в убойном возрасте и питательной ценностью последнего. С целью более глубокого изучения мясной продуктивности цыплят-бройлеров экспериментальных групп был проведен контрольный убой шести голов из каждой группы в 35-дневном возрасте. Процедура убоя проводилась в соответствии с методическими рекомендациями ВНИТИП [12] по анатомической разделке тушек, органолептической оценке качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы, а также морфологии яиц [12].

По результатам контрольного убоя (таблица 5) установлены статистически достоверные различия между контрольной и опытной группами по показателям «масса бедра» на 10 % ($P < 0,01$) и «масса голени» – на 7,3 % ($P < 0,01$).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применение кормовых добавок, содержащих бутафосфан, в рационе цыплят-бройлеров оказывает положительное влияние на их рост и развитие. В частности, использование препарата «Бутамакс 200» привело к повышению среднесуточного и абсолютного прироста живой массы цыплят на 23,4 %, а также к снижению затрат корма на единицу прироста живой массы на 23,1 %. Данный эффект обусловлен активизацией обменных процессов в организме птицы. Показатель среднего содержания гемоглобина в эритроците у опытной группы был на 2,33 пг (5,0 %, $P < 0,01$). Показатель средней концентрации гемоглобина в эритроците составил

у опытной группы 325,25 г/л, что выше, чем в контрольной группе, на 8,75 г/л (2,9 %, $P < 0,05$).

По результатам контрольного убоя установлены статистически достоверные различия между контрольной и опытной группами по показателям «масса бедра» на 10 % ($P < 0,01$) и «масса голени» – на 7,3 % ($P < 0,01$).

Полученные результаты дают основание для рекомендации препарата «Бутамакс 200» в рационах цыплят-бройлеров в дозировке 1 мл на 20 кг живой массы птицы. Результаты данного научно-лабораторного опыта сходятся с результатами многих авторов, изучавших влияние препаратов на основе бутафосфана, согласно которым было установлено положительное влияние данного препарата: повышение среднесуточного прироста массы тела до 9,1 %, снижение затрат корма на 1 кг прироста, активация обменных процессов, стрессоустойчивости и иммунных реакций организма. Исследование показало, что наблюдаемое улучшение функционирования печени и сердечной мышцы связано с нейтрализацией продуктов перекисного окисления липидов и оптимизацией состава крови. Авторы работы подчеркивают, что препарат стимулирует метаболические процессы в организме, способствует нормализации уровня кортизола в крови, активизирует кроветворение, синтез нуклеиновых кислот, гликогена и метионина. Кроме того, мобилизует клеточные энергетические резервы для образования дезоксирибозы и синтеза дезоксирибонуклеиновой кислоты [13–18].

Библиографический список

1. Епимахова Е. Э. Интенсивное кормление сельскохозяйственных птиц: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 92 с.
2. Иванова Н. Н., Шипилов В. В. Микроэлементный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров на фоне применения комплексной кормовой добавки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 162–166. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-162-166.
3. Котарев В. И., Лядова Л. В., Иванова Н. Н. Обмен минеральных веществ и продуктивные показатели цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки «Ликвипро» // Ветеринарный фармакологический вестник. 2019. № 4(9). С. 27–36. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2019.4.27.
4. Котарев В. И., Денисенко Л. И. Оценка приростов молодняка кур яичного направления и их сохранность при использовании в рационах пробиотической добавки // Ветеринарный фармакологический вестник. 2020. № 2 (11). С. 103–105. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.2.103.
5. Котарев В. И., Денисенко Л. И., Шипилов В. В. Показатели минерального обмена в крови и печени кур-несушек после применения комплексной пробиотической добавки // Ветеринарный фармакологический вестник. 2021. № 1 (14). С. 35–42. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2021.1.35.
6. Wickramasuriya S. S., Kim E., Cho H.-M., et al. Differential effects of dietary methionine isomers on broilers challenged with acute heat stress // Poultry Science. 2019. Vol. 56. Pp. 195–203. DOI: 10.2141/jpsa.0180072.
7. Ibrahim D., Kishawy A. T. Y., Khater S. I., et al. Effect of dietary modulation of selenium form and level on performance, tissue retention, quality of frozen stored meat and gene expression of antioxidant status in Ross broiler chickens // Animals. 2019. Vol. 9, No. 6. Article number 342. DOI: 10.3390/ani9060342.
8. Мифтахутдинов А. В., Сайфульмулюков Э. Р. Особенности белкового обмена в организме цыплят-бройлеров при применении в рационе кормовой добавки Пик-Антистресс // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2020. № 4 (57). С. 103–110. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-103-110.

9. Мифтахутдинов А. В., Сайфульмулюков Э. Р., Ноговицина Е. А., Мифтахутдинова Е. А. Качество и безопасность мяса цыплят-бройлеров при коррекции предубойного стресса // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 3. С. 71–74. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10314.

10. Чернышков А. С. Эффективность использования минеральной и органической добавок при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 3-1 (33). С. 29–34.

11. Kowalska M., Dębek W., Matuszczak E. Infantile hemangiomas: an update on pathogenesis and treatment // Journal of Clinical Medicine. 2021. Vol. 10, No. 20. Article number 4631. DOI: 10.3390/jcm10204631.

12. Лукашенко В. С., Лысенко М. А., Столляр Т. А., Кавтарашвили А. Ш., Лукашенко О. А., Дычаковская В. В., Калашников А. И. Методические рекомендации по проведению анатомической разделки тушек и органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы, и морфологии яиц. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2001. 27 с.

13. Красочко П. А., Кузьменко П. М., Капитонова Е. А., Черных О. Ю., Лысенко А. А., Неверова О. П. Влияние нового симбиотика на показатели резистентности и метаболизм цыплят-бройлеров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 84. С. 228–235. DOI: 10.21515/1999-1703-84-228-235.

14. Апалеева М. Г., Краснощекова Т. А., Андреева Г. А. Сравнительная эффективность кормовых препаратов на основе органических кислот при выращивании цыплят-бройлеров в условиях ООО «Амурский бройлер» // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 1. С. 180–189. DOI: 10.33284/2658-3135-103-1-180.

15. Васильева К. В., Коломиец С. Н. Влияние нового препарата на основе органических кислот на пищеварение и некоторые показатели обмена веществ цыплят бройлеров // Ветеринарный врач. 2021. № 1. С. 21–25. DOI: 10.33632/1998-698X.2021-1-21-25.

16. Иванова Н. Н., Шипилов В. В. Микроэлементный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров на фоне применения комплексной кормовой добавки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 162–166. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-162-166.

17. Фисинин В. И., Сайфульмулюков Э. Р., Мифтахутдинов А. В. Специализированные фармакологические препараты и кормовые добавки, применяемые в птицеводстве для профилактики технологических стрессов: стрессы различной этиологии // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 4. С. 31–47. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_4_31.

18. Ширинян М. Э., Саргсян В. А. Сравнение кардиовагального ответа барорефлекса на фоне однократного введения фобуфола и пропранолола у нормотензивных крыс // Проблемы современной науки и образования. 2021. № 9. С. 13–16. DOI: 10.24411/2304-2338-2021-10902.

Информация об авторах:

Айгюль Маюровна Бекшенова, младший научный сотрудник отдела животноводства, НИИСХ Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия; ORCID 0009-0006-5477-2913, AuthorID 1143889. E-mail: bekshenova.am@edu.gausz.ru

Светлана Сергеевна Александрова, научный сотрудник отдела животноводства, НИИСХ Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия; ORCID 0000-0002-6436-4124, AuthorID 759266. E-mail: aleksandrova977@mail.ru

Сергей Вадимович Логинов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, НИИСХ Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Тюмень, Россия; ORCID 0000-0002-2586-8952, AuthorID 928188. E-mail: loginovsv@gausz.ru

References

1. Epimakhova E. E. Intensive feeding of agricultural birds: a tutorial. Saint Petersburg: Lan', 2020. 92 p. (In Russ.)

2. Ivanova N. N., Shipilov V. V. Microelement composition of muscle tissue of broiler chicken in case of application of complex feed additive. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021; 4: 162–166. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-162-166. (In Russ.)

3. Kotarev V. I., Lyadova L. V., Ivanova N. N. Mineral metabolism and productive indicators of broiler chickens when using the feed additive “Liquipro”. *Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2019; 4 (9): 27–36. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2019.4.27(In Russ.)

4. Kotarev V. I., Denisenko L. I. Evaluation of the gains of young egg-laying hens and their safety when using a probiotic additive in diets. *Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2020; 2 (11): 103–105. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.2.103. (In Russ.)

5. Kotarev V. I., Denisenko L. I., Shipilov V. V. Indicators of mineral metabolism in the blood and liver of laying hens after the use of a complex probiotic supplement. *Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2021; 1 (14): 35–42. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2021.1.35. (In Russ.)
6. Wickramasuriya S. S., Kim E., Cho H.-M. Differential effects of dietary methionine isomers on broilers challenged with acute heat stress. *Poultry Science*. 2019; 56: 195–203. DOI: 10.2141/jpsa.0180072.
7. Ibrahim D., Kishawy A. T. Y., Khater S. I. Effect of dietary modulation of selenium form and level on performance, tissue retention, quality of frozen stored meat and gene expression of antioxidant status in Ross broiler chickens. *Animals*. 2019; 9; 6: 342. DOI: 10.3390/ani9060342.
8. Miftakhutdinov A. V., Saifulmulyukov E. R. Features of protein metabolism in the body of broiler chickens when using the feed additive Peak-Antistress in the diet. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2020; 4 (57): 103-110. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-103-110. (In Russ.)
9. Miftakhutdinov A. V., Saifulmulyukov E. R., Nogovitsyna E. A., Miftakhutdinova E. A. Quality and safety of broiler meat and the correction of pre-slaughter stress. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 3: 71–74. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10314. (In Russ.)
10. Chernyshkov A. S. Efficiency of using mineral and organic additives in growing broiler chickens. *Vestnik of Don State Agrarian University*. 2019; 3-1 (33): 29–34. (In Russ.)
11. Kowalska M., Dębek W., Matuszczak E. Infantile hemangiomas: an update on pathogenesis and treatment. *Journal of Clinical Medicine*. 2021; 10 (20): 12. DOI: 10.3390/jcm10204631.
12. Lukashenko V. S., Lysenko M. A., Stolyar T. A., Kavtarashvili A. Sh., Lukashenko O. A., Dychakovskaya V. V., Kalashnikov A. I. Guidelines for anatomical cutting of carcasses and organoleptic assessment of the quality of meat and eggs of agricultural poultry, and egg morphology. Sergiev Posad: All-Russian Research and Technological Poultry Institute, 2004. 26 p. (In Russ.)
13. Krasochko P. A., Kuzmenko P. M., Kapitonova E. A., Chernykh O. Yu., Lysenko A. A., Neverova O. P. The influence of a new symbiotic on resistance indices and metabolism of broiler chickens. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2020; 84: 228–235. DOI: 10.21515/1999-1703-84-228-235. (In Russ.)
14. Apaleeva M. G., Krasnoshchekova T. A., Andreeva G. A. Comparative efficiency of feed preparations based on organic acids in growing broiler chickens under the conditions of Amur Broiler LLC. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2020; 103; 1: 180–189. DOI: 10.33284/2658-3135-103-1-180(In Russ.)
15. Vasilyeva K. V., Kolomiets S. N. Effect of a new preparation based on organic acids on digestion and some indicators of metabolism in broiler chickens. *Veterinarny Vrach*. 2021; 1: 21–25. DOI: 10.33632/1998-698X.2021-1-21-25. (In Russ.)
16. Ivanova N. N., Shipilov V. V. Microelement composition of muscle tissue of broiler chicken in case of application of complex feed additive. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021; 4: 162–166. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-162-166. (In Russ.)
17. Fisinin V. I., Saifulmulyukov E. R., Miftakhutdinov A. V. Specialised pharmacological preparations and feed additives used in poultry farming to prevent technology stress: stress of various aetiologies. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2023; 37; 4: 31–47. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_4_31. (In Russ.)
18. Shirinyan M. E., Sargsyan V. A. On the comparison of the cardiovascular response of baroreflex against the background of a single administration of fobufol (phobufol) and propranolol in normotensive rats. *Problems of Modern Science and Education*. 2021; 9: 13–16. DOI: 10.24411/2304-2338-2021-10902. (In Russ.)

Authors' information

Aygyul M. Bekshenova, junior researcher at the livestock department, Research Institute of the Northern Urals – branch of the Tyumen Scientific Research Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia; ORCID 0009-0006-5477-2913, AuthorID 1143889. *E-mail: bekshenova.am@edu.gausz.ru*

Svetlana S. Aleksandrova, researcher at the department of livestock husbandry, Research Institute of the Northern Urals – branch of the Tyumen Scientific Research Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0002-6436-4124, AuthorID 759266. *E-mail: aleksandrova977@mail.ru*

Sergey V. Loginov, candidate of agricultural sciences, researcher, Research Institute of the Northern Urals – branch of the Tyumen Scientific Research Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0002-2586-8952, AuthorID 928188. *E-mail: loginovsv@gausz.ru*

Фотолюминесцентный метод контроля влажности жмыхов

М. В. Беляков[✉], Е. А. Никитин, Д. С. Пятченков, Д. А. Благов
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия
[✉]E-mail: bmw20100@mail.ru

Аннотация. Для отслеживания содержания сухого вещества в кормах необходима разработка методов и приборов, которые будут быстро и точно измерять влажность. **Цель** исследований – применение люминесцентного метода контроля содержания влаги в соевом и подсолнечном жмыхах для создания методики фотолюминесцентного определения влажности жмыхов и обоснования параметров оборудования для ее реализации. **Методы.** Предварительно готовили измельченные образцы соевого и подсолнечного жмыхов с арбитражным контролем влажности на анализаторе ML-50. Измеряли их спектральные характеристики в диапазоне 250–600 нм на дифракционном спектрофлуориметре CM2203. Вычисляли интегральную поглощательную способность и поток фотолюминесценции, а также статистические параметры: математическое ожидание, дисперсию, асимметрию и эксцесс. **Результаты.** Спектры соевого жмыха содержат максимумы на длинах волн 282 нм, 365 нм, 388 нм и 428 нм, а спектры подсолнечного жмыха – только на 382 нм и 424 нм. При увеличении влажности спектральные характеристики возбуждения и фотолюминесценции смещаются вниз. Для измерения влажности соевого жмыха целесообразно использовать возбуждающее излучение с длиной волны 365 нм ввиду относительно малой погрешности (5,5 %) и наибольшей величины фотосигнала. Для подсолнечного жмыха следует использовать длину волны возбуждающего излучения 382 нм из-за наибольшей чувствительности и величины фотосигнала. Линейные аппроксимации зависимостей потока от влажности для жмыхов являются статистически достоверными ($R^2 = 0,83$ для соевого и $R^2 = 0,94$ для подсолнечного). Статистические параметры жмыхов в зависимости от влажности меняются либо нелинейно, либо нелинейно. Методика фотолюминесцентного контроля влажности жмыхов включает в себя возбуждение и регистрацию потока люминесцентного излучения с последующим усилением сигнала и расчетом влажности по полученным зависимостям. **Научная новизна.** Впервые измерены спектры и рассчитаны параметры люминесценции жмыхов различной влажности. Получены зависимости потоков фотолюминесценции от влажности жмыхов. Разработана методика определения влажности, обоснованы спектральные параметры источников и приемников излучения для ее последующей приборной реализации.

Ключевые слова: концентрированные корма, приготовление кормов, жмых соевый, жмых подсолнечный, влажность, поток фотолюминесценции, статистические параметры

Для цитирования: Беляков М. В., Никитин Е. А., Пятченков Д. С., Благов Д. А. Фотолюминесцентный метод контроля влажности жмыхов // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 586–596. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-586-596>.

Дата поступления статьи: 28.10.2024, **дата рецензирования:** 09.12.2024, **дата принятия:** 17.02.2025.

Photoluminescent method of monitoring the moisture content of cake

M. V. Belyakov[✉], E. A. Nikitin, D. S. Pyatchenkov, D. A. Blagov

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

[✉]E-mail: bmw20100@mail.ru

Abstract. To track the dry matter content in feed, it is necessary to develop methods and devices that will rapidly and accurately measure humidity. **The purpose** of the research is to use a luminescent method to control the moisture content in soybean and sunflower cakes to create a technique for photoluminescent determination of the moisture content of cakes and substantiate the parameters of the equipment for its implementation. **Methods.** Pre-prepared crushed samples of soybean and sunflower cake with arbitrage humidity control on an ML-50 analyzer. Their spectral characteristics were measured in the range of 250–600 nm using a CM2203 diffraction spectrofluorimeter. The integral absorption capacity and photoluminescence flux were calculated, as well as statistical parameters: expectation, variance, asymmetry and kurtosis. **Results.** The spectra of soybean cake contain maxima at wavelengths of 282 nm, 365 nm, 388 nm and 428 nm, while the spectra of sunflower cake contain only maxima of 382 nm and 424 nm. With increasing humidity, the spectral characteristics of excitation and photoluminescence shift downwards. To measure the moisture content of soybean meal, it is advisable to use exciting radiation with a wavelength of 365 nm due to the relatively small error (5.5 %) and the largest magnitude of the photo signal. For sunflower cake, the wavelength of the exciting radiation 382 nm should be used because of the highest sensitivity and magnitude of the photo signal. Linear approximations of the flow dependence on humidity for cake are statistically reliable ($R^2 = 0.83$ for soybean and $R^2 = 0.94$ for sunflower). The statistical parameters of the cake, depending on humidity, change either non-systematically or non-linearly. The technique of photoluminescent moisture control of cakes includes excitation and registration of the luminescent radiation flux, followed by signal amplification and humidity calculation based on the obtained dependencies. **Scientific novelty.** For the first time, the spectra were measured and the luminescence parameters of cakes of various humidity were calculated. Dependences of photoluminescence fluxes on the moisture content of cakes are obtained. A method for determining humidity has been developed and the spectral parameters of radiation sources and receivers have been substantiated for its subsequent instrument implementation.

Keywords: concentrated feed, feed preparation, soybean cake, sunflower cake, humidity, photoluminescence flux, statistical parameters

For citation: Belyakov M. V., Nikitin E. A., Pyatchenkov D. S., Blagov D. A. Photoluminescent method of monitoring the moisture content of meal. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 586–596. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-586-596>. (In Russ.)

Date of paper submission: 28.10.2024, **date of review:** 09.12.2024, **date of acceptance:** 17.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Кормление крупного рогатого скота – это ключевое технологическое мероприятие, определяющее себестоимость производства продукции животноводства при производстве молока и говядины. Помимо продуктивности животных, определяемой суточным привесом живой массы животного или количества получаемого молока при доении, кормление и состав рациона влияют на количество получаемых организмом животного полезных химических веществ, способствующих поддержанию продуктивного долголетия.

Наиболее значимым показателем, который определяет количество попадающих в организм животного питательных веществ, является уровень содержания сухого вещества.

На практике этот показатель определяют двумя способами:

- 1) прямой способ предполагает первичное определение массы образца корма и проведение последующей сушки с использованием специализированного оборудования и определения массы высушенного образца, который характеризует долю нейтрализованной влаги и остаток сухого вещества;
- 2) косвенный способ предполагает определение содержания влаги в исследуемом образце, например, диэлькометрическим методом и расчет обратной величины, которая характеризует содержание сухого вещества [1].

Процедуры, связанные с определением содержания сухого вещества или влажности биообъектов, имеют высокую актуальность в перерабатывающей промышленности на этапе входного кон-

троля растительного сырья и зерновых культур. Зарегистрированные параметры определяют типы технологического воздействия на биообъект при последующей переработке и режимы работы технологического оборудования.

В животноводстве определение сухого вещества или влажности необходимо в случае применения технологии кормления полнорационными кормовыми смесями, когда каждый компонент объемистого корма (силос, сено, сенаж), концентрированного корма (зерновые размолы, жмыхи, шроты) и минеральные добавки измельчают и смешивают в виде кормовой смеси.

При этом балансирование кормовой смеси осуществляется не только по содержанию сухого вещества, но и по другим показателям питательной ценности, таким как содержание протеина, содержание крахмала, содержание клетчатки и др.

В большинстве своем основу рациона кормления крупного рогатого скота формируют объемистые корма, которые в 99 % случаев выращиваются и производятся собственными силами предприятия, специализирующегося на производстве продукции животноводства [2].

В то же время добиваться достаточного количественного содержания протеина в объемистых кормах собственного выращивания – довольно сложная задача, которая требует регулярного ухода за полевыми угодьями, в том числе предполагающего внесение органических и минеральных удобрений. Как следствие, большинство производителей продукции животноводства, получаемой от крупного рогатого скота, балансируют кормовую смесь по содержанию протеина, уровень которого удовлетворит потребностям животного для достижения конкурентных показателей продуктивности на мировом уровне, путем использованием белковых кормовых добавок, получаемых на перерабатывающих продукцию растениеводства предприятиях.

В качестве белковых кормовых добавок наиболее часто используют жмыхи и шроты [3]. Например, жмых соевый и подсолнечный – энергетически ценные компоненты. Кормовым достоинством соевого жмыха является его аминокислотный состав, который схож с белками животного происхождения, а также высокое содержание нерасщепляемого протеина в рубце на уровне 39,7 %. Это позволяет получить дополнительный белок, идущий на синтез молока, путем включения соответствующего компонента в кормовую смесь. Добавление соевого жмыха в рацион лактирующих коров в количестве 1–2 кг позволяет увеличить молочную продуктивность на 1,5–2 л [4; 5].

Жмых подсолнечный является ценным белковым сырьем, в котором содержится до 90 % расщепляемого протеина в рубце [6]. Однако необходимо учитывать, что содержание защищенного

протеина в нем не превышает 10 %, в то время как в соевом его до 45 %. Это может со временем привести к заболеваниям печени из-за образующегося аммиака [7; 8]. К достоинствам жмыха из подсолнечника можно отнести его вкусовые качества и поедаемость животными, что способствует быстрому росту живой массы, повышает иммунитет за счет своего витаминно-минерального состава и т. д. [9].

Кроме описанных кормовых достоинств, данные корма имеют высокое содержание сухого вещества: жмых подсолнечный – 920 г, а жмых соевый – 910 г. Стоит отметить, что в среднем содержание сухого вещества для жмыхов и шротов находится на уровне 90 % (900 г/кг). Если же данный вид корма имеет более низкое содержание данного показателя, то это будет свидетельствовать о том, что данные корма хранились в ненадлежащих условиях, а также с ростом влажности уменьшается содержание питательных веществ в весовом выражении [10]. Кроме того, если в жмыхах больше влаги, чем предусмотрено ГОСТ 27149-95, ГОСТ 80-96, то такие корма будут иметь ограниченный срок хранения, поскольку станут средой для развития патогенной микрофлоры и в дальнейшем на корм животным не пойдут [11].

Поэтому в основу менеджмента кормления, помимо балансирования протеиновой питательной ценности, необходимо положить определение и отслеживание содержания сухого вещества на различных технологических этапах.

Для решения данной задачи необходимы приборы, которые будут проводить оперативное измерение значимых показателей питательной ценности с учетом вида жмыха. При этом прибор должен обладать высокой скоростью работы. Среди существующих решений наиболее эффективно удовлетворяют подобным требованиям оптические приборы.

Обобщая вышеизложенное, необходимо учитывать, что компоненты кормовой смеси (жмых подсолнечный, жмых соевый) для производителя продукции животноводства являются покупными и дорогостоящими, вследствие чего входной контроль на предмет содержания уровня влаги в жмыхах является достаточно злободневным вопросом и позволяет определять технологическое соответствие приобретаемого корма на этапе поставки.

Содержание влаги в последующем служит основой в принятии управленческого решения (масса дозирования компонента на голову) при включении белкового корма в кормовую смесь на этапе составления рациона и непосредственного приготовления [12; 13].

Определение содержания влаги позволяет производить приборы, функционирующие на основе различных химических методов. При этом в научной практике чаще упоминают оптические методы, которые основаны на детектировании оптической реакции при попадании излучения различной дли-

ны волны на исследуемый образец, размещенный в светозащитной камере [14].

Например, фотолюминесцентный метод детектирования биообъектов дает возможность обеспечивать сквозной контроль качества выращиваемой сельскохозяйственной продукции на предмет предельно допустимых концентраций нежелательных кислот, определять эффективность обеззараживания семян фунгицидом, выявлять на ранней стадии бактерии, провоцирующие развитие фузариоза [15; 16].

Аппаратную часть подобных приборов составляют электронные компоненты, воспринимающие фотосигнал и используемые в том числе в промышленной сфере и системах безопасности [17].

Более совершенные аппаратно-программные комплексы, где средства оптического контроля оснащаются вычислительным устройством с алгоритмами машинного обучения, позволяют сегментировать вещества в растворах или смесях и прогнозировать их свойства на основе методов нечеткой логики [18; 19].

Ключевым недостатком существующих исследований является нечеткое описание процесса создания оптических калибровок и алгоритмов, которые служат инструментом интерпретации косвенных параметров фотолюминесценции, характеризующих изменение питательной ценности сельскохозяйственных кормов, содержания влаги или содержания сухого вещества [20].

Представленное исследование во многом объясняет процесс экспресс-детектирования содержания влаги в кормах люминесцентным методом.

Цель исследований – изучение возможностей применения люминесцентного метода для контроля содержания влаги в соевом и подсолнечном жмыхах для создания методики фотолюминесцентного определения влажности жмыхов и обоснования параметров оборудования для ее реализации.

Методология и методы исследования (Methods)

Процесс дробления опытных образцов жмыха производили с помощью устройства по типу лабораторной мельницы ЛЗМ со стальным двухлопастным ножом в течение 60 секунд, что обеспечивало измельчение до заданной крупности. Модуль помола определяли решетчатым классификатором, который представляет собой прибор с набором расположенных друг над другом сит с различными отверстиями (при этом внутри каждого сита они одинаковые). Максимальный диаметр частицы в пробе – 1 мм. Полученную навеску корма отправляют в анализатор влажности AND ML-50 для установления первичного содержания влаги в исследуемом образце. Масса навески берется в количестве 10 г и равномерно распределяется по тарелке прибора. Сушка проводится при 130 °С (ГОСТ 31640-2012). Зная исходную влажность корма, при помощи добавления дистиллированной воды капельным методом (при помощи пипетки Пастера) осуществ-

ляется варьирование исходного показателя. Эмпирическим путем было установлено, что 0,15–0,2 грамма воды увеличивают содержание влаги на 1,7 %. Исходя из полученных данных, последовательно готовится не менее 4 навесок с различным уровнем влажности с шагом в 0,2 грамма. Методика уменьшения содержания влажности в концентрированном корме является схожей с ее увеличением. После того как была определена влажность корма, устанавливается шаг уменьшения значения. Это необходимо для получения не менее 3 точек до конечной влажности. Например, влажность размола ячменя составила 7 %, тогда для определения шага необходимо $7 / 3 = 2,33$ %. Следовательно, шаг при сушке исследуемой навески будет $1 = 2,33$ %, $2 = 4,67$ %, $3 = 6,99$ %. При достижении требуемого значения влажности AND ML-50 останавливают. Полученные навески необходимой влажности передаются для спектральных измерений.

Спектральные характеристики возбуждения и люминесценции получали с помощью спектрофлуориметра CM2203 (SOLAR). Методика проведения исследований аналогична [15]. Спектры возбуждения $\eta(\lambda)$ измеряли при синхронном сканировании в диапазоне от 250–600 нм. В спектрах возбуждения определяли основные максимумы (пики) с длинами волн λ_b и при возбуждении ими измеряли спектры фотолюминесценции $\varphi_d(\lambda)$. Затем были рассчитаны интегральная поглощательная способность H и поток фотолюминесценции Φ . В программном пакете Microcal Origin были рассчитаны статистические параметры – математическое ожидание M_x , дисперсия σ^2 , асимметрия As и эксцесс Ex .

Результаты (Results)

Спектры возбуждения размолов соевого жмыха различной влажности представлены на рис. 1.

Спектр размолотого соевого жмыха содержит два наиболее выраженных основных максимума: 388 нм и 428 нм. Менее выраженными являются характерный для растительных кормов максимум 365 нм и небольшой коротковолновый максимум 282 нм. В дальнейшем эти максимумы были выбраны в качестве длин волн возбуждения λ_b для измерения спектров люминесценции $\varphi_d(\lambda)$. В спектре возбуждения размолотого подсолнечного жмыха имеются только максимумы 382 нм и 424 нм.

В качестве примера на рис. 2 и 3 приведено семейство спектров люминесценции при возбуждении $\lambda_b = 362$ нм для соевого жмыха и $\lambda_b = 424$ нм для подсолнечного жмыха соответственно.

Спектральные характеристики люминесценции находятся в диапазонах 410–600 нм для возбуждения $\lambda_b = 282$ нм и $\lambda_b = 362$ нм, но по максимальным значениям вторые превосходят первые более чем в 4 раза. При увеличении влажности кривые смещаются вниз, но в диапазоне влажностей примерно 9–12 % кривые накладываются друг на друга.

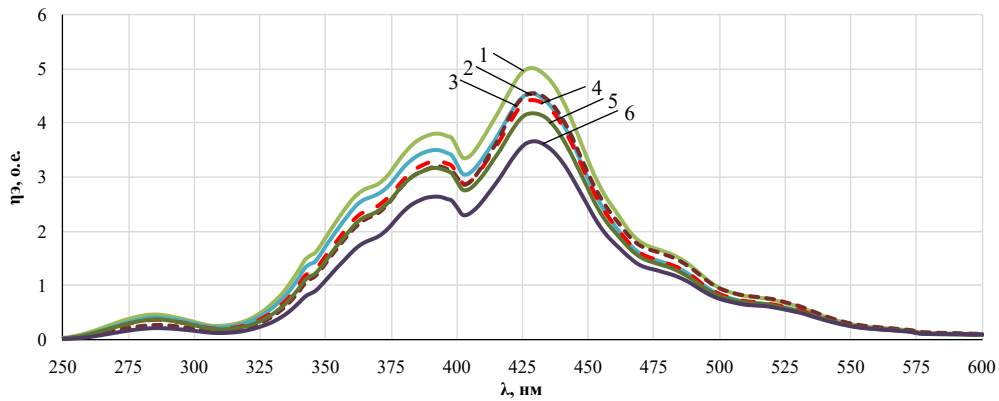


Рис. 1. Синхронные спектры возбуждения размола соевого жмыха различной влажности: 1 – 5,8 %, 2 – 11,9 %, 3 – 8,1 %, 4 – 9,4 %, 5 – 13,8 %, 6 – 15,5 %

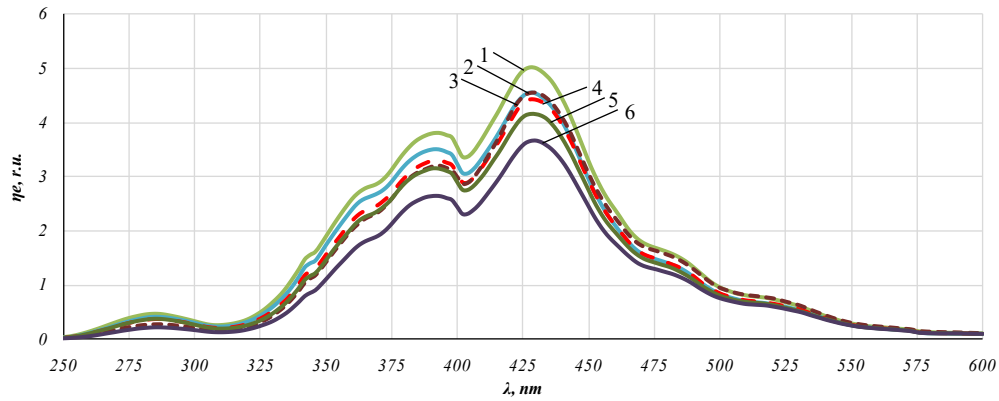


Fig. 1. Synchronous excitation spectra of soybean meal grinding of different humidity: 1 – 5.8 %, 2 – 11.9 %, 3 – 8.1 %, 4 – 9.4 %, 5 – 13.8 %, 6 – 15.5 %

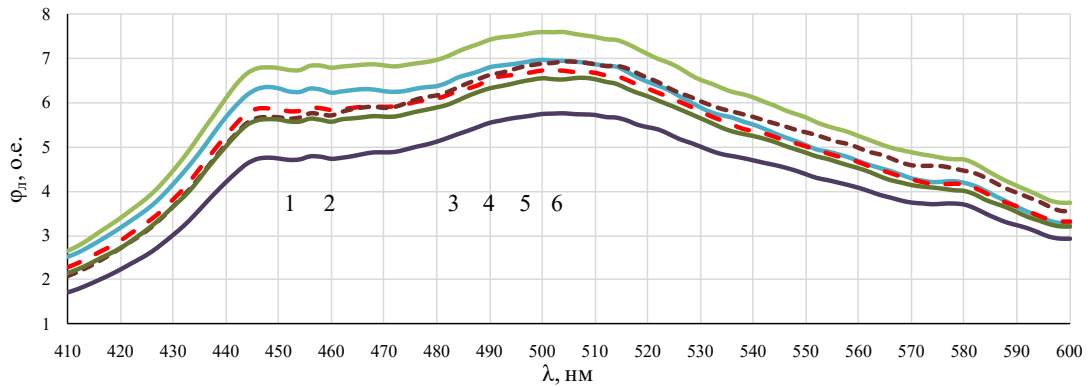


Рис. 2. Спектры люминесценции размола соевого жмыха различной влажности для длины волны возбуждения 362 нм: 1 – 5,8 %, 2 – 8,1 %, 3 – 11,9 %, 4 – 9,4 %, 5 – 13,8 %, 6 – 15,5 %

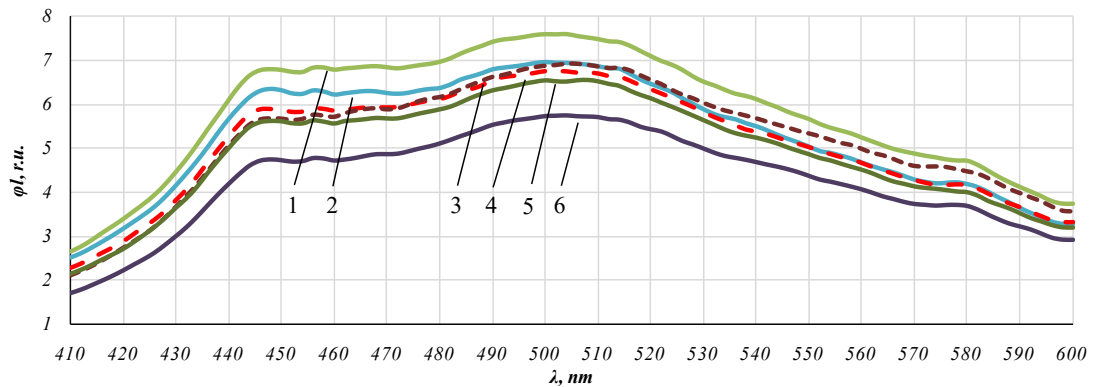


Fig. 2. Luminescence spectra of soybean meal grinding of different humidity for an excitation wavelength of 362 nm: 1 – 5.8 %, 2 – 8.1 %, 3 – 11.9 %, 4 – 9.4 %, 5 – 13.8 %, 6 – 15.5 %

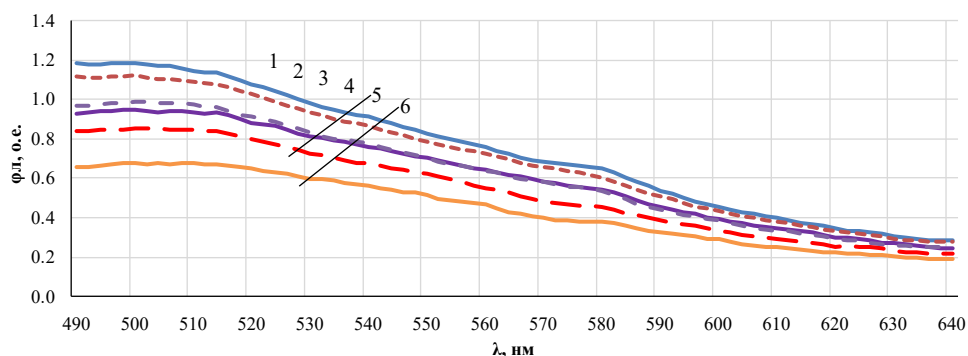


Рис. 3. Спектры фотолюминесценции размола подсолнечного жмыха различной влажности для длины волны возбуждения 424 нм: 1 – 8,2 %; 2 – 10,3 %; 3 – 14,7 %; 4 – 13,0 %; 5 – 16,3 %; 6 – 19,1 %

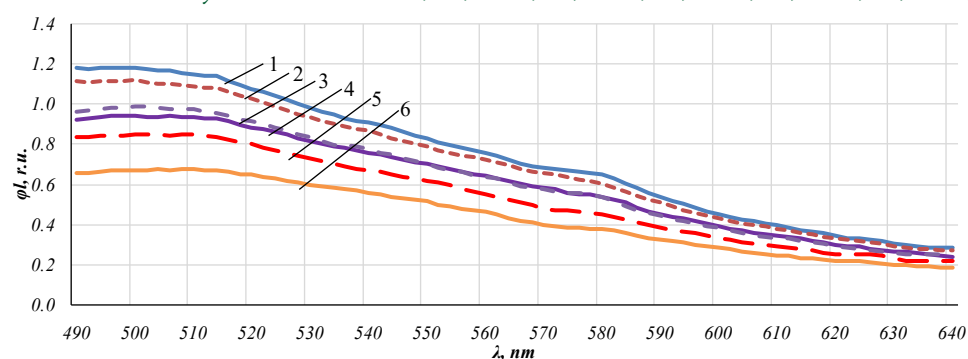


Fig. 3. Photoluminescence spectra of sunflower cake grinding of different humidity for an excitation wavelength of 424 nm: 1 – 8.2 %; 2 – 10.3 %; 3 – 14.7 %; 4 – 13.0 %; 5 – 16.3 %; 6 – 19.1 %

То же самое характерно для спектров $\phi_{\lambda}(\lambda)$ подсолнечного жмыха (рис. 3): кривые с увеличением влажности смещаются вниз, но при средних влажностях 13–15 % происходит их наложение.

Рассчитанные интегральные потоки фотолюминесценции и статистические параметры спектров возбуждения представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Для соевого жмыха максимальная относительная погрешность наиболее высокая при $\lambda_{\text{в}} = 282$ нм (8,2 %), а для остальных длин волн возбуждения – заметно меньше: для $\lambda_{\text{в}} = 365$ нм – не более 5,5 %, для $\lambda_{\text{в}} = 388$ нм и $\lambda_{\text{в}} = 428$ нм – не более 4,7 % и 4,3 % соответственно. Вместе с тем при линейной аппроксимации зависимостей $\Phi(W)$ она является статистически достоверной только для $\lambda_{\text{в}} = 282$ нм (коэффициент детерминации $R^2 = 0,87$) и $\lambda_{\text{в}} = 365$ нм ($R^2 = 0,83$). Рассчитана относительная чувствительность изменения потока при изменении влажности по формуле:

$$S_{\text{отн}} = \left| 100 \frac{\Delta\Phi}{\Delta W \cdot \Phi_{\text{макс}}} \right|, \quad (1)$$

где $\Delta\Phi/\Delta W$ – скорость изменения потока при изменении влажности,

$\Phi_{\text{макс}}$ – максимальное значение потока.

Установлено, что наибольшая чувствительность 2,74 о.е./% характерна для $\lambda_{\text{в}} = 282$ нм, а для $\lambda_{\text{в}} = 365$ нм она немного меньше – 2,14 о.е./%. Однако существенным достоинством возбуждения

$\lambda_{\text{в}} = 365$ нм являются в более чем в пять раз больший фотосигнал (см. таблицу 1) и использование более дешевых и распространенных светодиодов при приборной реализации измерений. Таким образом, из компромиссных соображений выберем возбуждающее излучение длины волны 365 нм для контроля влажности соевого жмыха.

Для подсолнечного жмыха при возбуждении излучением 382 нм меньше относительная погрешность определения потока (до 7,4 % против 12,5 % у $\lambda_{\text{в}} = 424$ нм), выше относительная чувствительность (4,21 о.е./% против 3,55 о.е./% у $\lambda_{\text{в}} = 424$ нм) и в 2,2–2,6 раза выше величина фотосигнала. При этом линейные аппроксимации зависимостей $\Phi_{382}(W)$ и $\Phi_{424}(W)$ являются статистически достоверными ($R^2 = 0,94$ и $R^2 = 0,96$ соответственно). Таким образом, наилучшим будет использование излучение 382 нм для фотолюминесцентного контроля влажности подсолнечного жмыха.

Статистические параметры соевого жмыха в зависимости от влажности меняются несистемно (коэффициент детерминации 0,34–0,61). У подсолнечного жмыха математическое ожидание и дисперсия меняются несистемно, а зависимость $As(W)$ имеет максимум при влажности 13–15 %. Экспесс до влажности 15 % не меняется, а затем начинает падать почти в 1,5 раза. Однако, к сожалению, данные зависимости вряд ли могут быть использованы для определения влажности жмыха.

Таблица 1

Интегральные потоки фотолюминесценции жмыхов различной влажности

W, %	$\Phi \pm \Delta\Phi$, о. е., при λ_e , нм			
	Соевый жмых			
	282	365	388	428
5,8	207 ± 17	1118 ± 61	1520 ± 72	1760 ± 76
8,1	185 ± 6	1019 ± 22	1367 ± 30	1565 ± 36
9,4	175 ± 12	981 ± 37	1338 ± 35	1550 ± 41
11,9	172 ± 8	1001 ± 40	1395 ± 48	1691 ± 49
13,8	169 ± 8	948 ± 40	1286 ± 53	1501 ± 61
15,5	139 ± 5	827 ± 22	1147 ± 26	1375 ± 37
	Подсолнечный жмых			
	382			424
	8,2	290 ± 16		110 ± 7
10,3	257 ± 11		104 ± 5	
13,0	206 ± 11		92 ± 5	
14,7	221 ± 10		92 ± 7	
16,3	191 ± 11		80 ± 10	
19,1	148 ± 11		66 ± 5	

Table 1

Integral photoluminescence fluxes of cakes of different humidity

W, %	$\Phi \pm \Delta\Phi$, r. u., at λ_e , nm			
	Soy cake			
	282	365	388	428
5.8	207 ± 17	1118 ± 61	1520 ± 72	1760 ± 76
8.1	185 ± 6	1019 ± 22	1367 ± 30	1565 ± 36
9.4	175 ± 12	981 ± 37	1338 ± 35	1550 ± 41
11.9	172 ± 8	1001 ± 40	1395 ± 48	1691 ± 49
13.8	169 ± 8	948 ± 40	1286 ± 53	1501 ± 61
15.5	139 ± 5	827 ± 22	1147 ± 26	1375 ± 37
	Sunflower cake			
	382			424
	8.2	290 ± 16		110 ± 7
10.3	257 ± 11		104 ± 5	
13.0	206 ± 11		92 ± 5	
14.7	221 ± 10		92 ± 7	
16.3	191 ± 11		80 ± 10	
19.1	148 ± 11		66 ± 5	

Таблица 2

Статистические параметры синхронных спектров возбуждения жмыхов различной влажности

W, %	M_λ , нм	σ^2	As	Ex
Соевый жмых				
5,8	417	3114	0,110	0,516
8,1	417	3042	0,115	0,533
9,4	419	3044	0,116	0,539
11,9	423	2972	0,183	0,520
13,8	419	3083	0,102	0,545
15,5	423	2955	0,217	0,538
Подсолнечный жмых				
8,2	401	2028	0,835	2,033
10,3	405	1987	1,040	2,040
13,0	406	2059	1,187	2,024
14,7	408	1976	1,158	2,071
16,3	405	2173	0,906	1,829
19,1	410	2406	0,565	1,422

Statistical parameters of synchronous excitation spectra of cakes of different humidity

$W, \%$	M, nm	σ^2	As	Ex
Soy cake				
5.8	417	3114	0.110	0.516
8.1	417	3042	0.115	0.533
9.4	419	3044	0.116	0.539
11.9	423	2972	0.183	0.520
13.8	419	3083	0.102	0.545
15.5	423	2955	0.217	0.538
Sunflower cake				
8.2	401	2028	0.835	2.033
10.3	405	1987	1.040	2.040
13.0	406	2059	1.187	2.024
14.7	408	1976	1.158	2.071
16.3	405	2173	0.906	1.829
19.1	410	2406	0.565	1.422

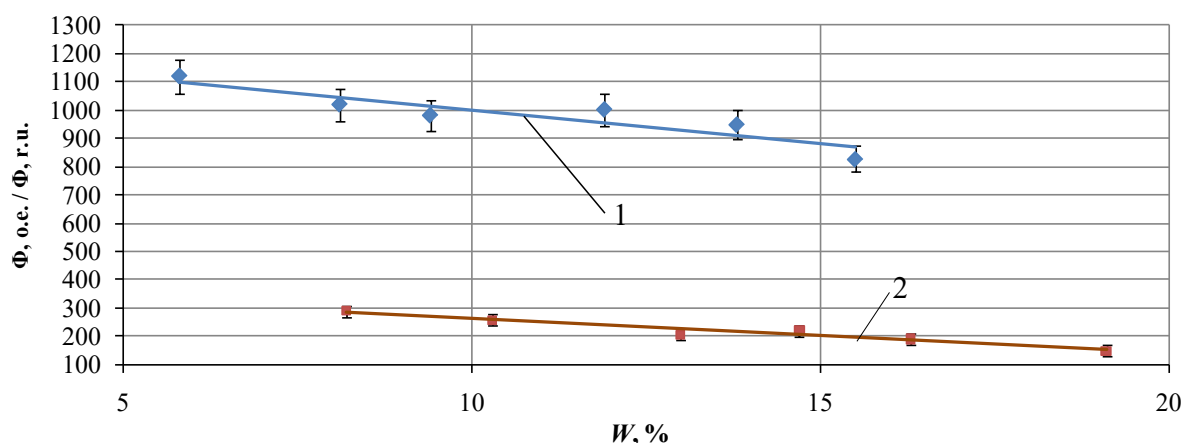


Рис. 4. Зависимость потоков фотолюминесценции от влажности жмыхов: 1 – соевого, 2 – подсолнечного
 Fig. 4. Dependence of photoluminescence fluxes on the moisture content of cakes: 1 – soy, 2 – sunflower

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Из вышеизложенного следует, что для определения влажности жмыхов следует использовать зависимости потоков $\Phi_{365}(W)$ для соевого и $\Phi_{382}(W)$ для подсолнечного (рис. 4).

Для растительных кормов различной влажности изменение потока фотолюминесценции вызвано тушением люминесценции за счет изменения концентрации механически связанной (свободной) влаги в приповерхностных тканях. Статическое тушение обусловлено образованием нелюминесцирующего продукта в результате взаимодействия люминофора с тушителем. Если поглощение люминофора и комплекса одинаково, то можно записать:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = 1 + \beta Q, \quad (2)$$

где η – выход люминесценции в присутствии тушителя;

η_0 – выход люминесценции в присутствии тушителя (воды);

β – константа устойчивости нелюминесцирующего комплекса;

Q – концентрация молекул тушителя (воды).

То есть экспериментально подтверждена обратно пропорциональная зависимость параметров возбуждения (и зависящей от него люминесценции) от содержания влаги.

Методика фотолюминесцентного контроля влажности жмыхов включает в себя (рис. 5):

- возбуждение люминесценции излучением 365 нм для соевого или 382 нм для подсолнечного жмыха;

- регистрацию фотолюминесцентного потока излучения в диапазонах 410–600 нм или 430–600 нм;

- преобразование полученного фотосигнала (потока Φ) в пропорциональный ему электрический сигнал U и его усиление;

- определение значения влажности на основе установленных зависимостей $\Phi_{365}(W)$ для соевого и $\Phi_{382}(W)$ для подсолнечного жмыхов и полученных градуировочных характеристик $W(\Phi)$.

При дальнейшей приборной реализации с учетом близости для обоих видов жмыхов длин волн возбуждения и диапазонов регистрации фотолюминесценции возможна унификация опико-электронных компонентов – источников и приемников излучения.



Рис. 5. Методика фотолюминесцентного определения влажности жмыхов

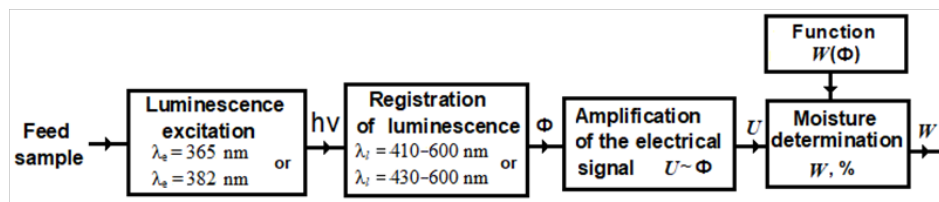


Fig. 5. Method of photoluminescent determination of cake moisture

Таким образом, на основе полученных зависимостей потоков фотолюминесценции от содержания влаги в соевом и подсолнечном жмыхах предложена методика контроля влажности, входящая в разрабатываемое новое оборудование для определения питательной ценности кормов. Это даст возможность дальнейшей разработки оптического портативного прибора, который будет базироваться на новой световой технологии и обеспечит быстродействие и точность проводимых измерений.

Перспективность подобных решений будет актуальна для специалистов в области кормления животных для быстрой оценки качества корма, для специалистов в области продажи кормовых добавок – для расчета базового рациона в хозяйстве, а также при проведении кормозаготовки, где нужно

контролировать влажность кормового сырья и вносить при необходимости корректировки.

Дальнейшее развитие исследований может быть направлено на получение оптических калибровок, которые характеризуют другие показатели питательной ценности (содержание жира, клетчатки, крахмала и протеина) в кормах различного происхождения. Ключевой сложностью реализации подобного метода является получение корреляционных связей, которые характеризуют питательную ценность корма на основе регистрируемых входных параметров люминесценции.

Помимо корреляционных связей, основополагающим фактором создания новой приборной базы являются расчет параметров и характеристик используемых электронных компонентов, тип вычислителя и конструктивные параметры корпуса.

Библиографический список

1. Курдогьян А. А., Кармацких Ю. А., Костомахин Н. М. Эффективность использования подсолнечного жмыха и нестандартных семян подсолнечника при раздое коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 7. С. 23–37.
2. Гамко Л. Н., Менякина А. Г., Подольников В. Е. Стратегия кормления лактирующих коров в период раздоя в условиях сельскохозяйственных предприятий // Вестник Брянской ГСХА. 2021. № 3 (85). С. 21–26. DOI: 10.52691/2500-2651-2021-85-3-21-26.
3. Buryakov N. P., Aleshin D. E., Buryakova M. A. Influence of using various levels of protein concentrate in rations of Ayrshire dairy cows on rumen microbiome, reproductive traits and economic efficiency // Veterinary Sciences. 2022. No. 9 (10). Article number 534. DOI: 10.3390/vetsci9100534.
4. Кандроков Р. Х., Поречная Е. С., Смирнова А. Р. Переработка соевого шрота и жмыха в муку и отрубь // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 4 (60). С. 92–99. DOI: 10.35694/YARCX.2022.60.4.011.
5. Goiri I., Zubiria I., Lavín J. L., Benhissi H. Evaluating the inclusion of cold-pressed rapeseed cake in the concentrate for dairy cows upon ruminal biohydrogenation process, ruminal microbial community and milk production and acceptability // Animals. 2021. No. 11 (9). Article number 2553. DOI: 10.3390/ani11092553.
6. Овчинников А., Засыпкин Ю. Соевый жмых в рационах молодняка КРС // Комбикорма. 2010. № 1. С. 67–68.
7. Харитонов Е. Л. Сравнительные исследования использования соевого шрота и жмыха в рационах лактирующих коров в эквивалентных количествах по обменному протеину // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 2. С. 17–20.
8. Доморощенкова М. Л., Крылова И. В., Кандроков Р. Х. Исследование продуктов переработки подсолнечного шрота и жмыха, полученных механическим способом // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2020. № 1-2. С. 30–36. DOI: 10.25812/VNIIG.2020.90.41.022.
9. Zubiria I., Garcia-Rodriguez A., Atxaerandio R., Ruiz R. Effect of Feeding Cold-Pressed Sunflower Cake on Ruminal Fermentation, Lipid Metabolism and Bacterial Community in Dairy Cows // Animals. 2019. No. 9 (10). Article number 755. DOI: 10.3390/ani9100755.

10. Усенко В. В., Филева Н. С., Ланге Р. Ф. Результаты анализа базового рациона коров молочного стада // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (51). С. 86–100.
11. Рядчиков В. Г., Солдатов А. А., Харитонов Е. Л., Шляхова О. Г., Тантави А., Комарова Н. С. Распадаемость кормового белка – важный фактор эффективности использования азота и молочной продуктивности лактирующих коров // Эффективное животноводство. 2019. № 3 (151). С. 42–48.
12. Латыпова Э. Х., Миронова И. В. Влияние витаминно-минеральных добавок в рационе кормления крупного рогатого скота на качество молока и молочных продуктов // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 4 (52). С. 42–47. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-194-201.
13. Кононенко Г. П., Буркин А. А., Зотова Е. В. Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 3. Кормовая продукция от переработки зернового сырья // Ветеринария сегодня. 2020. № 3 (34). С. 213–219. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219.
14. Иванов Ю. А., Булатов С. Ю., Тареева О. А. Применение метода цветовой сегментации в задаче определения однородности кормосмеси // Техника и технологии в животноводстве. 2024. № 1 (14). С. 54–63. DOI: 10.22314/27132064-2024-1-54.
15. Беляков М. В., Павкин Д. Ю., Никитин Е. А., Ефременков И. Ю. Обоснование выбора спектральных диапазонов фотолюминесцентного контроля состава и питательной ценности кормов // Техника и оборудование для села. 2023. № 2 (308). С. 31–36. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-31-36.
16. Qin Y., Li J., Kuang J., et al. Okadaic acid detection through a rapid and sensitive amplified luminescent proximity homogeneous assay // Toxins. 2023. Vol. 15, No. 501. DOI: 10.3390/toxins15080501.
17. Zhang D., Wang Z., Jin N. et al. Evaluation of efficacy of fungicides for control of wheat fusarium head blight based on digital imaging // IEEE Access. 2020. No. 8. Pp. 109876–109890. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3001652.
18. Sanjay M., Kalpana B. Early Mass Diagnosis of Fusarium Wilt in Banana Cultivations using an E-Nose Integrated Autonomous Rover System // International Journal of Applied Sciences and Biotechnology. 2017. Vol. 5, No. 2. Pp. 261–266. DOI: 10.3126/ijasbt.v5i2.17621.
19. Giménez-Gallego J., González-Teruel J. D., Soto-Valles F. Intelligent thermal image-based sensor for affordable measurement of crop canopy temperature // Computers and Electronics in Agriculture. 2021. Vol. 188. Article number 106319. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106319.
20. Umberto M., Francesca V. Multi-task learning for multi-dimensional regression: application to luminescence sensing // Applied Sciences. 2019. Vol. 9, No. 22. Article number 4748. DOI: 10.3390/app9224748.

Об авторах:

Михаил Владимирович Беляков, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и технических средств кормления в животноводстве, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия; ORCID 0000-0002-4371-8042, AuthorID 745187.

E-mail: bmw20100@mail.ru

Евгений Александрович Никитин, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и технических средств кормления в животноводстве, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия; ORCID 0000-0003-0918-2990, AuthorID 960848.

E-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

Денис Сергеевич Пятченков, специалист лаборатории инновационных технологий и технических средств кормления в животноводстве, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия; ORCID 0000-0002-5903-6142, AuthorID 1209190. E-mail: denis.piat@yandex.ru

Дмитрий Андреевич Благов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и технических средств кормления в животноводстве, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия; ORCID 0000-0001-7826-5197, AuthorID 970113.

E-mail: aspirantya2013@gmail.com

References

1. Kurdoglyan A. A., Karmatskikh Yu. A., Kostomakhin N. M. The effectiveness of the use of sunflower press-cake and substandard sunflower seeds in the period of increasing the milk yield. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2019; 7: 23–37. (In Russ.)
2. Gamko L. N., Menyakina A. G., Podol'nikov V. E. Strategy of feeding lactating cows during the breeding season in agricultural enterprises. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2021; 3 (85): 21–26. DOI: 10.52691/2500-2651-2021-85-3-21-26. (In Russ.)
3. Buryakov N. P., Aleshin D. E., Buryakova M. A. Influence of using various levels of protein concentrate in rations of Ayrshire dairy cows on rumen microbiome, reproductive traits and economic efficiency. *Veterinary Sciences*. 2022; 9 (10): 534. DOI: 10.3390/vetsci9100534.

4. Kandrov R. Kh., Porechnaya E. S., Smirnova A. R. Processing of soybean meal and cake into flour and bran. *Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga Region*. 2022; 4 (60): 92–99. DOI: 10.35694/YARCX.2022.60.4.011. (In Russ.)
5. Goiri I., Zubiria I., Lavín J. L., Benhissi H. Evaluating the inclusion of cold-pressed rapeseed cake in the concentrate for dairy cows upon ruminal biohydrogenation process, ruminal microbial community and milk production and acceptability. *Animals*. 2021; 11 (9): Article number 2553. DOI: 10.3390/ani11092553.
6. Ovchinnikov A., Zasyplin Yu. Soy cake in the rations of young cattle. *Compound Feed*. 2010; 1: 67–68. (In Russ.)
7. Kharitonov E. L. Comparative studies of the use of soybean meal and oil cake in the diets of lactating cows in equivalent amounts of metabolic protein. *Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2018; 2: 17–20. (In Russ.)
8. Domoroshchenkova M. L., Krylova I. V., Kandrov R. Kh. Investigation of processed products of sunflower meal and oil cake obtained by mechanical method. *Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats*. 2020; 1-2: 30–36. DOI: 10.25812/VNIIG.2020.90.41.022. (In Russ.)
9. Zubiria I., Garcia-Rodriguez A., Atxaerandio R., Ruiz R. Effect of Feeding Cold-Pressed Sunflower Cake on Ruminant Fermentation, Lipid Metabolism and Bacterial Community in Dairy Cows. *Animals*. 2019; 9 (10): 755. DOI: 10.3390/ani9100755.
10. Usenko V. V., Fileva N. S., Lange R. F. The results of the analysis of the basic diet of dairy cows. *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2024; 1 (51): 86–100. (In Russ.)
11. Ryadchikov V. G., Soldatov A. A., Kharitonov E. L., Shlyakhova O. G., Tantavi A., Komarova N. S. The degradation of feed protein is an important factor in the efficiency of nitrogen use and dairy productivity of lactating cows. *Efficient Animal Husbandry*. 2019; 3 (151): 42–48. (In Russ.)
12. Latypova E. Kh., Mironova I. V. The effect of vitamin and mineral supplements in the diet of cattle on the quality of milk and dairy products. *Machinery and Technologies in Animal Husbandry*. 2023; 4 (52): 42–47. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-194-201. (In Russ.)
13. Kononenko G. P., Burkin A. A., Zotova E. V. Mycotoxicological monitoring. Message 3. Feed products from the processing of grain raw materials. *Veterinary medicine today*. 2020; 3 (34): 213–219. DOI: 10.29326/2304-196X-2020-3-34-213-219. (In Russ.)
14. Ivanov Yu. A., Bulatov S. Yu., Tareeva O. A. Application of the color segmentation method in the task of determining the uniformity of the feed mixture. *Machinery and Technologies in Animal Husbandry*. 2024; 1 (14): 54–63. DOI: 10.22314/27132064-2024-1-54. (In Russ.)
15. Belyakov M. V., Pavkin D. Yu., Nikitin E. A., Efremkov I. Yu. Justification of the choice of spectral ranges for photoluminescent control of feed composition and nutritional value. *Machinery and Equipment for the Village*. 2023; 2 (308): 31–36. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-2-31-36. (In Russ.)
16. Qin Y., Li J., Kuang J., et al. Okadaic acid detection through a rapid and sensitive amplified luminescent proximity homogeneous assay. *Toxins*. 2023; 15 (501). DOI: 10.3390/toxins15080501.
17. Zhang D., Wang Z., Jin N., et al. Evaluation of efficacy of fungicides for control of wheat fusarium head blight based on digital imaging. *IEEE Access*. 2020; 8: 109876–109890. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3001652.
18. Sanjay M., Kalpana B. Early mass diagnosis of fusarium wilt in banana cultivations using an e-nose integrated autonomous rover system. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2017; 5 (2): 261–266. DOI: 10.3126/ijasbt.v5i2.17621.
19. Giménez-Gallego J., González-Teruel J. D., Soto-Valles F. Intelligent thermal image-based sensor for affordable measurement of crop canopy temperature. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021; 188: 106319. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106319.
20. Umberto M., Francesca V. Multi-task learning for multi-dimensional regression: application to luminescence sensing. *Applied Sciences*. 2019; 9 (22): 4748. DOI: 10.3390/app9224748.

Authors' information:

Mikhail V. Belyakov, doctor of technical sciences, chief researcher at the laboratory of innovative technologies and technical means of feeding in animal husbandry, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia; ORCID 0000-0002-4371-8042, AuthorID 745187. *E-mail: bmw20100@mail.ru*

Evgeniy A. Nikitin, candidate of technical sciences, senior researcher at the laboratory of innovative technologies and technical means of feeding in animal husbandry, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia; ORCID 0000-0003-0918-2990, AuthorID 960848. *E-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru*

Denis S. Pyatchenkov, specialist of the laboratory of innovative technologies and technical means of feeding in animal husbandry, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia; ORCID 0000-0002-5903-6142, AuthorID 1209190. *E-mail: denis.piat@yandex.ru*

Dmitriy A. Blagov, candidate of biological sciences, senior researcher at the laboratory of innovative technologies and technical means of feeding in animal husbandry, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia; ORCID 0000-0001-7826-5197, AuthorID 970113. *E-mail: aspirantya2013@gmail.com*

Молочная продуктивность крупного рогатого скота при использовании натуральных кормовых добавок

О. А. Быкова¹✉, Н. В. Теплякова¹, В. И. Косилов²

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

²Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

✉E-mail: olbyk75@mail.ru

Аннотация. Цель работы – разработка эффективного способа повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота путем совместного включения в рацион животных витаминно-минеральной добавки «Промевит» с белково-витаминно-минеральным концентратом «Биатис». **Научная новизна** заключается в том, что впервые в кормлении лактирующих коров использовали витаминно-минеральную добавку «Промевит» совместно с белково-витаминно-минеральным концентратом «Биатис». **Методы.** Исследования проводили в ООО «Новый путь» Шалинского района Свердловской области на коровах голштинской породы в период с 2021 по 2023 г. Для проведения эксперимента по принципу пар-аналогов с учетом возраста, уровня молочной продуктивности за предыдущую лактацию и стадии воспроизводительного цикла были сформированы 4 группы коров по 15 голов в каждой. Определяли удой за 305 дней лактации, массовые доли жира и белка, содержание кальция и фосфора, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) в молоке коров, плотность, титруемую кислотность, количество соматических клеток с использованием общепринятых методов исследований. Рассчитывали количество молочного жира и белка. **Результаты.** Установлено, что наиболее высокие значения показателей молочной продуктивности были у коров III опытной группы, которые в дополнение к основному рациону получали 125 г «Промевита» и 4 г «Биатиса». Полученные результаты позволяют рекомендовать их для использования в кормлении лактирующих коров как в промышленном животноводстве, так в крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйствах.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, молочная продуктивность, голштинская порода, удой за лактацию, молочный жир, молочный белок

Для цитирования: Быкова О. А., Теплякова Н. В., Косилов В. И. Молочная продуктивность крупного рогатого скота при использовании натуральных кормовых добавок // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 597–605. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-597-605>.

Дата поступления статьи: 21.02.2025, **дата рецензирования:** 24.02.2025, **дата принятия:** 05.03.2025.

Milk productivity of cattle using natural feed additives

O. A. Bykova¹✉, N. V. Teplyakova¹, V. I. Kosilov²

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

²Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

✉E-mail: olbyk75@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studying the milk productivity of cattle when using feed additives “Promevit” and “Biatis” in the diet. **The purpose** of the study is to develop an effective way to increase the milk productivity of cattle by combining the vitamin-mineral additive “Promevit” with the protein-vitamin-mineral concentrate “Biatis” into the diet of animals. **The scientific novelty** lies in the fact that for the first time in feeding lactating cows, the vitamin-mineral additive “Promevit” was used together with the protein-vitamin-mineral concentrate “Biatis”. **Methods.** The research was carried out at “Novyy Put” LLC in the Shali district of the Sverdlovsk region on Holstein cows in the period from 2021 to 2023. To conduct the experiment on the principle of pair-analogues, taking into account age, the level of milk productivity for the previous lactation and the stage

of the reproductive cycle, 4 groups of cows of 15 heads each were formed. Milk yield for 305 days of lactation, mass fractions of fat and protein, the content of calcium and phosphorus, dry skimmed milk residue in cows' milk, density, titratable acidity, and the number of somatic cells were determined using generally accepted research methods. The amount of milk fat and protein was calculated. **Results.** It was found that the highest values of milk productivity indicators were observed in cows of the 3rd experimental group, which, in addition to the main diet, received 125 g of "Promovit" and 4 g of "Biatis". The results obtained allow us to recommend them for use in feeding lactating cows both in industrial animal husbandry, as well as in peasant farms and personal subsidiary farms.

Keywords: cattle, milk production, Holstein breed, milk yield per lactation, milk fat, milk protein

For citation: Bykova O. A., Teplyakova N. V., Kosilov V. I. Milk productivity of cattle when using natural feed additives. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 597–605. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-597-605>. (In Russ.)

Date of paper submission: 21.02.2025, **date of review:** 24.02.2025, **date of acceptance:** 05.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Производство высококачественного молока, повышение продуктивных показателей и воспроизводительных качеств крупного рогатого скота молочного направления продуктивности является для животноводства России одной из важнейших задач, решение которой в значительной мере зависит от организации полноценного сбалансированного кормления. Прочная кормовая база способствует количественному и качественному обеспечению животных всеми необходимыми организму элементами питания, что делает возможным поддержание продуктивного потенциала скота на достаточно высоком уровне. Содержание в рационе в сбалансированных количествах белка, углеводов, биологически активных и минеральных веществ дает животному возможность наиболее совершенно усваивать вещества корма и проявлять максимальную продуктивность [1; 2].

Нормирование рационов крупного рогатого скота по основным показателям проводят с использованием различных кормовых добавок, наиболее эффективными, легкоусвояемыми и доступными из которых являются кормовые добавки, произведенные на основе местных натуральных запасов сырья. Органоминеральные соединения природного происхождения способствуют нормализации обмена веществ благодаря содержащимся в их составе микроэлементам в доступной для организма животного форме [3; 4].

Поступление в организм коров с кормами необходимого количества биологически активных соединений, таких как минеральные вещества и витамины, является одним из наиболее важных условий максимального проявления генетического потенциала хозяйственно полезных признаков, в частности удоя, содержания в молоке жира и белка. Недостаток этих компонентов в кормах способствует нарушению обменных процессов в организме и снижению естественной резистентности животных, уменьшению продуктивных показателей, ухудшению качества и питательной ценности молока.

Минерально-витаминный дисбаланс или дефицит нивелировать в рационе простым подбором кормов очень часто бывает сложно или вообще невозможно. Добавление же к основным кормам биологически активных соединений в составе кормовых добавок позволяет сбалансировать рацион и обеспечить продуктивных животных минералами и витаминами в доступной для организма форме в необходимом количестве, что имеет большой физиологический эффект для нормализации метаболических процессов, улучшения общего состояния организма и оказывает стимулирующее влияние на продуктивные характеристики крупного рогатого скота. Кроме того, подобные добавки повышают коэффициент продуктивного действия кормов и снижают затраты на единицу произведенной продукции животноводства, являясь одной из мер обеспечения продовольственной безопасности страны.

В настоящее время вследствие политической обстановки и ограничений ввоза из-за рубежа высокоэффективных кормовых добавок и дорогостоящих компонентов для их производства происходит сокращение их использования, поэтому весьма важным для повышения коэффициента продуктивного действия кормов является изучение возможности и эффективности минерально-витаминной обеспеченности рационов за счет имеющихся в Российской Федерации дешевых местных сырьевых минеральных ресурсов, таких как сапропель и вермикулит, содержащих большое количество эссенциальных элементов, аминокислот и витаминов, фитобиотиков, физиологически необходимых для поддержания молочной продуктивности на высоком уровне при сохранении продолжительного периода хозяйственного использования коров. В связи с этим возникает необходимость в изучении и создании кормовых добавок на основе местных дешевых и экологически чистых природных минеральных источников биологически активных веществ для сельскохозяйственных животных, идут поиск и внедрение нетрадиционных видов кормовых добавок, обладающих адсорбционными, ионообмен-

ными и фитобиотическими свойствами, которые по своей биологической ценности и эффективности послужат альтернативой дорогостоящим импортным кормовым добавкам.

Наша страна богата залежами ценного природного источника важных органических и минеральных соединений – сапропеля, образовавшегося в озерах путем преобразования растительных и животных организмов. Воздействие сапропеля на организм является многофакторным, что подтверждается отдельными исследованиями отечественных и зарубежных ученых. Одновременно с этим отсутствие системного, комплексного подхода к изучению сапропелей как источника питательных и биологически активных веществ, сложного многоингредиентного компонента для производства кормовых добавок для крупного рогатого скота разного направления продуктивности сдерживали широкое их применение в скотоводстве. По этим проблемам проведено недостаточно исследований, и они имеют разрозненный характер. Недостаточно изучено влияние скармливания сапропеля и кормовых добавок на его основе в качестве минерально-витаминной подкормки для жвачных животных [1–4].

В этой связи изучение молочной продуктивности на фоне применения кормовых добавок природного происхождения является актуальным.

Известно введение в состав рациона крупного рогатого скота в дополнение к основным кормам различных кормовых добавок на основе природных минеральных субстанций, ферментов, витаминов и других органических соединений, штаммов микроорганизмов как самостоятельно, так и в различном сочетании.

Е. О. Крупин и Ш. К. Шакиров использовали в рационе дойных коров кормовую добавку, в состав которой входили сухой сапропель (85,5–94,5 %), концентрированный оптимизатор корма «Флорум» (3,0–7,0 %), L-карнитин (0,5–1,5 %), диоксид кремния (2,0–6,0 %) в количестве не менее 100 г на голову в сутки, что способствовало увеличению удоя на 1,5–8 %, содержания в молоке жира – на 0,02–0,14 %, белка – 0,05 %, кальция – 6 %, фосфора – 5 %, снижению количества соматических клеток на 29,1 % [15].

Ш. К. Шакиров с соавторами в своих исследованиях установили, что при скармливании коровам витаминно-минерального концентрата «Сапромикс» из расчета 2 и 4 % на 1 кг сухого вещества комбикорма соответственно в периоды сухостоя и раздоя происходит повышение молочной продуктивности в пересчете на базисную жирность на 7,7 % и 14,4 %, уменьшение затрат обменной энергии на синтез 1 кг молока базисной жирности на 1,3 % и 4,9 %, а сырого протеина – на 1,0 % и 4,2 %. Экономический эффект от скармливания «Сапромикса» в опытных группах в расчете на 1 рубль дополнительных затрат составил соответственно 5,59 и 5,72 руб. [6].

Дополнение основного рациона коров смесью сапропеля и вспученного вермикулита в соотношении 8 : 1 в дозе 0,70–1,20 г на 1 кг живой массы один раз в сутки в течение трех месяцев способствовало увеличению удоя за лактацию на 17,9 %, содержанию в молоке жира и белка – на 0,5 и 0,12 % соответственно [7].

Целью исследований являлась разработка эффективного способа повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота путем совместного включения в рацион животных витаминно-минеральной добавки «Промевит» с белково-витаминно-минеральным концентратом «Биатис».

Методология и методы исследования (Methods)

В целях достижения поставленной задачи в производственных условиях ООО «Новый путь» Шагинского района Свердловской области были проведены исследования на дойных коровах голштинской породы с использованием в рационе предложенной витаминно-минеральной добавки «Промевит» совместно с белково-витаминно-минеральным концентратом «Биатис».

Для проведения эксперимента по принципу параналогов с учетом возраста, уровня молочной продуктивности за предыдущую лактацию и стадии воспроизводительного цикла были сформированы 4 группы коров по 15 голов в каждой. Во время проведения исследований все животные были клинически здоровы и находились в идентичных условиях кормления и содержания. Рационы кормления составляли с учетом живой массы, физиологического состояния, продуктивности и химического состава кормов в соответствии с рекомендуемыми детализированными нормами РАСХН.

Животные I (контрольной) группы получали основной рацион, принятый в хозяйстве. Животным II, III и IV опытных групп в дополнение к основному рациону вводили в корма «Промевит» в количестве 100, 125 и 150 г на голову в сутки и «Биатис» по 4 г на голову в сутки соответственно. «Промевит» и «Биатис» добавляли к концентрированным кормам во время утреннего кормления в течение 20 дней, затем делали 10-дневный перерыв. Введение в рацион добавок проводили по указанной схеме трижды в течение 90 дней начиная со 101-го дня лактации (таблица 1).

Контроль молочной продуктивности коров в течение лактации осуществляли по результатам контрольных доек. Определяли удой за 305 дней лактации, массовые доли жира и белка, содержание кальция и фосфора, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) в молоке коров, плотность, титруемую кислотность, количество соматических клеток. Рассчитывали количество молочного жира и белка. Отбор проб молока для проведения анализа проводили согласно ГОСТ 26809.1-2014 «Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы от-

бора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты». Исследования молока проводили в лаборатории селекционного контроля качества молока АО «Уралплемцентр» [8].

Результаты (Results)

Умение поддерживать обмен веществ в организме продуктивных животных на должном уровне дает возможность успешно прогнозировать и формировать желаемые продуктивные показатели коров. Минеральные вещества представляют собой важные составляющие регуляторов энергетического, минерального, углеводного и белкового обмена веществ. В составе различных кормовых добавок в рационах животных они могут ускорять или замедлять обменные процессы. Поэтому следствием недостатка в кормах отдельных минеральных веществ являются нарушение процессов пищеварения и всасывания питательных веществ, а также замедление биохимических процессов в организме. Скармливание их согласно потребностям организма способствует поддержанию на высоком уровне обмена веществ, здоровья и продуктивности [9–14].

Витаминно-минеральная добавка «Промевит» производства ООО «ПРОМЕТРИКА» представляет собой смесь сапропеля озера Оренбург Еткульского района Челябинской области и вспученного вермикулита Потанинского месторождения в объемном соотношении 7 : 3 влажностью 17–35 %, рН = 5...8. Содержит в своем составе белки, жиры, углеводы, макро- и микроэлементы, аминокислоты, витамины, гуминовый комплекс (таблица 2) [15].

Белково-витаминно-минеральный концентрат «Биатис» производства ООО Управляющая компания «Константа» представляет собой опалесцирующую жидкость без осадка, посторонних включений и примесей от светло-желтого до светло-коричневого цвета, имеет слабый запах, рН = 5...7, полностью растворим в воде. Включает полидиметилдиаллил-аммоний хлористый, йодид калия, воду, обладает бактерицидным и бактериостатическим действием к широкому спектру микроорганизмов, патоген-

ных грибков и плесеней, в том числе к антибиотикоустойчивым формам золотистого стафилококка, кишечной палочки, сальмонеллы, синегнойной палочки [16].

По результатам проведенного опыта установлено, что введение в рацион животных «Промевита» совместно с «Биатисом» в предложенном соотношении способствовало увеличению показателей молочной продуктивности и улучшению санитарного состояния молока. Более высоким уровнем молочной продуктивности характеризовались коровы опытных групп (таблица 3).

Удой за 305 дней лактации был максимальным у коров III группы, которым скармливали «Промевит» и «Биатис» в соотношении 125 г : 4 г, что было выше, чем у контрольных аналогов, на 17,3 % ($p \leq 0,01$), чем у животных, получавших эти добавки в других соотношениях, – на 7,6 и 5,2 %. Это подтверждает эффективность использования именно такого сочетания изучаемых кормовых добавок. Массовая доля жира и белка в молоке коров этой группы была тоже самой высокой и достоверно превышала контрольное значение при $p \leq 0,001$ на 16,3 и 7,5 процентных пункта (пп.). Содержание жира и белка в молоке коров II и IV групп было меньше по сравнению с III группой, но превышало значения данных показателей в I группе на 14,6–14,9 пп. и 4,9–6,2 пп. соответственно. Наиболее высокое количество молочного жира получено с молоком коров III группы. Преимущество перед животными I, II, IV групп составило 36,1 ($p \leq 0,001$), 9,8 и 6,5 % соответственно. Установлено, что количество молочного белка самым высоким было также у животных III группы, что было выше относительно контрольных сверстниц на 26,2 % ($p \leq 0,001$) и говорит о высокой эффективности введения предлагаемых кормовых добавок в данной пропорции. С молоком животных, получавших в дополнение к основному рациону «Промевит» и «Биатис» в других соотношениях, выделено молочного белка больше относительно контрольных аналогов, но меньше, чем в III группе.

Таблица 1
Схема кормления животных в опыте

Группа	Порядок введения добавок
I (контрольная)	Основной рацион, принятый в хозяйстве (ОР)
II (опытная)	ОР + 100 г «Промевит» + 4 г «Биатис» на голову в сутки
III (опытная)	ОР + 125 г «Промевит» + 4 г «Биатис» на голову в сутки
IV (опытная)	ОР + 150 г «Промевит» + 4 г «Биатис» на голову в сутки

Table 1
Animal feeding scheme in the experiment

Group	The procedure for the introduction of additives
I (control)	The basic ration accepted in the household (BD)
II (experienced)	BD + 100 g of "Promevit" + 4 g of "Biatis" per head per day
III (experienced)	BD + 125 g of "Promevit" + 4 g of "Biatis" per head per day
IV (experienced)	BD + 150 g of "Promevit" + 4 g of "Biatis" per head per day

Исходя из изложенного выше материала следует, что введение в рацион дойных коров «Промевита» и «Биатиса» в соотношении 125 г : 4 г оказалось наиболее эффективным, так как способствовало в наибольшей мере увеличению показателей молочной продуктивности коров.

При сравнении показателей качества молока коров, получавших ежедневно с кормом «Промевит» в комплексе с «Биатисом» в различных соотношениях, видно, что превосходство имели коровы III группы, в корма которых вводили смесь указанных добавок в соотношении 125 г : 4 г, над контрольными аналогами и сверстницами II и IV групп. Разница по содержанию СОМО в молоке коров I и

III групп составила 6,8 пп. ($p \leq 0,001$). Количество сухого обезжиренного молочного остатка в молоке коров II и IV групп было ниже, но превышало контрольное значение при $p \leq 0,001$ на 5,8 и 5,9 % соответственно.

Самое высокое содержание кальция и фосфора и наиболее оптимальное их соотношение с целью обеспечения высоких технологических свойств молока при его переработке установлено в молоке коров III опытной группы. Разница с контрольными аналогами по величине этих показателей составила 11,4 и 27,8 % ($p \leq 0,001$) соответственно при их соотношении 1 : 0,8, в то время как в контроле оно составило 1 : 0,72 и было несколько занижено.

Таблица 2
Состав витаминно-минеральной добавки «Промевит»

№ п/п	Показатель	Значение
1	Влага, %	17–35
2	Сырой протеин, г/кг	80–100
3	Сырой жир, г/кг	0,5–1
4	Сырая клетчатка, г/кг	200–400
5	Сырая зола, к/кг	500–590
6	Фосфор, г/кг	2–4
7	Калий, г/кг	2–5
8	Кальций, г/кг	10–20
9	Железо, г/кг	2–3
10	Магний, г/кг	3–4
11	Марганец, мг/кг	500–530
12	Медь, мг/кг	10–20
13	Цинк, мг/кг	60–75
14	Кобальт, мг/кг	9–15
15	Йод, мг/кг	4–5
16	Лизин, г/кг	2,4–2,6
17	Цистин, г/кг	0,3–0,6
18	Аргинин, г/кг	3,5–3,8
19	Серин, г/кг	2,9–3,5
20	Глицин, г/кг	4,2–4,4
21	Валин, г/кг	2,9–3,2
22	Лейцин, г/кг	3,1–3,3
23	Метионин, г/кг	0,92–0,97
24	Гистидин, г/кг	5,1–5,4
25	Треонин, г/кг	4,1–4,2
26	Триптофан, г/кг	0,58–0,62
27	Аланин, г/кг	4,0–4,2
28	Изолейцин, г/кг	1,5–1,7
29	Тирозин, г/кг	2,2–2,4
30	Аспарагиновая кислота, г/кг	6,3–6,5
31	Глутаминовая кислота, г/кг	6,6–6,9
32	Фенилаланин, г/кг	2,7–2,9
33	Каротин, мг/кг	14,2–20,0
34	Токоферол (витамин Е), мг/кг	9,0–10,0
35	Тиамин (витамин В1), мг/кг	0,3–0,4
36	Рибофлавин (витамин В2), мкг/кг	1200–1900
37	Никотиновая кислота (витамин В3), мкг/кг	5,9–6,5
38	Фолиевая кислота (витамин В9), мг/кг	6,5–8,5
39	Цианокобаламин (витамин В12), мкг/кг	298,5–456,7

Table 2

The composition of vitamin and mineral supplement "Promevit"

No.	Indicator	Value
1	Moisture, %	17–35
2	Crude protein, g/kg	80–100
3	Crude fat, g/kg	0.5–1
4	Crude fiber, g/kg	200–400
5	Crude ash, k/kg	500–590
6	Phosphorus, g/kg	2–4
7	Potassium, g/kg	2–5
8	Calcium, g/kg	10–20
9	Iron, g/kg	2–3
10	Magnesium, g/kg	3–4
11	Manganese, mg/kg	500–530
12	Copper, mg/kg	10–20
13	Zinc, mg/kg	60–75
14	Cobalt, mg/kg	9–15
15	Iodine, mg/kg	4–5
16	Lysine, g/kg	2.4–2.6
17	Cystine, g/kg	0.3–0.6
18	Arginine, g/kg	3.5–3.8
19	Serine, g/kg	2.9–3.5
20	Glycine, g/kg	4.2–4.4
21	Valine, g/kg	2.9–3.2
22	Leucine, g/kg	3.1–3.3
23	Methionine, g/kg	0.92–0.97
24	Histidine, g/kg	5.1–5.4
25	Threonine, g/kg	4.1–4.2
26	Tryptophan, g/kg	0.58–0.62
27	Alanine, g/kg	4.0–4.2
28	Isoleucine, g/kg	1.5–1.7
29	Tyrosine, g/kg	2.2–2.4
30	Aspartic acid, g/kg	6.3–6.5
31	Glutamic acid, g/kg	6.6–6.9
32	Phenylalanine, g/kg	2.7–2.9
33	Carotene, mg/kg	14.2–20.0
34	Tocopherol (vitamin E), mg/kg	9.0–10.0
35	Thiamine (vitamin B1), mg/kg	0.3–0.4
36	Riboflavin (vitamin B2), mcg/kg	1200–1900
37	Nicotinic acid (vitamin B3), mcg/kg	5.9–6.5
38	Folic acid (vitamin B9), mg/kg	6.5–8.5
39	Cyanocobalamine (vitamin B12), mcg/kg	298.5–456.7

Плотность и титруемая кислотность коров всех групп соответствовала требованиям для молока высшего сорта согласно ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия». Значение плотности молока у коров опытных групп достоверно превосходило его у животных контрольной группы в пределах нормативных величин. Наиболее высоким оно было у животных III группы. Преимущество перед контрольными аналогами составило 8,5 % ($p \leq 0,001$). В молоке коров этой группы отмечена более низкая относительно контрольных сверстниц титруемая кислотность. Это объясняется составом молока и, возможно, увеличением продолжительности бактерицидной фазы молока за

счет действия вводимых в корма добавок. Различия были достоверны и составили 6,8 % ($p \leq 0,001$). Во II и IV опытных группах титруемая кислотность также была достоверно ниже, чем в молоке коров контрольной группы.

Введение в рацион коров «Промевита» совместно с «Биатисом» в заданных соотношениях способствовало снижению количества соматических клеток в молоке коров. Наибольший эффект от введения добавок установлен у животных III группы, в молоке которых установлено самое низкое количество соматических клеток, что было в 1,5 раза ниже контрольного значения ($p \leq 0,001$). Это показывает эффективность введения в рацион анализируемых кормовых добавок.

Таблица 3

Показатели молочной продуктивности коров за лактацию ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
Удой за 305 дней лактации, кг	6508,16 ± 283,90	7097,14 ± 353,79	7635,10 ± 195,21**	7257,15 ± 226,47*
Массовая доля жира, %	3,49 ± 0,06	4,00 ± 0,10**	4,06 ± 0,09***	4,01 ± 0,08***
Количество молочного жира, кг	227,60 ± 12,69	282,21 ± 10,30**	309,81 ± 7,61***	290,98 ± 8,7***
Массовая доля белка, %	3,05 ± 0,03	3,20 ± 0,02***	3,28 ± 0,03***	3,24 ± 0,03***
Количество молочного белка, кг	198,21 ± 7,92	226,87 ± 5,41**	250,13 ± 6,30***	234,96 ± 5,35***

Примечание. Здесь и далее * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Table 3

Indicators of dairy productivity of cows during lactation ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Indicator	Group			
	1	2	3	4
Milk yield for 305 days of lactation, kg	6508.16 ± 283.90	7097.14 ± 353.79	7635.10 ± 195.21**	7257.15 ± 226.47*
Mass fraction of fat, %	3.49 ± 0.06	4.00 ± 0.10**	4.06 ± 0.09***	4.01 ± 0.08***
Amount of milk fat, kg	227.60 ± 12.69	282.21 ± 10.30**	309.81 ± 7.61***	290.98 ± 8.7***
Mass fraction of protein, %	3.05 ± 0.03	3.20 ± 0.02***	3.28 ± 0.03***	3.24 ± 0.03***
Amount of milk protein, kg	198.21 ± 7.92	226.87 ± 5.41**	250.13 ± 6.30***	234.96 ± 5.35***

Note. Here and further * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Таблица 4

Показатели качества молока коров ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
Содержание СОМО, %	8,69 ± 0,04	9,19 ± 0,05***	9,28 ± 0,04***	9,21 ± 0,04***
Содержание кальция, мг%	125,87 ± 1,15	135,41 ± 2,36*	140,17 ± 1,96***	137,55 ± 1,73***
Содержание фосфора, мг%	91,16 ± 1,94	112,33 ± 1,28***	116,51 ± 1,19***	113,07 ± 1,31***
Плотность, °А	28,53 ± 0,21	30,18 ± 0,16***	30,96 ± 0,14***	30,54 ± 0,15***
Титруемая кислотность, °Т	17,97 ± 0,11	17,24 ± 0,12***	16,83 ± 0,15***	17,18 ± 0,17**
Количество соматических клеток, тыс/см ³	264,70 ± 22,73	115,50 ± 15,12***	104,40 ± 14,24***	108,10 ± 17,36***

Table 4

Cow's milk quality indicators ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Indicator	Group			
	1	2	3	4
MSNF content, %	8.69 ± 0.04	9.19 ± 0.05***	9.28 ± 0.04***	9.21 ± 0.04***
Calcium content, mg%	125.87 ± 1.15	135.41 ± 2.36*	140.17 ± 1.96***	137.55 ± 1.73***
Phosphorus content, mg%	91.16 ± 1.94	112.33 ± 1.28***	116.51 ± 1.19***	113.07 ± 1.31***
Density, °A	28.53 ± 0.21	30.18 ± 0.16***	30.96 ± 0.14***	30.54 ± 0.15***
Titrated acidity, °T	17.97 ± 0.11	17.24 ± 0.12***	16.83 ± 0.15***	17.18 ± 0.17**
Number of somatic cells, thousand/cm ³	264.70 ± 22.73	115.50 ± 15.12***	104.40 ± 14.24***	108.10 ± 17.36***

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, применение витаминно-минеральной добавки «Промевит» совместно с белково-витаминно-минеральным концентратом «Биатис» в дополнение к основному рациону лактирующих коров повышает удои за лактацию, содержание в молоке жира, белка, кальция и фосфора, а также улучшает санитарно-гигиеническое состояние молока, что подтверждается повышением плотности, снижением титруемой кислотности молока, уменьшением в нем количества соматических клеток и является доступным и эффективным ресурсом повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что совместное использование

«Промевита» и «Биатиса» в заданных соотношениях оказывает положительное влияние на количество и качество молока, получаемое от коров за лактацию. Наибольший эффект установлен при использовании «Промевита» и «Биатиса» в соотношении 125 г : 4 г, что позволяет рекомендовать их для использования в кормлении лактирующих коров в промышленном животноводстве, крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйствах в заданном соотношении путем перемешивания с концентрированными кормами и скармливания животным один раз в сутки в количестве 129 г на голову в течение 20 дней, затем делать 10-дневный перерыв. При этом введение в рацион добавки проводить по указанной схеме три раза в течение 90 дней начиная со 101 дня лактации.

Библиографический список

1. Алимов И. Ф., Ежков В. О., Ларина Ю. В. Дегустационная оценка и химический анализ мяса гусей, получавших в кормлении сапропель // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2022. Т. 249, № 1. С. 6–9. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_1_249_6.
2. Bogush A. A., Leonova G. A., Krivonogov S. K., et al. Biogeochemistry and element speciation in sapropel from freshwater Lake Dukhovoe (East Baikal region, Russia) // Applied Geochemistry. 2022. Vol. 143. Article number 105384. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2022.105384.
3. Слепцова Т. В., Абрамов А. Ф. Оценка сапропелевого сырья озерных месторождений Кобяйского улуса республики Саха (Якутия) и перспективы его использования в сельскохозяйственном производстве // Вестник КрасГАУ. 2022. Т. 7, № 184. С. 46–51.
4. Григорьев М. Ф., Черноградская Н. М., Григорьева А. И. Биоконверсия протеина и эффективность использования энергии кормов овцами при включении в их рационы нетрадиционные кормовые добавки // Нива Поволжья. 2022. Т. 1, № 61. DOI: 10.36461/NP.2022. 61.1.008.
5. Патент № 2722866 Российская Федерация, МПК А23К 50/10, А23К 20/00. Кормовая добавка и способ повышения молочной продуктивности коров: № 2019138504: заявл. 27.11.2019; опубл. 04.06.2020 / Крупин Е. О., Шакиров Ш. К., ФГБУН ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук», бюлл. 16.
6. Патент № 2512305 Российская Федерация, МПК А23К 1/16. Витаминно-минеральный концентрат «САПРОМИКС» для сельскохозяйственных животных (варианты): № 2012142236/13: заявл. 04.10.2012; опубл. 10.04.2014 / Шакиров Ш. К., Багманов М. А., Файзрахманов Р. Н., Файзрахманов Р. Н., Фазыхов И. Т., ООО «Торгово-производственная компания „Камский сапропель“», бюлл. 10.
7. Патент № 2475040 Российская Федерация, МПК А23К 1/16. Способ повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота: 2011114328/13: заявл. 12.04.2011; опубл. 20.02.2013 / Быкова О. А., Горелик О. В., ФГБОУ ВПО «Уральская государственная академия ветеринарной медицины», бюлл. 5.
8. ГОСТ 26809.1-2014 «Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты: межгосударственный стандарт». Москва: Стандартинформ, 2019. 11 с.
9. Волков В. В., Ярмоц Г. А., Беленькая А. Е. Эффективность применения комплексной кормовой добавки на основе сапропеля в кормлении крупного рогатого скота // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (68). С. 72–76. DOI: 10.31563/1684-7628-2023-68-4-72-76.
10. Савельева Л. Н. Возможности применения сапропеля в рамках научной школы В. В. Морозова // Развитие агропромышленного комплекса на основе современных научных достижений и цифровых технологий: материалы международной научно-практической конференции. Великие Луки, 2022. С. 115–120.
11. Черноградская Н. М., Григорьев М. Ф., Григорьева А. И., Кюндяйцева А. Н. Эффективность нетрадиционных кормовых добавок в скотоводстве Якутии // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 55–58. DOI: 10.33943/MMS.2020.56.57.001.
12. Малышев П. А. Применение смесей из торфа и сапропеля в животноводстве и растениеводстве // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 105–111. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp105-111.
13. Аржанкова Ю. В., Балабкина И. В. Перспективы использования сапропеля в скотоводстве // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (31). С. 2–12.
14. Мадышев И. Ш., Файзрахманов Р. Н., Камалдинов И. Н. Эффективность кормовых добавок в животноводстве // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2017. Т. 232, № 4. С. 105–108.
15. Сертификат соответствия № РОСС RU.АИ56.Н01727. № 0033039.
16. Декларация о соответствии № РОСС RU Д-РУ.НВ11.В.00165/19.

Об авторах:

Ольга Александровна Быкова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-0753-1539, AuthorID 663503. *E-mail: olbyk75@mail.ru*

Надежда Витальевна Теплякова, аспирант кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0005-1149-2199, AuthorID 1186845. *E-mail: poteryaeva_94@mail.ru*

Владимир Иванович Косилов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0003-4754-1771, AuthorID 663503. *E-mail: kosilov_vi@bk.ru*

References

1. Alimov I. F., Ezhkov V. O., Larina Yr. V. Tasting evaluation and chemical analysis of gose meat feeding sapropel. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2022; 249 (1): 6–9. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_1_249_6. (In Russ.)
2. Bogush A. A., Leonova G. A., Krivonogov S. K. et al. Biogeochemistry and element speciation in sapropel from freshwater Lake Dukhovoe (East Baikal region, Russia). *Applied Geochemistry*. 2022; 143: 105384. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2022.105384.
3. Sleptsova T. V., Abramov A. F. Assessing sapropel raw materials from lake deposits of the Sakha Republic Kobyai ulus (Yakutia) and its prospects use in agricultural production. *Bulliten KrasSAU*. 2022; 7: 46–51. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-46-51. (In Russ.)
4. Grigoryev M. F., Chernogradskaya N. M., Grigoryeva A. I. Protein bioconversion and feed efficiency of sheep when including non-traditional feed additives in their diets. *Niva Povolzhya*. 2022; 1 (61). DOI: 10.36461/NP.2022.61.1.008. (In Russ.)
5. Patent No. 2722866 Russian Federation, IPC A23K 50/10, A23K 20/00. Feed additive and method for increasing milk productivity of cows: No. 2019138504: declared 27.11.2019: published 04.06.2020 / Krupin E. O., Shakirov Sh. K., Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, bulletin 16. (In Russ.)
6. Patent No. 2512305 Russian Federation, IPC A23K 1/16. Vitamin and mineral concentrate “SAPROMIX” for farm animals (variants): No. 2012142236/13: application. 10/04/2012: publ. 04/10/2014 / Shakirov Sh. K., Bagmanov M. A., Faizrakhmanov R. N., Faizrakhmanov R. N., Fazykhov I. T., LLC “Trading and production company “Kama sapropel””, bulletin. 10. (In Russ.)
7. Patent No. 2475040 Russian Federation, IPC A23K 1/16. Method for increasing milk productivity of cattle: 2011114328/13: declared 12.04.2011: published 20.02.2013 / Bykova O. A., Gorelik O. V., Ural State Academy of Veterinary Medicine, bulletin. 5. (In Russ.)
8. GOST 26809.1-2014 “Milk and dairy products. Acceptance rules, sampling methods and sample preparation for analysis. Part 1. Milk, dairy, dairy composite and milk-containing products: interstate standard”. Moscow: Standartinform, 2019. 11 p. (In Russ.)
9. Volkov V. V., Yarmots G. A., Belenkaya A. E. The effectiveness of the use of a complex feed additive based on sapropel in feeding cattle. *Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*. 2023; 4 (68): 72–76 (In Russ.)
10. Savelyeva L. N. Possibilities of using sapropel within the framework of the scientific school of V. V. Morozov. *Development of the agro-industrial complex based on modern scientific achievements and digital technologies: materials of the international scientific and practical conference*. Velikiye Luki, 2022. Pp. 115–120. (In Russ.)
11. Chernogradskaya N. M., Grigoryev M. F., Grigoryeva A. I., Kyundyaitseva A. N. Efficiency non-traditional feed in cattle breeding in Yakutia. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020; 4: 55–58. DOI: 10.33943/MMS.2020.56.57.001. (In Russ.)
12. Malyshev P. A. The use of mixtures of peat and sapropel in animal husbandry and crop production. *Agrarian Scientific Journal*. 2024; 5: 105–111. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp105-111. (In Russ.)
13. Arzhankova Yu. V., Balabkina I. V. Prospects for the Use of Sapropel in Animal Husbandry. *Bulletin of the Velikiye Luki State Agricultural Academy*. 2020; 2 (31): 2–12. (In Russ.)
14. Madyshev I. Sh., Fayzrakhmanov R. N., Kamaltdinov I. N. Efficiency of Feed Additives in Animal Husbandry. *Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2017; 232 (4): 105–108. (In Russ.)
15. Certificate of Conformity No. ROSS RU.AI56.N01727. No. 0033039. (In Russ.)
16. Declaration of conformity No. ROSS RU D-RU.HB11.B.00165/19. (In Russ.)

Authors' information:

Olga A. Bykova, doctor of agricultural sciences, professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-0753-1539, AuthorID 663503.

E-mail: olbyk75@mail.ru

Nadezhda V. Teplyakova, postgraduate, department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0005-1149-2199, AuthorID 1186845.

E-mail: poteryaeva_94@mail.ru

Vladimir I. Kosilov, doctor of agricultural sciences, professor, professor of the department of technologies for the production and processing of livestock products, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0003-4754-1771, AuthorID 663503. *E-mail: kosilov_vi@bk.ru*

Влияние генетической принадлежности на молочную продуктивность и качество молока коров голштинской породы

И. Ф. Горлов^{1, 2}✉, М. И. Сложенкина^{1, 2}, О. П. Шахбазова³, Р. Г. Раджабов³, Е. Ю. Анисимова¹

¹ Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

² Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

³ Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область, Россия

✉ E-mail: nimmp@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы повышения эффективности молочного скотоводства в России через изучение продуктивности и качественных показателей молока коров голштинской породы разных линий. **Цель** исследования – сравнительная оценка молочной продуктивности и качественных показателей молока коров линий Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг в период наивысшей и последней законченной лактации. **Методы.** В эксперименте участвовали две группы животных по 30 голов в каждой, сформированные по принципу аналогов с учетом возраста и линейной принадлежности. **Научная новизна** заключается в получении новых знаний о влиянии линейной принадлежности животных на их продуктивность и качество молока с использованием корреляционного анализа. **Результаты.** Установлено, что коровы линии Рефлекшн Соверинг превосходят животных линии Вис Бэк Айдиал по удою в период наивысшей лактации на 510,09 кг (4,27 %, $P < 0,05$), а в последней лактации – на 599,94 кг (5,41 %). Коэффициент молочности у коров линии Рефлекшн Соверинг также был выше на 69,26 кг (2,96 %) в период пика продуктивности. Выход молочного жира у этой линии превышал показатели линии Вис Бэк Айдиал на 23,44 кг (4,99 %, $P < 0,05$) в период наивысшей лактации и на 26,33 кг (6,07 %, $P < 0,05$) в последней лактации. Выход молочного белка также был выше на 16,09 кг (4,06 %, $P < 0,05$) и 17,84 кг (4,81 %) соответственно. Корреляционный анализ выявил, что у коров линии Вис Бэк Айдиал наблюдается более выраженная отрицательная связь между удоем и содержанием жира в молоке ($r = -0,62$, $P < 0,001$), тогда как у линии Рефлекшн Соверинг эта связь слабее ($r = -0,28$), что указывает на более стабильный химический состав молока. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования селекционной работы, кормления и содержания животных, что способствует повышению эффективности молочного скотоводства в России.

Ключевые слова: молочное скотоводство, голштинская порода, линейная принадлежность, удои, качество молока, коэффициент молочности, выход молочного жира, выход молочного белка, корреляционный анализ

Для цитирования: Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Шахбазова О. П., Раджабов Р. Г., Анисимова Е. Ю. Влияние генетической принадлежности на молочную продуктивность и качество молока коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 606–618. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-606-618>.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема № 125030603224-4).

Дата поступления статьи: 28.01.2025, **дата рецензирования:** 24.02.2025, **дата принятия:** 26.02.2025.

The influence of genetic affiliation on dairy productivity and milk quality in Holstein cows

I. F. Gorlov^{1,2}✉, M. I. Slozhenkina^{1,2}, O. P. Shakhbazova³, R. G. Radzhabov³, E. Yu. Anisimova¹

¹ Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia

² Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

³ Don State Agrarian University, Rostov-on-Don region, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia

✉E-mail: niimmp@mail.ru

Abstract. The results of study the efficiency of breeding Holstein cattle by dairy productivity and milk quality in cows of different lines are presented. **The purpose** of the study is a comparative assessment of animals from the Vis Back Ideal and Reflection Sovering lines during the period of the highest and last completed lactation. **Methods.** According to the principle of analogues two groups of animals were formed (30 heads in each), taking into account age and lineage. **The scientific novelty** lies in the acquisition of new knowledge regarding the impact of the linear affiliation of animals on their dairy productivity and milk quality by correlation analysis. **Results.** It was found that cows of the Reflection Sovering line surpass the Vis Back Ideal line in milk yield during the highest lactation by 510.09 kg (4.27 %, $P < 0.05$), and in the last lactation – by 599.94 kg (5.41%). The coefficient of milk production in cows of the Reflection Sovering line was also higher by 69.26 kg (2.96%) during the peak of productivity. The milk fat yield of this line exceeded that of the Vis Back Ideal line by 23.44 kg (4.99 %, $P < 0.05$) during the highest lactation and by 26.33 kg (6.07 %, $P < 0.05$) in the last lactation. The milk protein yield was also higher by 16.09 kg (4.06 %, $P < 0.05$) and 17.84 kg (4.81%), respectively. Correlation analysis revealed that Vis Back Ideal cows have a more pronounced negative relationship between milk yield and fat content in milk ($r = -0.62$, $P < 0.001$), whereas this relationship is weaker in the Reflection Sovering line ($r = -0.28$), indicating a more stable chemical composition of milk. The results obtained can be used to improve of breeding, feeding and housing of cows, which will contribute to increase the efficiency of dairy cattle breeding in Russia.

Keywords: dairy cattle breeding, Holstein breed, linear origin, milk yield, milk quality, milk fat yield, milk protein yield, correlation analysis

Acknowledgements. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 125030603224-4).

For citation: Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Shakhbazova O. P., Radzhabov R. G., Anisimova E. Yu. The influence of genetic affiliation on dairy productivity and milk quality in Holstein cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 606–618. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-606-618>. (In Russ.)

Date of paper submission: 28.01.2025, **date of review:** 24.02.2025, **date of acceptance:** 26.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Молочное скотоводство является одной из ключевых отраслей агропромышленного комплекса России, обеспечивая население высококачественными молочными продуктами и внося значительный вклад в экономику страны. Однако, несмотря на положительную динамику, отрасль сталкивается с рядом серьезных проблем, таких как низкая продуктивность молочного стада (в среднем 5700–6200 кг молока на корову в год), высокая себестоимость производства, дефицит качественных кормов и необходимость модернизации технологий содержания и доения животных. Эти факторы сдерживают развитие молочного скотоводства и снижают его конкурентоспособность на мировом рынке [1; 2].

Одним из ключевых направлений повышения эффективности молочного производства является использование высокопродуктивных пород скота, среди которых особое место занимает голштинская порода. Голштинские коровы известны своей высокой молочной продуктивностью, что делает их основой молочного производства во многих странах мира, включая Россию. В частности, линии Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг зарекомендовали себя как перспективные селекции, способные обеспечить высокие удои и стабильное качество молока [3; 4]. Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества, использование голштинской породы в России сопряжено с определенными трудностями, такими как необходимость адаптации животных к

местным климатическим условиям, высокая требовательность к кормлению и содержанию, а также риск снижения продуктивности при неправильном управлении стадом.

В условиях интенсивного молочного производства важно не только повышать удои, но и поддерживать стабильное качество молока, что напрямую зависит от генетической предрасположенности животных. Однако в научной литературе недостаточно исследований, посвященных сравнительному анализу молочной продуктивности и качественных показателей молока у коров разных линий голштинской породы в условиях российского скотоводства. В частности, отсутствуют данные о динамике изменения удоя и коэффициента молочности в зависимости от возраста и количества лактаций, что затрудняет разработку эффективных стратегий управления стадом [5; 6].

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью научного обоснования выбора оптимальной генетической линии для условий российского молочного скотоводства. Гипотеза исследования заключается в предположении, что линия Рефлекшн Соверинг превосходит линию Вис Бэк Айдиал по показателям молочной продуктивности и стабильности качественных характеристик молока в различные периоды лактации.

Цель исследования заключается в сравнительной оценке молочной продуктивности, качественных показателей молока и динамики изменения удоя у коров голштинской породы разных генетических линий (Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг) в период наивысшей и последней законченной лактации для выявления особенностей их продуктивности и устойчивости к возрастным изменениям. Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- сравнить молочную продуктивность коров разных линий в период наивысшей и последней законченной лактации;
- проанализировать качественные показатели молока (массовая доля жира и белка) у коров разных линий;
- исследовать взаимосвязи между показателями продуктивности, качества молока и живой массой коров;
- определить особенности динамики молочной продуктивности у коров разных линий в зависимости от возраста и количества лактаций;
- разработать рекомендации для селекционной работы и управления стадом с учетом выявленных особенностей продуктивности коров разных линий.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на коровах голштинской породы, содержащихся в условиях промышленного молочного животноводства в ООО СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области.

Условия кормления и содержания подопытных коров были одинаковыми в соответствии с принятой в хозяйстве технологией. Кормление и доение проводили согласно принятому в хозяйстве расписанию дня на современном роботизированном оборудовании – доильной карусели GEA DairyProQ (Германия). В летнее время коров содержали в загоне без выпаса.

В соответствии с целью и задачами исследования из 886 голов коров стада были сформированы две группы животных-аналогов с учетом возраста и линейной принадлежности: Вис Бэк Айдиал (I группа) и Рефлекшн Соверинг (II группа) по 30 голов в каждой.

Молочную продуктивность коров устанавливали по данным компьютерного учета, интенсивность молокоотдачи – с использованием программы Dairymaster.

Для определения качественных показателей молока отбирали среднюю пробу за два смежных дня. Массовую долю жира и белка в молоке определяли на анализаторе качества молока «Лактан 1-4» (исполнение 700).

Для выявления достоверности различий между опытными группами и контрольной применялся *t*-критерий Стьюдента.

Для оценки взаимосвязей между показателями использовался коэффициент корреляции Пирсона (*r*). Достоверность коэффициента корреляции оценивалась по *t*-критерию Стьюдента с учетом объема выборки (*n*).

Уровни значимости интерпретировались следующим образом:

$P < 0,05$ – различия статистически значимы (*);

$P < 0,01$ – различия высоко значимы (**);

$P < 0,001$ – различия крайне значимы (***)

Обработка данных проводилась с использованием пакета программ Microsoft Office Excel.

Результаты (Results)

Сравнительная оценка удоев и коэффициентов молочности изучаемого поголовья позволила выявить особенности продуктивности голштинских коров и определить линию, наиболее устойчивую к снижению молочной продуктивности с возрастом (таблица 1).

В группе быкопроизводящих коров линии Вис Бэк Айдиал наивысшая продуктивность отмечалась преимущественно во 2-й и 3-й лактации, что характерно для 73,1 % животных. Средний удой у коров этой группы во 2-й лактации составил 12 102,7 кг, а в 3-й лактации – 11 800,1 кг. Коэффициент молочности варьировался от 2260,0 до 2348,1 кг, что свидетельствует о высокой способности животных данной линии к молокообразованию. Следовательно, пик продуктивности у этих коров приходился на вторую и третью лактации, что соответствует физиологическим особенностям большинства молочных пород.

Сравнительная оценка молочной продуктивности коров различных линий

Линия Вис Бэк Айдиал						
Наивысшая лактация				Последняя законченная лактация		
Лактация	% коров	Средний удой, кг	Коэффициент молочности, кг	% коров	Средний удой, кг	Коэффициент молочности, кг
1	11,5	11 622,0	2 375,7	7,7	11 315,0	2 333,3
2	42,3	12 102,7	2 348,1	30,8	12 098,9	2 353,3
3	30,8	11 800,1	2 260,0	23,1	11 050,0	2 120,2
4	15,4	12 111,8	2 444,1	34,6	10 176,4	1 933,0
5	–	–	–	3,85	11 013,0	2 001,60
Линия Рефлекшн Соверинг						
Наивысшая лактация				Последняя законченная лактация		
1	6,3	12 128,5	2 336,7	6,3	12 128,5	2 336,7
2	28,1	12 182,0	2 384,6	12,5	12 307,5	2 306,1
3	53,1	12 445,2	2 392,0	56,3	11 841,7	2 256,8
4	12,5	13 359,3	2 565,9	15,6	10 612,0	1 940,0
5	–	–	–	9,38	11 452,7	2 088,88

Table 1
Comparative assessment of dairy productivity of cows with different lines

Vis Back Ideal						
Highest lactation				Last completed lactation		
Lactation	% of cows	Average milk yield, kg	Milk yielding capacity, kg	% of cows	Average milk yield, kg	Milk yielding capacity, kg
1	11.5	11 622.0	2 375.7	7.7	11 315.0	2 333.3
2	42.3	12 102.7	2 348.1	30.8	12 098.9	2 353.3
3	30.8	11 800.1	2 260.0	23.1	11 050.0	2 120.2
4	15.4	12 111.8	2 444.1	34.6	10 176.4	1 933.0
5	–	–	–	3.85	11 013.0	2 001.60
Reflection Sovering						
Highest lactation				Last completed lactation		
1	6.3	12 128.5	2 336.7	6.3	12 128.5	2 336.7
2	28.1	12 182.0	2 384.6	12.5	12 307.5	2 306.1
3	53.1	12 445.2	2 392.0	56.3	11 841.7	2 256.8
4	12.5	13 359.3	2 565.9	15.6	10 612.0	1 940.0
5	–	–	–	9.38	11 452.7	2 088.88

В последней законченной лактации среди животных данной линии наибольший удельный вес составляли коровы 4-й лактации (34,6 %), однако их средний удой составил 10 176,4 кг, что на 1935,4 кг, или 16,0 %, ниже, чем в период их максимальной продуктивности. Данный показатель говорит о закономерном снижении удоя по мере увеличения числа лактаций, однако степень этого снижения различалась в зависимости от лактации. Так, у коров 3-й лактации разница между наивысшим и последним удоём составляла 750,1 кг, что эквивалентно 6,4 %. При этом коэффициент молочности снизился на 139,8 кг, что свидетельствует о постепенном уменьшении продуктивности по мере увеличения возраста животных.

В группе коров линии Рефлекшн Соверинг пик лактации приходился на 3-ю лактацию у 53,1 % животных. Средний удой в этот период достигал 12 445,2 кг, что на 333,3 кг, или 2,8 %, выше, чем

у сверстниц линии Вис Бэк Айдиал. Коэффициент молочности у коров этой группы также был выше и составлял 2392,0 кг, что на 24,2 кг, или 1,0 %, превышало показатель первой группы. Следовательно, животные линии Рефлекшн Соверинг обладали более высокой молочной продуктивностью в период наивысшей лактации, что может быть связано с особенностями их обмена веществ и генетической предрасположенностью к более интенсивному молокообразованию.

В последней законченной лактации 56,3 % животных этой линии сохраняли высокую продуктивность, однако их удой был ниже на 603,5 кг, что эквивалентно 4,9 %, по сравнению с наивысшим показателем. При этом коэффициент молочности снизился на 135,2 кг, что указывает на уменьшение эффективности использования питательных веществ для синтеза молока. Однако снижение продуктивности у коров данной линии происходило менее резко,

чем у сверстниц первой группы, что свидетельствует о более стабильном уровне молочной продуктивности в течение всего продуктивного периода.

Наибольшая разница между наивысшим и последним удоем наблюдалась у коров 4-й лактации. У животных линии Рефлекшн Соверинг эта разница составила 2747,3 кг, что соответствует 20,6 %, тогда как у сверстниц линии Вис Бэк Айдиал аналогичный показатель был ниже и составлял 1935,4 кг (16,0 %). Коэффициент молочности у коров 4-й лактации линии Рефлекшн Соверинг снизился на 625,9 кг, что также свидетельствует о значительном уменьшении продуктивности после прохождения пика лактации. Данный факт может быть обусловлен физиологическими изменениями в организме животных, связанными с возрастными процессами, что требует дальнейшего изучения.

При сравнении групп установлено, что продуктивность коров линии Рефлекшн Соверинг в период наивысшей лактации была выше, чем у сверстниц линии Вис Бэк Айдиал, на 333,3 кг, что составляет 2,8 %. В последней законченной лактации эта разница увеличивалась до 1585,3 кг, что соответствует 15,6 % и подтверждает способность животных данной линии дольше сохранять продуктивность. Коэффициент молочности на пике продуктивности у коров линии Рефлекшн Соверинг также превышал аналогичный показатель первой группы на 24,2 кг (1,0 %), а в последней лактации разница составляла 63,8 кг (3,3 %).

Примечательно, что в группе Рефлекшн Соверинг пик продуктивности приходился на более раннюю 3-ю лактацию, при этом в последней законченной лактации удельный вес коров 3-й лактации был выше, чем в группе Вис Бэк Айдиал. Этот факт свидетельствует о более стабильном уровне молочной продуктивности у коров линии Рефлекшн Соверинг, что подтверждается меньшей разницей между наивысшим и последним удоем: 603,5 кг (4,9 %) против 750,1 кг (6,4 %) у животных аналогичной лактации первой группы.

Наибольшие различия между группами наблюдались у коров 4-й лактации. В период наивысшей продуктивности удой у коров линии Рефлекшн Соверинг превышал аналогичный показатель у животных первой группы на 1247,5 кг, что соответствует 10,3 %. Однако в последней законченной лактации снижение удою у этих коров было более выраженным: разница составила 1436,4 кг, что эквивалентно 14,1 %. Этот факт может свидетельствовать о более резком снижении продуктивности после прохождения пика, несмотря на изначально более высокий уровень молочной продуктивности у животных данной линии.

Коровы линии Рефлекшн Соверинг также характеризовались большей долей животных, для которых 5-я лактация являлась последней (закончен-

ной), что указывает на лучшую адаптацию к длительной эксплуатации. При этом их средний удой оставался выше, чем у коров аналогичной лактации в линии Вис Бэк Айдиал. Следовательно, данная линия обладает лучшей сохранностью продуктивности при увеличении возраста животных, что может быть связано с генетическими особенностями и уровнем устойчивости к факторам среды.

Анализ продуктивных показателей коров голштинской породы линии Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг в период наивысшей и последней законченной лактации позволил оценить интенсивность раскрытия их генетического потенциала и устойчивость к возрастным изменениям (таблица 2).

Анализ результатов показывает, что при наивысшей лактации коровы второй группы демонстрировали более высокую продуктивность по сравнению с животными первой группы. Удой у коров второй группы превышал показатель сверстниц первой группы на 510,09 кг, что составляет 4,27 % ($P < 0,05$). Следовательно, генетическая предрасположенность животных линии Рефлекшн Соверинг позволяет им реализовывать более высокий потенциал молокообразования в период максимальной продуктивности. При этом коэффициент молочности у этих животных оказался выше на 69,26 кг, что эквивалентно 2,96%. Данный показатель является важным критерием оценки продуктивности, так как отражает способность коровы эффективно использовать кормовые ресурсы для синтеза молока. Таким образом, можно утверждать, что животные второй группы обладают более благоприятными физиологическими механизмами переработки питательных веществ, что способствует повышению их продуктивности.

При сравнении качественных показателей молока выявлено, что массовая доля жира в молоке коров обеих групп находилась на сходном уровне, однако выход молочного жира у животных второй группы превышал аналогичный показатель у сверстниц первой группы на 23,44 кг, что составляет 4,99 % ($P < 0,05$). Этот факт свидетельствует о более высокой продуктивности животных линии Рефлекшн Соверинг не только по удою, но и по общему выходу жира, что может быть связано с более эффективным метаболизмом жиров в организме. Следовательно, несмотря на отсутствие значительных различий в процентном содержании жира, коровы второй группы характеризуются лучшими абсолютными показателями по выходу данного компонента.

Что касается белкового состава молока, массовая доля белка в обеих группах находилась на одном уровне, однако выход молочного белка у коров второй группы оказался выше на 16,09 кг, что составляет 4,06 % ($P < 0,05$). Это указывает на более активный белковый обмен животных данной ли-

нии, что выражается в увеличении абсолютного количества синтезируемого молочного белка. Данный показатель имеет большое значение для оценки молочной продуктивности, поскольку содержание белка является ключевым критерием при определении питательной ценности молока. Таким образом, можно утверждать, что коровы линии Рефлекшн Соверинг не только обладают высоким уровнем удоя, но и способны поддерживать высокий уровень белкового синтеза, что делает их молоко более ценным с точки зрения переработки.

При анализе последней законченной лактации наблюдается схожая тенденция, подтверждающая,

что животные второй группы обладают более высокой продуктивностью даже в поздние лактационные периоды. Удой у коров второй группы был выше, чем у сверстниц первой группы, на 599,94 кг, что эквивалентно 5,41 %. Этот факт свидетельствует о меньшем снижении продуктивности у животных линии Рефлекшн Соверинг по мере увеличения количества лактаций. Данный показатель указывает на то, что животные данной линии способны сохранять высокий уровень молокообразования на протяжении большей части продуктивного периода, что делает их более перспективными для длительного использования в стаде.

Таблица 2

Молочная продуктивность коров разных линий и показатели качества молока

Показатели		Линия животных	
		Вис Бэк Айдиал	Рефлекшн Соверинг
Наивысшая лактация	Лактация	2,50 ± 0,18	2,72 ± 0,14
	Живая масса, кг	512,2 ± 5,21	520,2 ± 6,45
	Удой, кг	11 955,54 ± 127,21	12 465,63 ± 178,83*
	Коэффициент молочности, кг	2 338,93 ± 30,33	2 408,19 ± 46,44
	Жир, %	3,93 ± 0,02	3,95 ± 0,01
	ВВЖ, кг	469,26 ± 5,5	492,7 ± 6,59*
	Белок, %	3,32 ± 0,01	3,31 ± 0,01
	ВВБ, кг	396,41 ± 4,65	412,50 ± 5,43*
Последняя законченная лактация	Скорость молокоотдачи, кг/мин	2,62 ± 0,12	2,79 ± 0,14
	Лактация	2,96 ± 0,21	3,09 ± 0,17
	Живая масса, кг	521,6 ± 5,51	534,8 ± 6,01
	Удой, кг	11 089,31 ± 361,08	11 689,25 ± 331,4
	Коэффициент молочности, кг	2 138,94 ± 78,62	2 202,73 ± 73,09
	Жир, %	3,92 ± 0,02	3,94 ± 0,02
	ВВЖ, кг	433,98 ± 8,23	460,31 ± 8,66*
	Белок, %	3,34 ± 0,01	3,33 ± 0,01
ВВБ, кг	370,77 ± 12,27	388,61 ± 10,86	
Скорость молокоотдачи, кг/мин	2,62 ± 0,12	2,79 ± 0,14	

Table 2

Dairy productivity and quality of milk from Holstein cows of different lines

Parameters		Line of Holstein cows	
		Vis Back Ideal	Reflection Covering
Highest lactation	Lactation	2.50 ± 0.18	2.72 ± 0.14
	Body weight, kg	512.2 ± 5.21	520.2 ± 6.45
	Average milk yield, kg	11 955.54 ± 127.21	12 465.63 ± 178.83*
	Milk yielding capacity, kg	2 338.93 ± 30.33	2 408.19 ± 46.44
	Milk fat, %	3.93 ± 0.02	3.95 ± 0.01
	Total milk fat yield, kg	469.26 ± 5.5	492.7 ± 6.59*
	Milk protein, %	3.32 ± 0.01	3.31 ± 0.01
	Total milk protein yield, kg	396.41 ± 4.65	412.50 ± 5.43*
Last completed lactation	Milk production rate, kg/min	2.62 ± 0.12	2.79 ± 0.14
	Lactation	2.96 ± 0.21	3.09 ± 0.17
	Body weight, kg	521.6 ± 5.51	534.8 ± 6.01
	Average milk yield, kg	11 089.31 ± 361.08	11 689.25 ± 331.4
	Milk yielding capacity, kg	2 138.94 ± 78.62	2 202.73 ± 73.09
	Milk fat, %	3.92 ± 0.02	3.94 ± 0.02
	Total milk fat yield, kg	433.98 ± 8.23	460.31 ± 8.66*
	Milk protein, %	3.34 ± 0.01	3.33 ± 0.01
Total milk protein yield, kg	370.77 ± 12.27	388.61 ± 10.86	
Milk production rate, kg/min	2.62 ± 0.12	2.79 ± 0.14	

Таблица 3

Корреляционная матрица взаимосвязей между показателями продуктивности, качества молока и живой массы коров разных линий в периоды наивысшей и последней лактации

Биология и биотехнологии

Корреляция	Вис Бэк Айдиал		Рефлекшн Соверинг	
	Наивысшая лактация	Последняя лактация	Наивысшая лактация	Последняя лактация
Удой, кг – живая масса, кг	0,18	-0,37*	-0,04	-0,39*
Жир, % – живая масса, кг	0,17	0,23	-0,04	-0,02
ВВЖ, кг – живая масса, кг	0,24	-0,37*	-0,05	-0,41**
Белок, % – живая масса, кг	0,16	0,16	0,01	0,04
ВВБ, кг – живая масса, кг	0,22	-0,34	-0,04	-0,40**
Жир, % – удой, кг	0,01	-0,62***	-0,38*	-0,28
ВВЖ, кг – удой, кг	0,90***	0,99***	0,97***	0,99***
Белок, % – удой, кг	0,08	0,22	0,11	-0,25
ВВБ, кг – удой, кг	0,94***	0,99***	0,96***	0,99***
ВВЖ, кг – жир, %	0,43*	-0,51**	-0,15	-0,14
Белок, % – жир, %	-0,37*	-0,41*	-0,02	0,01
ВВБ, кг – жир, %	-0,12	-0,64***	-0,36*	-0,29
Белок, % – ВВЖ, кг	-0,08	0,18	0,10	-0,26
ВВБ, кг – ВВЖ, кг	0,80***	0,98***	0,93***	0,98***
ВВБ, кг – белок, %	0,41*	0,31	0,37*	-0,12

Table 3

Correlations between dairy productivity, milk quality and body weight of Holstein cows of different lines for the highest and last completed lactation

Correlations	Vis Back Ideal		Reflection Sovering	
	Highest lactation	Last completed lactation	Highest lactation	Last completed lactation
Average milk yield, kg – body weight, kg	0.18	-0.37*	-0.04	-0.39*
Milk fat, % – body weight, kg	0.17	0.23	-0.04	-0.02
Total milk fat yield, kg – body weight, kg	0.24	-0.37*	-0.05	-0.41**
Milk protein, % – body weight, kg	0.16	0.16	0.01	0.04
Total milk protein yield, kg – body weight, kg	0.22	-0.34	-0.04	-0.40**
Milk fat, % – average milk yield, kg	0.01	-0.62***	-0.38*	-0.28
Total milk fat yield, kg – average milk yield, kg	0.90***	0.99***	0.97***	0.99***
Milk protein, % – average milk yield, kg	0.08	0.22	0.11	-0.25
Total milk protein yield, kg – average milk yield, kg	0.94***	0.99***	0.96***	0.99***
Total milk fat yield, kg – milk fat, %	0.43*	-0.51**	-0.15	-0.14
Milk protein, % – milk fat, %	-0.37*	-0.41*	-0.02	0.01
Total milk protein yield, kg – milk fat, %	-0.12	-0.64***	-0.36*	-0.29
Milk protein, % – total milk fat yield, kg	-0.08	0.18	0.10	-0.26
Total milk protein yield, kg – total milk fat yield, kg	0.80***	0.98***	0.93***	0.98***
Total milk protein yield, kg – milk protein, %	0.41*	0.31	0.37*	-0.12

Коэффициент молочности у коров второй группы также оказался выше на 63,79 кг, что составляет 2,98 % и подтверждает их способность к эффективному использованию питательных веществ для синтеза молока. Этот показатель особенно важен при оценке продуктивности животных, так как отражает не только абсолютный удой, но и степень конверсии питательных веществ в молочную продукцию. Следовательно, животные линии Рефлекшн Соверинг демонстрируют более высокий уровень продуктивности за счет более рациональ-

ного использования кормов, что делает их разведение экономически выгодным.

Что касается качественных показателей молока, массовая доля жира в обеих группах сохранялась на сходном уровне, однако выход молочного жира у коров второй группы превышал аналогичный показатель у сверстниц первой группы на 26,33 кг и составил 6,07 % ($P < 0,05$). Данный показатель имеет большое значение, так как определяет общее количество получаемого жира с молочной продукцией. Более высокий выход жира свидетельствует

о сохранении высокой продуктивности животных второй группы, несмотря на увеличение количества лактаций. Следовательно, можно сделать вывод, что коровы данной линии характеризуются лучшей устойчивостью к возрастным изменениям и способны поддерживать высокую продуктивность даже на поздних стадиях лактации.

Выход молочного белка у коров второй группы также оказался выше, чем у сверстниц первой группы, на 17,84 кг, что составляет 4,81 %. Этот показатель подтверждает, что животные линии Рефлексн Соверинг способны поддерживать высокий уровень белкового обмена на протяжении всего продуктивного периода. Высокий выход молочного белка свидетельствует о благоприятных физиологических особенностях данной линии, позволяющих им сохранять высокую продуктивность даже в поздние лактационные периоды.

Результаты корреляционного анализа, являющегося важным инструментом для понимания комплексных взаимосвязей в биологических системах и принятия обоснованных решений в животноводстве, приведены в таблице 3.

Корреляционный анализ показателей молочной продуктивности коров линии Вис Бэк Айдиал на пике лактации и в последней законченной лактации демонстрирует различия в степени взаимосвязи между основными параметрами. В период наивысшей продуктивности наблюдается положительная связь между удоем и содержанием жира в молоке ($r = 0,17$), однако эта корреляция практически отсутствует в последней лактации ($r = -0,62$, $P < 0,001$), что свидетельствует о перераспределении питательных веществ и возможном изменении обменных процессов на более поздних стадиях лактации.

Выраженная положительная связь между удоем и выходом молочного жира ($r = 0,90$, $P < 0,001$) на пике продуктивности указывает на эффективное использование питательных веществ для синтеза молочного жира. В последней лактации эта корреляция сохраняется на высоком уровне ($r = 0,99$, $P < 0,001$), но сопровождается снижением абсолютных значений удоя, что может свидетельствовать о возрастных изменениях в липидном обмене. Аналогичная динамика прослеживается в связи между удоем и выходом молочного белка: коэффициент корреляции увеличивается с 0,94 ($P < 0,001$) до 1,00 ($P < 0,001$), что может указывать на стабилизацию белкового обмена у животных на поздних стадиях лактации.

Примечательно, что корреляция между содержанием жира и выходом молочного жира положительная ($r = 0,43$, $P < 0,05$), но в последней лактации она становится отрицательной ($r = -0,51$, $P < 0,01$). Это может свидетельствовать о снижении способности коров поддерживать высокую жирность молока при уменьшении общего удоя. При этом связь

между содержанием белка и выходом молочного белка остается положительной в обеих лактациях ($r = 0,80$, $P < 0,001$ и $r = 0,98$, $P < 0,001$), что подтверждает важность белкового обмена в поддержании продуктивности животных.

Сравнивая корреляционные взаимосвязи между наивысшей и последней лактацией, можно отметить, что в первой группе большинство связей носят умеренно выраженный характер, тогда как во второй они становятся более поляризованными: усиливаются или ослабевают. Это может свидетельствовать о возрастных изменениях, влияющих на молочную продуктивность, о перераспределении питательных веществ и изменении физиологических механизмов регуляции обмена веществ у коров на поздних стадиях лактации.

Корреляционный анализ показателей молочной продуктивности коров линии Рефлексн Соверинг на пике и в последней законченной лактации демонстрирует различия во взаимосвязях между основными параметрами. В период наивысшей продуктивности удой слабо коррелирует с живой массой ($r = -0,04$), тогда как в последней лактации связь усиливается ($r = -0,39$, $P < 0,05$), что может указывать на тенденцию к снижению молочной продуктивности с возрастом и на изменение метаболической нагрузки.

Содержание жира в молоке на пике продуктивности имеет отрицательную корреляцию с удоем ($r = -0,38$, $P < 0,05$), что свидетельствует о закономерности снижения жирности при увеличении молокоотдачи. В последней лактации эта тенденция сохраняется ($r = -0,28$), однако связь ослабевает, что может быть связано с возрастными изменениями в метаболизме жиров. При этом выход молочного жира остается положительно связанным с удоем как в период наивысшей продуктивности ($r = 0,97$, $P < 0,001$), так и в последней лактации ($r = 0,99$, $P < 0,001$), что указывает на устойчивое поддержание уровня жиропродукции даже при общем снижении удоя.

Анализ белковых показателей демонстрирует слабую положительную связь между удоем и содержанием белка на пике лактации ($r = 0,11$), но в последней лактации эта связь становится отрицательной ($r = -0,25$), что может свидетельствовать о снижении синтеза белка на фоне уменьшения продуктивности. Выход молочного белка сохраняет сильную положительную связь с удоем ($r = 0,96$, $P < 0,001$ на пике и $r = 0,99$, $P < 0,001$ в последней лактации), что подтверждает важность данного показателя для оценки молочной продуктивности.

При сравнении периодов наивысшей и последней лактации выявляется общее усиление отрицательных корреляций, что отражает снижение молочной продуктивности и возможные возрастные изменения в обменных процессах. При этом

положительные взаимосвязи между удоем и выходом молочных компонентов остаются высокими, что свидетельствует о стабильности продуктивности коров этой линии, несмотря на возрастные изменения.

Сравнительный анализ корреляционных взаимосвязей между показателями молочной продуктивности коров линий Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг демонстрирует различия в структуре взаимосвязей на пике и в последней законченной лактации.

В группе Вис Бэк Айдиал наивысший удои положительно коррелировал с живой массой ($r = 0,18$), тогда как в группе Рефлекшн Соверинг связь была практически отсутствующей ($r = -0,04$). В последней лактации в обеих группах наблюдается усиление отрицательной корреляции ($r = -0,37, P < 0,05$ у Вис Бэк Айдиал и $r = -0,39, P < 0,05$ у Рефлекшн Соверинг), что свидетельствует о том, что увеличение живой массы у старших животных не способствует росту удою, а, возможно, отражает перераспределение энергии на поддержание жизнедеятельности.

Отрицательная корреляция удою с содержанием жира в молоке была более выраженной у коров линии Вис Бэк Айдиал как на пике ($r = 0,17$), так и в последней лактации ($r = -0,62, P < 0,001$), тогда как у коров линии Рефлекшн Соверинг эта взаимосвязь была слабее ($r = -0,38, P < 0,05$ и $r = -0,28$ соответственно). Это свидетельствует о более выраженной тенденции снижения жирности молока при увеличении удою у животных линии Вис Бэк Айдиал, что может указывать на различия в метаболизме жиров и характере лактационной деятельности.

Выход молочного жира в обеих линиях демонстрировал высокую положительную корреляцию с удоем, однако в линии Вис Бэк Айдиал этот показатель был выше ($r = 0,90, P < 0,001$ на пике и $r = 0,99, P < 0,001$ в последней лактации) по сравнению с Рефлекшн Соверинг ($r = 0,97, P < 0,001$ и $r = 0,99, P < 0,001$ соответственно). Это указывает на то, что, несмотря на снижение жирности молока с увеличением удою, абсолютное количество молочного жира оставалось устойчиво связанным с продуктивностью.

Анализ белковых показателей выявил различия в характере связей между группами. В линии Вис Бэк Айдиал содержание белка в молоке на пике продуктивности имело слабую положительную корреляцию с удоем ($r = 0,08$), тогда как в линии Рефлекшн Соверинг отмечалась несколько более выраженная связь ($r = 0,11$). Однако в последней лактации у животных линии Вис Бэк Айдиал корреляция осталась положительной ($r = 0,22$), а у коров линии Рефлекшн Соверинг приобрела отрицательное значение ($r = -0,25$), что может свидетельствовать о более стабильном уровне синтеза белка у животных первой группы при возрастных изменениях.

Выход молочного белка имел наиболее выраженную положительную корреляцию с удоем в обеих группах, однако в линии Вис Бэк Айдиал показатели были несколько выше ($r = 0,94, P < 0,001$ на пике и $r = 1,00, P < 0,001$ в последней лактации), чем в линии Рефлекшн Соверинг ($r = 0,96, P < 0,001$ и $r = 0,99, P < 0,001$ соответственно). Это подтверждает сохранение высокой продуктивности по белку в обеих группах, несмотря на возрастные изменения.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Продуктивность коров молочного направления во многом определяется их генетической предрасположенностью, а также особенностями роста, развития и адаптации к условиям содержания. В племенном животноводстве важную роль играет изучение продуктивных качеств животных разных генотипов, что позволяет выявить линии с наибольшим потенциалом молочной продуктивности и устойчивостью к длительной эксплуатации [7]. Одним из ключевых аспектов оценки является анализ удою в период наивысшей продуктивности и в последней законченной лактации, что позволяет не только определить пик молочной продуктивности, но и проследить динамику ее изменения с возрастом [8; 9].

Результаты исследования демонстрируют, что продуктивность коров в разные лактации зависит от их генетической принадлежности. Коровы линии Рефлекшн Соверинг характеризовались более высоким уровнем молочной продуктивности как в период наивысшей лактации, так и в последней законченной лактации, что свидетельствует о большей стабильности их удою на протяжении производственного использования. При этом пик продуктивности у коров данной линии приходился на более ранний период, что указывает на интенсивное развитие молочной продуктивности в первые лактации.

Сравнение разницы между наивысшей и последней лактацией показало, что у коров линии Рефлекшн Соверинг снижение удою происходило менее выражено по сравнению с животными линии Вис Бэк Айдиал, что указывает на их лучшую адаптацию к длительному периоду продуктивного использования. Доля животных, сохраняющих высокую продуктивность в поздние лактации, также была выше, что свидетельствует о лучших репродуктивных качествах и устойчивости к возрастным изменениям.

Наибольшие различия между линиями наблюдались у коров 4-й лактации, где в период наивысшей продуктивности животные линии Рефлекшн Соверинг демонстрировали заметно более высокий удои, но в последней законченной лактации их продуктивность снижалась более выраженно. Это может свидетельствовать о разной стратегии

продуктивности: в одной линии проявляется более интенсивная лактационная кривая с высоким пиковым удоем, тогда как в другой наблюдается более плавное изменение продуктивности с возрастом.

Отмеченные различия подтверждают важность селекционного отбора с учетом не только максимального уровня молочной продуктивности, но и стабильности удоя на протяжении всего производственного периода. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что линия Рефлекшн Соверинг обладает более выраженной интенсивностью лактации в ранние периоды, что может быть преимуществом для хозяйств, ориентированных на получение высоких надоев в первые лактации. В то же время линия Вис Бэк Айдиал демонстрирует более стабильную продуктивность на протяжении всего периода эксплуатации, что делает ее перспективной для длительного использования коров в молочном производстве.

Генетическая предрасположенность определяет не только уровень продуктивности, но и динамику изменения удоя в течение хозяйственного использования [10; 11].

Исходя из полученных результатов исследования, можно также утверждать, что животные линии Рефлекшн Соверинг обладают высокой устойчивостью к возрастному снижению продуктивности и могут быть рекомендованы для разведения в стадах с длительным сроком хозяйственного использования. Коровы данной линии превосходят сверстниц линии Вис Бэк Айдиал по удою, выходу молочного жира и белка как в период наивысшей продуктивности, так и в последней законченной лактации. Причем различия сохраняются даже в более поздние лактационные периоды, что свидетельствует о лучшей устойчивости животных этой линии к возрастному снижению молочной продуктивности, а значит, о более высоком потенциале к продолжительному продуктивному использованию. Практическая значимость заключается в том, что при селекционном отборе можно ориентироваться на данную линию для получения высокопродуктивных животных с высокой устойчивостью к снижению удоя в поздние лактации, что способствует экономической эффективности молочного производства.

Корреляционный анализ является статистическим методом, позволяющим оценить силу и направление взаимосвязи между двумя или более переменными. В животноводстве (в частности, при изучении молочной продуктивности коров) такой анализ помогает выявить зависимости между показателями продуктивности (удой, содержание жира и белка в молоке) и физиологическими характеристиками животных (живая масса) [12; 13]. Это важно для понимания влияния различных факторов на качество и количество молока, а также для разработки стратегий селекции и управления стадом [14–16].

Установлено, что линия Вис Бэк Айдиал демонстрирует более выраженные корреляционные связи между продуктивными показателями, особенно в отношении содержания и выхода молочного жира и белка, тогда как у линии Рефлекшн Соверинг наблюдается более стабильная продуктивность с меньшими изменениями в составе молока при изменении удоя.

Проведенный корреляционный анализ показателей молочной продуктивности коров линий Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг выявил различия в структуре взаимосвязей на разных этапах лактации, что отражает особенности их физиологической адаптации и лактационной деятельности.

В обеих группах отмечается тенденция к снижению удоя при увеличении живой массы в последней лактации, что может свидетельствовать о перераспределении энергии в организме коров на процессы поддержания жизнедеятельности, а не на молокообразование. Однако у коров линии Вис Бэк Айдиал эта связь проявляется более выражено, что указывает на большую зависимость продуктивности от массы тела.

Различия в изменении содержания и выхода молочного жира также свидетельствуют о физиологических особенностях линий. У коров линии Вис Бэк Айдиал выявлена более выраженная отрицательная корреляция между удоем и жирностью молока, что может свидетельствовать о перераспределении питательных веществ в сторону увеличения общего объема молока при одновременном снижении его жирности. В то же время в линии Рефлекшн Соверинг жирность молока изменялась менее значительно, что говорит о большей стабильности химического состава молока при изменениях удоя.

Выход молочного белка в обеих группах демонстрировал устойчивую положительную связь с удоем, однако у коров линии Вис Бэк Айдиал отмечены несколько более высокие коэффициенты корреляции, что может указывать на их более выраженный потенциал по синтезу белка в молоке даже при возрастных изменениях.

Таким образом, коровы линии Вис Бэк Айдиал характеризуются более выраженными корреляционными связями между продуктивными показателями, что может свидетельствовать о большей чувствительности их молочной продуктивности к изменению физиологического состояния и параметров лактации. В то же время коровы линии Рефлекшн Соверинг демонстрируют более стабильный уровень молочной продуктивности и химического состава молока, что может свидетельствовать о лучших адаптивных механизмах в условиях длительной лактационной нагрузки.

Одним из важных результатов стало различие в характере взаимосвязи удоя с живой массой, жирностью и белковыми показателями молока у жи-

вотных различных линий. В группе Вис Бэк Айдиал более выраженная отрицательная корреляция между удоем и содержанием молочного жира и белка указывает на тенденцию к размыванию компонентов молока при увеличении продуктивности. В линии Рефлекшн Соверинг, напротив, связи между этими показателями были менее выражены, что свидетельствует о более стабильном химическом составе молока, несмотря на колебания удоя.

Практическое значение полученных данных заключается в том, что для животных линии Вис Бэк Айдиал целесообразно использовать стратегии кормления, направленные на поддержание стабильного уровня жира и белка в молоке при высоких надоях. В то же время для коров линии Рефлекшн Соверинг, имеющих более устойчивые параметры состава молока, необходимо учитывать, что снижение удоя в более поздние лактации сопровождается менее выраженными изменениями его состава, что может быть преимуществом при организации производства высококачественной молочной продукции.

Научная значимость исследования заключается в углублении понимания механизмов формирования продуктивности животных различных линий. Выявленные закономерности подтверждают, что внутривидовые различия могут определять индивидуальные особенности лактации, что необходимо учитывать при селекции и генетическом улучшении молочного скота.

Практическое применение полученных данных может быть реализовано в системах управления молочным скотоводством, где важно учитывать не только абсолютные показатели удоя, но и стабильность состава молока в зависимости от генетической принадлежности животных. Использование полученных результатов позволит оптимизировать кормление, повысить эффективность селекционных программ и улучшить качество молочной продукции, что особенно актуально в условиях интенсивного молочного производства.

Библиографический список

1. Мосолова Н. И., Федотова А. М., Горлов И. Ф., Суркова С. А., Натыров А. К. Производство молока и численность молочного поголовья КРС в регионах ЮФО // Аграрно-пищевые инновации. 2022. № 1 (17). С. 30–40. DOI: 10.31208/2618-7353-2022-17-30-40.
2. Зимняков В. М., Ильина Г. В., Ильин Д. Ю., Зимняков А. М. Состояние, проблемы и перспективы производства молока в России // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 1 (49). С. 4–10. DOI: 10.22314/27132064-2023-1-4.
3. Зибров А. М., Кровикова А. Н., Лепехина Т. В. Молочная продуктивность и физико-химический состав молока у коров голштинской породы разных линий за ряд лактаций // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 6 (120). С. 58–62. DOI: 10.23670/IRJ.2022.120.6.103.
4. Мосолова Н. И., Федотова Г. В., Сложенкина М. И., Воронцова Е. С., Горлов И. Ф., Гаврилова О. Ю. Особенности молочной продуктивности коров на крупных предприятиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 228–240. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-22.
5. Парамонов А. В., Неверова О. П., Горелик О. В. Оценка влияния живой массы на продуктивность голштинских коров [Электронный ресурс] // Молодежь и наука: [сайт]. 2023. № 12. Article number 39. URL: <https://min.urgau.ru/images/2023/12-2023/39-12-2023.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).
6. Мосолова Д. А., Сложенкина А. А., Стифанько М. Д., Бадмаева К. Е., Горлов И. Ф., Карпенко Е. В. Разработка методов эффективного использования породных ресурсов крупного рогатого скота при производстве говядины и молока в условиях Нижнего Поволжья: монография. Элиста: Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 2025. 172 с.
7. Лоретц О. Г., Ражина Е. В., Смирнова Е. С. Продуктивные особенности коров голштинской породы разных генетических линий // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 6. С. 779–791. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-779-791.
8. Болотова Л. Ю., Лукашенко Т. В., Колокольцова Е. А. Адаптационные способности коров и их влияние на молочную продуктивность // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 10 (88). Ч. 2. С. 6–12. DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.024.
9. Антипова Т. А., Кудряшова О. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Брехова С. А. Продуктивность и качество молока коров различных пород в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 5 (77). С. 166–177. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-18.
10. 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.

11. Mosolova N. I., Gorlov I. F., Karpenko E. V., Anisimova E. Yu., Tkachenkova N. A., Brekhova S. A., Slozhenkina A. A. Evaluation of milk quality indicators depending on seasonality in the conditions of JSC Kirov Volgograd region // E3S Web of Conferences. 2023. Article number 02043. DOI: 10.1051/e3sconf/202339002043.
12. Gorelik O. V., Galushina P. S., Knysh I. V., Bobkova E. Yu., Grigoryants I. A. Relationship between cow milk yield and milk quality indicators // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number 32013. DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032013.
13. Анисимова Е. Ю., Карпенко Е. В., Гришин В. С., Ткаченко Н. А., Лазарева Е. Ю., Орехова М. А. Прогнозирование молочной продуктивности коров красной степной породы на основе корреляционных связей и регрессионных моделей // Аграрно-пищевые инновации. 2024. № 3 (27). С. 77–89. DOI: 10.31208/2618-7353-2024-27-77-89.
14. Пономарева Е. А., Татаркина Н. И. Молочная продуктивность коров голштинской породы различного происхождения // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 43–45.
15. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Пузанкова В. А. Физико-химические показатели молока, произведенного в условиях промышленной технологии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 360–368. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-39.
16. Fedotova G. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I. Neural network forecasting in dairy farming // International Journal of Trade and Global Markets. 2023. Vol. 18, No. 2/3. Pp. 207–216. DOI: 10.1504/ijtg.2023.135608.

Об авторах:

Иван Федорович Горлов, академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия; заведующий кафедрой «Технология пищевых производств», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия; ORCID 0000-0002-8683-8159, AuthorID 581959. E-mail: niimmp@mail.ru

Марина Ивановна Сложенкина, член-корреспондент Российской академии наук, доктор биологических наук, директор, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия; профессор кафедры «Технология пищевых производств», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия; ORCID 0000-0001-9542-5893, AuthorID 438068. E-mail: slozhenkina@mail.ru

Ольга Павловна Шахбазова, доктор биологических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин, Донской государственной аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область, Россия; ORCID 0000-0001-9810-0162, AuthorID 478761. E-mail: oldeler@yandex.ru

Расим Гасанович Раджабов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры паразитологии, ветеринарной экспертизы и эпизоотологии, Донской государственной аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область, Россия; ORCID 0000-0003-2874-6800, AuthorID 417888. E-mail: Rasim.rg@yandex.ru

Елена Юрьевна Анисимова, ведущий научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия; ORCID 0000-0002-7508-3897, AuthorID 631821. E-mail: elanis1009@mail.ru

References

1. Mosolova N. I., Fedotova A. M., Gorlov I. F., Surkova S. A., Natyrov A. K. Milk production and number of dairy cattle stock in the Southern Federal District. *Agrarian-and-Food Innovations*. 2022; 17 (1): 30–40. DOI: 10.31208/2618-7353-2022-17-30-40. (In Russ.)
2. Zimnyakov V. M., Ilyina G. V., Ilyin D. Yu., Zimnyakov A. M. The state, problems and prospects of milk production in Russia. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2023; 1 (49): 4–10. DOI: 10.22314/27132064-2023-1-4. (In Russ.)
3. Zibrov A. M., Krovikova A. N., Lepekhina T. V. Lactation performance and physico-chemical composition of milk in cows of Holstein breed of different breed lines for a number of lactations. *International Research Journal*. 2022; 6 (120): 58–62. DOI: 10.23670/IRJ.2022.120.6.103. (In Russ.)
4. Mosolova N. I., Fedotova G. V., Slozhenkina M. I., Vorontsova E. S., Gorlov I. F., Gavrilova O. Yu. Features of milk productivity of cows at large enterprises of the Volgograd region. *Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: Science and higher vocational education*. 2022; 1 (65): 228–240. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-22. (In Russ.)

5. Paramonov A. V., Neverova O. P., Gorelik O. V. Evaluation of the effect of live weight on the productivity of Holstein cows. *Youth and Science [Internet]*. 2023 [cited 2025 Apr 02]; 12: 39. Available from: <https://min.urgau.ru/images/2023/12-2023/39-12-2023.pdf>. (In Russ.)
6. Mosolova D. A., Slozhenkina A. A., Stifanko M. D., Badmaeva K. E., Gorlov I. F., Karpenko E. V. *Development of methods for the efficient use of cattle breed resources in the production of beef and milk in the Lower Volga region: the monograph*. Elista: Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, 2025. 172 p. (In Russ.)
7. Loretts O. G., Razhina E. V., Smirnova E. S. Productive features of Holstein cows of different genetic lines. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (06): 779–791. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-779-791. (In Russ.)
8. Bolotova L. Yu., Lukashenkova T. V., Kolokoltsova E. A. Adaptive abilities of cows and their influence on dairy productivity. *International Research Journal*. 2019; 10 (88/2): 6–12. DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.024. (In Russ.)
9. Antipova T. A., Kudryashova O. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Anisimova E. Yu., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Brekhova S. A. Dairy productivity and quality of milk from different breeds of cattle grown in Volgograd region. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: Science and higher vocational education*. 2024; 5 (77): 166–177. DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-18. (In Russ.)
10. 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.)
11. Mosolova N. I., Gorlov I. F., Karpenko E. V., Anisimova E. Yu., Tkachenkova N. A., Brekhova S. A., Slozhenkina A. A. Evaluation of milk quality indicators depending on seasonality in the conditions of JSC Kirov Volgograd region. *E3S Web of Conferences*. 2023: 02043. DOI: 10.1051/e3sconf/202339002043.
12. Gorelik O. V., Galushina P. S., Knysh I. V., Bobkova E. Yu., Grigoryants I. A. Relationship between cow milk yield and milk quality indicators. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021: 32013. DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032013.
13. Anisimova E. Yu., Karpenko E. V., Grishin V. S., Tkachenkova N. A., Lazareva E. Yu., Orekhova M. A. The prediction of Red Steppe cows dairy productivity based on correlation relationship and regression models. *Agrarian-and-Food Innovations*. 2024; 27 (3): 77–89. DOI: 10.31208/2618-7353-2024-27-77-89. (In Russ.)
14. Ponomareva E. A., Tatarkina N. I. Dairy productivity of Holstein breed cows of various origin. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2019; 1 (29): 43–45. (In Russ.)
15. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S. Physical and chemical parameters of milk produced in accordance with industrial production technology. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: Science and higher vocational education*. 2023; 1 (69): 360–368. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-39. (In Russ.)
16. Fedotova G. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I. Neural network forecasting in dairy farming. *International Journal of Trade and Global Markets*. 2023; 18 (2/3): 207–216. DOI: 10.1504/ijtgm.2023.135608.

Authors' information:

Ivan F. Gorlov, academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of agricultural sciences, scientific supervisor, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia; head of the department of food production technology, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; ORCID 0000-0002-8683-8159, AuthorID 581959. *E-mail* niimmp@mail.ru

Marina I. Slozhenkina, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, doctor of biological sciences, director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia; professor of the department of food production technology, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; ORCID 0000-0001-9542-5893, AuthorID 438068. *E-mail*: slozhenkina@mail.ru

Olga P. Shakhbazova, doctor of biological sciences, associate professor of the Department of Natural Sciences, Don State Agrarian University, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia; ORCID 0000-0001-9810-0162, AuthorID 478761. *E-mail*: oldeler@yandex.ru

Rasim G. Radzhabov, candidate of agricultural sciences, associate professor of the Department of Parasitology, Veterinary and Epizootology, Don State Agrarian University, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia; ORCID 0000-0003-2874-6800, AuthorID 417888. *E-mail*: Rasim.rg@yandex.ru

Elena Yu. Anisimova, leading researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia; ORCID 0000-0002-7508-3897, AuthorID 631821. *E-mail*: elanis1009@mail.ru

Актуальные направления кормообеспечения в животноводстве

В. В. Горшков¹, Е. М. Щетинина²✉

¹ Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

² Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии, Москва, Россия

✉ E-mail: schetinina2014@bk.ru

Аннотация. Технологии органического животноводства основаны на снижении экологического и антропогенного воздействия в процессе аграрного производства. **Целью** исследований являлось изучение перспектив использования и переработки кормовых ресурсов растительного происхождения и потенциала их применения в органическом животноводстве на территории Монголии и Алтая. **Научная новизна** заключается в том, что впервые были проведены исследования пищевой ценности – химического, минерального и витаминного состава шротов, получаемых при переработке ягод облепихи и шиповника, используемых в дальнейшем в кормлении скота. Объектом исследования являлись шроты из облепихи и шиповника полученные в производственных условиях ЗАО «Алтайвитамины» (г. Бийск), водно-дисперсная смесь (каша), полученная диспергированием смеси зерна пшеницы, овса и ячменя. **Методы.** Оценка эффективности скармливания зерновой каши, полученной при диспергировании зерновой смеси, проводили на базе СПК «Заря» Тогульского района Алтайского края, а также на дойных коровах монгольской породы ИП «Амра» Ховдского аймака (г. Ховд, Монголия). Для определения эффективности поедаемости и скармливания животным каши из смеси зерновых после диспергирования с одновременным включением и без добавления облепихового шрота исследования проводили в производственных условиях СПК «Заря» и для проверки эффективности скармливания смеси зерновых после измельчения и диспергации – в условиях Ховдского аймака Монголии в ИП «Амра». Химический состав и питательность шротов от переработки ягод облепихи и шиповника изучали в лаборатории Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий и в Центральной научно-производственной ветеринарной радиологической лаборатории по стандартным методикам. По **результатам** проведения эксперимента установлено, что современный способ обработки растительного крахмалсодержащего сырья-зерна – на основе гидродинамического диспергирования позволяет путем механического гидролиза разрушать полисахариды растительных ресурсов (крахмал, клетчатку), делая их более доступными для пищеварения и усвоения животными, тем самым делая рацион более полноценным и сбалансированным.

Ключевые слова: растительные ресурсы, шрот облепиховый, шрот шиповниковый, органическое животноводство, кормление, молочный скот

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по теме Монг_т «Разработка концепции развития органического сельского хозяйства на основе прогрессивных методов и технологий», проект № 19-510-44011.

Для цитирования: Горшков В. В., Щетинина Е. М. Актуальные направления кормообеспечения в животноводстве // Аграрный Вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 619–630. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-619-630>.

Дата поступления статьи: 07.10.2024, **дата рецензирования:** 16.12.2024, **дата принятия:** 14.02.2025.

Current trends in feed supply in animal husbandry

V. V. Gorshkov¹, E. M. Shchetinina²✉

¹ Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

² Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

✉ E-mail: schetinina2014@bk.ru

Abstract. Organic livestock farming technologies are based on reducing the environmental and anthropogenic impact in the process of agricultural production. **The purpose** of the research was to study the prospects for the use and processing of plant-based feed resources and the potential for their use in organic livestock farming in Mongolia and Altai. **The scientific novelty** lies in the fact that for the first time, studies were conducted on the nutritional value – chemical, mineral and vitamin composition of meals obtained during the processing of sea buckthorn and rose hips, which are subsequently used in cattle feeding. The objects of the study were: meals from sea buckthorn and rose hips obtained in the production conditions of “Altayvitaminy” CJSC (Biysk), a water-dispersed mixture (porridge) obtained by dispersing a mixture of wheat, oats and barley grains. **Methods.** The evaluation of the feeding efficiency of grain porridge obtained by dispersing the grain mixture was carried out on the basis of the Agricultural production cooperative (APC) “Zarya” in the Togul district of the Altai Territory, as well as on Mongolian dairy cows of the Individual enterprise (IE) “Amra” of the Khovd aimag (Khovd city, Mongolia). To determine the efficiency of palatability and feeding of animals with porridge from a mixture of grains after dispersion, with and without the addition of sea buckthorn meal, it was carried out in the production conditions of the APC “Zarya”. To check the efficiency of feeding the mixture of grains after grinding and dispersion in the conditions of the Khovd aimag of the Mongolia in IE “Amra”. The chemical composition and nutritional value of meals from the processing of sea buckthorn berries and rose hips were studied in the laboratory of the Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology and the Central Scientific and Industrial Veterinary Radiological Laboratory using standard methods. Based on the **results** of the experiment, it was established that a modern method of processing plant starch-containing raw materials – grain based on hydrodynamic dispersion allows, through mechanical hydrolysis, to destroy polysaccharides of plant resources (starch, fiber), making them more accessible for digestion and assimilation by animals, thereby making the diet more complete and balanced.

Keywords: plant resources, sea buckthorn meal, rosehip meal, organic livestock farming, feeding, dairy cattle

Acknowledgments. The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research on the topic Mong_t “Development of the concept of organic agriculture based on progressive methods and technologies”, project No. 19-510-44011.

For citation: Gorshkov V. V., Shchetinina E. M. Current trends in feed supply in animal husbandry. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 619–630. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-619-630>. (In Russ.)

Date of paper submission: 07.10.2024, **date of review:** 16.12.2024, **date of acceptance:** 14.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

За последние 15–20 лет драйверами интенсивного роста органики как важной и интенсивно развивающейся отрасли мирового продовольственного сельскохозяйственного рынка являются желание населения следовать здоровому образу жизни при сохранении при производстве продукции здоровья почв, животных, людей и в целом всей экосистемы региона [1]. В настоящее время благодаря принятым нормативным документам [2; 3] на органическую продукцию и разработанной стратегии Правительства [4] органическое производство является в России одной из наиболее интенсивно развивающихся отраслей сельскохозяйственного производства. В Монголии имеются схожие с российскими

факторы, способствующие интенсивному развитию производства органической продукции [5; 6].

Ключевым элементом достижения высокой продуктивности в органическом животноводстве является обеспечение животных кормами, которые соответствуют требованиям органического производства и содержат необходимый комплекс питательных элементов.

Поэтому наряду с использованием традиционных грубых, сочных и концентрированных кормов, которые зачастую не в состоянии обеспечить весь комплекс элементов питания в рационах [7; 8], актуальным в развитии современных технологий переработки кормовых растительных ресурсов для органического животноводства является поиск новых растительных кормов и продуктов их переработки,

добавок [9], которые не только бы обеспечивали животных необходимыми элементами питания, но и формировали хорошее здоровье и иммунитет.

При этом, согласно требованиям органического кормопроизводства, запрещено использовать добавки, которые бы изменяли химический состав кормов, а также применять такие вещества или методы обработки, которые бы искусственным образом восстанавливали или исправляли свойства, утраченные в процессе переработки и хранения органических кормов, вводя в заблуждение относительно настоящей природы кормовых средств.

В Алтайском крае имеются значительные эндемичные и специализированные посадки облепихи и шиповника, обеспечивающие фармацевтическую промышленность сырьем для производства масел. В Монголии в засушливых районах выращивание облепихи не только позволяет получать сырье-ягоду, но и дополнительно дает животным кормовое сырье (листья и молодые веточки).

Поэтому впервые нами были проведены исследования пищевой ценности – химического, минерального и витаминного состава шротов, получаемых при переработке ягод облепихи и шиповника, используемых в дальнейшем в кормлении скота.

В настоящее время благодаря новым технологиям переработки кормов и растительного сырья перспективным направлением является поиск химических, физических, биотехнологических и иных способов обработки растительных ресурсов, которые бы позволяли раскрыть кормовой потенциал и позволили бы в наиболее полной мере использовать животными имеющиеся в растительных кормах питательные вещества и компоненты и при этом соответствовали бы требованиям органического производства.

Таким образом, поиск высокопитательных кормовых растительных ресурсов и современных агротехнологий переработки кормовых средств для органического животноводства в регионе Большого Алтая является актуальной задачей.

Цель исследований – изучение перспективы использования и переработки кормовых ресурсов растительного происхождения и потенциала их применения в органическом животноводстве на территории Монголии и Алтая.

Методология и методы исследования (Methods)

Настоящее исследование финансировалось РФФИ по исследовательскому проекту Монг_т «Разработка концепции развития органического сельского хозяйства на основе прогрессивных методов и технологий», № 19-510-44011, выполненному в Алтайском государственном аграрном университете (г. Барнаул, Россия), Монгольском государственном сельскохозяйственном университете (г. Улан-Батор, Монголия). Универсальный кормоприготовитель УПК-50 разработан и предоставлен

для исследования Алтайским государственным техническим университетом им. И. И. Ползунова (г. Барнаул, Россия).

Объектом исследования являлись шроты из облепихи и шиповника, полученные в производственных условиях ЗАО «Алтайвитамины» (г. Бийск), водно-дисперсная смесь (каша), полученная диспергированием смеси зерна пшеницы (34 %), овса (17 %) и ячменя (49 %).

В задачи исследования входило:

- 1) оценить продукты переработки дополнительных растительных кормовых ресурсов Алтайского края – шротов от переработки облепихи и шиповника по основным питательным компонентам;
- 2) изучить современную технологию переработки зерновых растительных ресурсов путем гидродинамического диспергирования на универсальном приготавителе кормов (УПК-50);
- 3) оценить поедаемость кормов и молочную продуктивность дойных коров.

Оценку эффективности скармливания зерновой каши, полученной при диспергировании зерновой смеси, проводили на базе СПК «Заря» Тогульского района Алтайского края на группах по 10 голов симментальских коров, улучшенных красно-пестрыми голштинами а также на дойных коровах монгольской породы ИП «Амра» Ховдского аймака (г. Ховд, Монголия). Смесь зерновых в соотношении пшеницы, овса, ячменя в количестве 34, 17 49 % соответственно использовалась в качестве концентрированного корма в дробленном виде в стандартных условиях хозяйства и в виде влажной каши после обработки, скармливали во время доения.

Для определения эффективности поедаемости и скармливания животным каши из смеси зерновых после диспергирования с одновременным включением и без добавления облепихового шрота в производственных условиях СПК «Заря» нами были сформированы три группы дойных коров по принципу пар-аналогов. Первая группа животных – контрольная – получала смесь зерновых концентрированных кормов в сухом дробленном виде, как принято в хозяйстве. Животные второй и третьей опытных групп получали комбикорм (по 3 кг утром и вечером на голову), обработанный в диспергаторе, а третьей группы – еще дополнительно шрот облепихи в количестве 600 г на голову в сутки.

Для проверки эффективности скармливания смеси зерновых после измельчения и диспергации в условиях Ховдского аймака Монголии в ИП «Амра» были сформированы две группы коров. Одна группа дойных коров получала концентрированные корма в количестве 3 кг на голову в сутки (по 1,5 кг утром и вечером) в сухом виде, а вторая – в обработанном. Анализ молочной продуктивности монгольских коров проводили по данным суточных удоев с ежедневным определением жирномолочности.

Химический состав и питательность шротов от переработки ягод облепихи и шиповника изучали в лаборатории Федерального Алтайского научного центра агrobiотехнологий (г. Барнаул, Россия) и Центральной научно-производственной ветеринарной радиологической лаборатории (г. Барнаул, Россия) по стандартным методикам. Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса Microsoft Office с применением программы Excel. Статистическая обработка включала расчет среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего ($\pm SEM$). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t -критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты (Results)

В органическом производстве при формировании кормовой базы для животных недопустимо использование химических консервирующих компонентов, а также гербицидов, пестицидов и удобрений при выращивании растительного сырья для консервированных кормов. Условием приготовления кормов является консервирование только естественным способом без применения широко распространенных консервантов при заготовке кормов. Кроме того, предъявляются повышенные требования к качеству исходного травяного сырья, которое должно быть выращено с соблюдением требований органического производства. Также при формировании рациона вводятся ограничения

на использование для повышения питательности рациона кормовых добавок и способов обработки кормовых средств.

В Алтайском крае основными заготавливаемыми кормами являются грубый корм (сено), силос и сенаж (Министерство сельского хозяйства Алтайского края, 2024). Однако рационы, составляемые на их основе, не обеспечивают животных необходимыми элементами питания, тем самым снижая продуктивность и иммунитет животных.

Согласно требованиям законодательства [2], имеется список разрешенного к применению в органическом производстве кормового сырья растительного и животного происхождения, кормовых материалов минерального происхождения, продуктов и побочных продуктов рыбного промысла, кормовых добавок, продуктов, используемых для кормления животных в качестве технологических вспомогательных средств.

В связи с этим для повышения продуктивности и поддержания хорошего здоровья без использования ветеринарных препаратов, антибиотиков и других запрещенных веществ в органике особую актуальность приобретают способы повышения питательности рационов животных и использование нетрадиционных кормов и кормовых добавок, которые обогащают рацион необходимыми элементами питания и позволяют поддерживать хорошее здоровье и продуктивность животных [10–15].



a)

a)



б)

б)

Рис. 1. Облепиховый (a) и шиповниковый (b) шроты

Fig. 1. Sea buckthorn (a) and rosehip (b) meal

Таковыми нетрадиционными кормовыми добавками являются шроты облепихи и шиповника (рис. 1). Шрот из ягод облепихи представляет собой переработанный продукт из семечек при приготовлении облепихового масла экстрагированием. Он представляет собой сухой порошок желто-коричневатого цвета с выраженным специфическим ароматом облепихи. Шрот шиповника представляет собой неоднородный порошок с легким, нерезким, невыраженным ароматом, с вкраплениями разного цвета и размера, включающий частички семян и кожуры разного размера, но не более 1–1,2 мм.

Предварительно нами был проведен анализ химического состава и питательности продуктов переработки ягодных культур – облепихи и шиповника, произрастающих, возделываемых и перерабатываемых в Алтайском крае и Монголии, который показал, что шроты являются хорошим источником макро- и микроэлементов, витаминов, а также со-

держат протеин и сырой жир, по которым лидирует облепиховый шрот, а по содержанию клетчатки – шиповниковый за счет включения большего количества остатков частей семян и кожуры (таблица 1). А вот по уровню каротина облепиховый шрот превосходил шиповниковый более чем в 3,5 раза, что закономерно.

Таким образом, лабораторные исследования показали, что облепиховый шрот значительно превосходит шиповниковый по содержанию протеина (как сырого, так и переваримого), сырого жира и каротина, но уступает по зольности и содержанию клетчатки. Во избежание прогоркания облепиховый шрот нельзя длительно хранить или следует держать в прохладном месте. Однако за время эксперимента в условиях коровника оба шрота не имели отклонений от требований качества: посторонний вкус и аромат прогорклости отсутствовали, влажность была в норме.

Таблица 1
Химический состав облепихового и шиповникового шротов

Показатель	Шрот облепиховый	Шрот шиповниковый
Химический состав, %		
Вода	7,5 ± 0,3	5,5 ± 0,3
Сухое вещество	92,54 ± 1,0	94,54 ± 1,8
Сырой протеин	25,89 ± 0,84	7,61 ± 0,31
Сырая клетчатка	13,22 ± 1,62	34,54 ± 2,62
Сырой жир	7,53 ± 0,75	0,84 ± 0,41
Биологически экстрактивные вещества	44,18	53,39
Крахмал	2,5 ± 0,8	1,9 ± 0,7
Зола	2,4	3,1
Обменная энергия, МДж/кг	11,8	9,7
Переваримый протеин, г/кг	225,9 ± 2,4	65,8 ± 1,2
Сахар, г/кг	0,79 ± 0,05	1,19 ± 0,5
Каротин, мг/кг	32,64 ± 7,1	9,22 ± 4,1
Витамин А, мг/кг	Менее 0,6	Менее 0,6
Витамин D, мг/кг	Менее 0,54	Менее 0,54
Витамин E, мг/кг	73,2 ± 22,0	20,7 ± 6,2
Макроэлементы, г/кг		
Кальций	0,3 ± 0,05	0,5 ± 0,09
Фосфор	0,67 ± 0,08	0,15 ± 0,02
Магний	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01
Калий	0,64 ± 0,07	0,17 ± 0,02
Натрий	0,057 ± 0,012	0,044 ± 0,012
Микроэлементы, мг/кг		
Железо	201 ± 22	428 ± 47
Кобальт	Менее 0,1	Менее 0,1
Медь	11 ± 1,1	6,75 ± 0,67
Цинк	32 ± 5	12,2 ± 1,8
Марганец	22 ± 2	34 ± 3
Аминокислоты, %		
Лизин	0,55 ± 0,07	Менее 0,45
Метионин	Менее 0,12	Менее 0,12
Триптофан	0,31 ± 0,04	Менее 0,15
Кислотное число, мг КОН/г	58,6 ± 0,4	38,4 ± 0,4
Кислотное число, мг КОН/г (через 10 месяцев)	117,7 ± 0,4	58,6 ± 0,4
Перекисное число, моль акт. кислорода/кг	11,3 ± 1,0	61,1 ± 5,5
Перекисное число, моль акт. кислорода/кг (через 10 месяцев)	19,08 ± 1,8	77,89 ± 7,01

Table 1
Chemical composition of sea buckthorn and rosehip meal

Indicator	Sea buckthorn meal	Rosehip meal
Chemical composition, %		
Water	7.5 ± 0.3	5.5 ± 0.3
Dry matter	92.54 ± 1.0	94.54 ± 1.8
Crude protein	25.89 ± 0.84	7.61 ± 0.31
Crude fiber	13.22 ± 1.62	34.54 ± 2.62
Crude fat	7.53 ± 0.75	0.84 ± 0.41
Biologically extractive substances	44.18	53.39
Starch	2.5 ± 0.8	1.9 ± 0.7
Ash	2.4	3.1
Metabolizable energy, MJ/kg	11.8	9.7
Digestible protein, g/kg	225.9 ± 2.4	65.8 ± 1.2
Sugar, g/kg	0.79 ± 0.05	1.19 ± 0.5
Carotene, mg/kg	32.64 ± 7.1	9.22 ± 4.1
Vitamin A, mg/kg	Less than 0.6	Less than 0.6
Vitamin D, mg/kg	Less than 0.54	Less than 0.54
Vitamin E, mg/kg	73.2 ± 22.0	20.7 ± 6.2
Macroelements, g/kg		
Calcium	0.3 ± 0.05	0.5 ± 0.09
Phosphorus	0.67 ± 0.08	0.15 ± 0.02
Magnesium	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01
Potassium	0.64 ± 0.07	0.17 ± 0.02
Sodium	0.057 ± 0.012	0.044 ± 0.012
Microelements, mg/kg		
Iron	201 ± 22	428 ± 47
Cobalt	Less than 0.1	Less than 0.1
Copper	11 ± 1.1	6.75 ± 0.67
Zinc	32 ± 5	12.2 ± 1.8
Manganese	22 ± 2	34 ± 3
Amino acids, %		
Lysine	0.55 ± 0.07	Less than 0.45
Methionine	Less than 0.12	Less than 0.12
Tryptophan	0.31 ± 0.04	Less than 0.15
Acid value, mg KOH/g	58.6 ± 0.4	38.4 ± 0.4
Acid value, mg KOH/g (after 10 months)	117.7 ± 0.4	58.6 ± 0.4
Peroxide value, mol act. oxygen/kg	11.3 ± 1.0	61.1 ± 5.5
Peroxide value, mol active oxygen/kg (after 10 months)	19.08 ± 1.8	77.89 ± 7.01

Представленные результаты химического состава являются средними по пяти измерениям от трех образцов двух партий каждого шрота за период исследования.

Вместе с тем химический анализ состава шротов показал, что продукт из шиповника является лидером по уровню минеральных компонентов, таких как кальций, фосфор, калий, железо и медь. Облепиховый шрот в сравнении с шиповниковым богат также калием и медью. По содержанию остальных исследованных минеральных веществ изучаемые шроты были сопоставимы с другими шротами.

Таким образом, использование данных продуктов переработки фармсырья позволит обогатить рацион животных необходимыми минеральными и витаминными компонентами с целью необходимой оптимизации рационов по данным элементам питания [16].

Однако одного введения новых компонентов в рацион недостаточно, чтобы обеспечить животных необходимыми элементами питания. Одним из путей повышения питательности рационов является использование скрытых резервов кормов, которые в настоящее время можно использовать благодаря инновационным технологиям обработки.

В первую очередь заслуживают внимания полимерные углеводы – клетчатка и крахмал. Уровень клетчатки ввиду ее специфического переваривания является лимитированным фактором. Как показывают отечественные исследования [11], усвояемость крахмала концентрированных кормов в природной форме составляет не более 20–25 % с учетом вида возделываемой культуры, тогда как наблюдается дефицит в легкосбраживаемых сахарах, доступном источнике энергии для микроорганизмов жвачных животных, который может составлять от 35–40 до 60 %.



Рис. 2. Формирование воронки в процессе прохождения зерновой массы через ротор УПК-50 в процессе гидродинамического диспергирования
Fig. 2. Formation of a funnel during the passage of grain mass through the UPK-50 rotor during hydrodynamic dispersion

В связи с этим важнейшей задачей новых технологий обработки зерновых концентрированных кормов является разложение крахмала на более простые углеводы, представленные декстринами и сахарами с частичной деполимеризацией клетчатки и желатинизацией крахмала. Это обусловлено разрывом природных связей в крахмале на клеточном уровне при воздействии повышенной температуры и/или давления и последующим распадом сложного углеводорода на более простые соединения.

Современное кормопроизводство знает достаточно широкий спектр химических и физических способов обработки кормовых средств и ингредиентов, позволяющих повысить их питательные свойства и вместе с тем не оказывающих воздействие на химическую или внутреннюю структуру корма, тем самым позволяя их использовать в органическом производстве. На сельскохозяйственных предприятиях применяют такие методы обработки кормов, как измельчение, дробление, экструдирование, пропаривание и плющение, микронизация, экспандирование, кавитация [17], и другие.

Современным перспективным направлением возмещения недостатка легкопереваримых углеводов в рационах крупного рогатого скота является использование разных способов обработки энергетических крахмалосодержащих кормов, в первую очередь зерновых. Среди имеющихся способов обработки зернового сырья – осолаживание, экструдирование, кавитация – инновационным и наиболее эффективным, по нашему мнению, является его переработка посредством гидродинамического диспергирования, результатом чего является получение водно-дисперсных кашеобразных смесей с высоким содержанием сахаров. По данной технологии зерновых массы подвергают механическому гидролизу, то есть физическому разрушению полисахаридов – клетчатки и крахмала.

Технологически процесс мелкодисперсного измельчения посредством гидродинамического диспергирования заключается в том, что сухое или предварительно распаренное зерно в заранее измельченном или целом виде через вводные отверстия роторного механизма попадает на рабочую зону – вращающийся шнек. Центробежная сила, которая развивается при вращении роторного диска, производит перемешивание измельченной зерновой массы с водой, векторно движется к периферии через сквозные отверстия между зубчатыми элементами, которые располагаются концентрически по окружностям диска ротора и статера. В процессе этого зубчатые элементы многократно смешивают и измельчают зерновую массу, одновременно подогревая ее (рис. 2).

После обработки полученные кормовые массы способны оптимизировать экологию микрофлоры рубца, а также оказывают эффективное регулирующее действие на физиологию пищеварения и другие функции организма, нормализуют биохимические процессы в организме животных.

Как показали проведенные исследования, после воздействия на кормоприготовительном агрегате УПК-50 в зерновых кормах заметно уменьшилось количество клетчатки, что представлено на рис. 3, при одновременном увеличении количества сахаров, что представлено на рис. 4: в пшенице – почти на 69 %, в ячмене – на 86,0 %, в овсе – на 16,7 %.

Такая разница обусловлена, вероятно, составом и строением крахмальных зерен в разных видах зерновых кормов и содержанием других элементов питания, в частности белка. Так, обработка на диспергаторе-кормоприготовителе овса в течение 25 минут приводила к образованию хлопьевидных структур, заполняющих весь объем кормоприготовительного барабана, и нагреванию смеси, что делало невозможным обработку зерна овса более указанного периода.

Процесс измельчения зерновых частиц до сверхмалых величин производится в водной среде в результате тороидального вихревого воздействия на исходные компоненты, вследствие чего энергией образующихся вихрей разрушаются клеточные стенки растительных структур зерновых кормов. Вследствие развивающегося механического гидролиза молекулы клетчатки и крахмала распадаются с образованием моносахаридов.

Таким образом, зерновые корма, полученные в соответствии с требованиями органического сельскохозяйственного производства, обработанные на данном кормоприготовителе на основе эффекта гидродинамического диспергирования, не меняют своих исходных характеристик, генетической и молекулярной структуры и могут стать для молочных коров хорошим источником простых моносахаров в их рационах, что играет важную роль в оптимизации сахаропротеинового соотношения, играющего ключевую роль в процессе молокообразования.

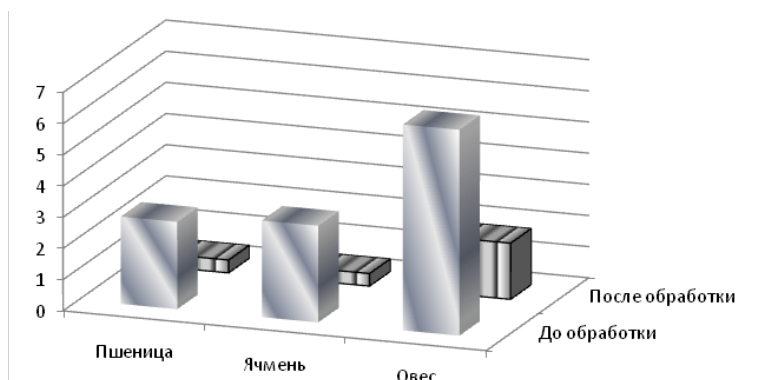


Рис. 3. Изменение содержания уровня клетчатки (%) в зерновых кормах до и после обработки

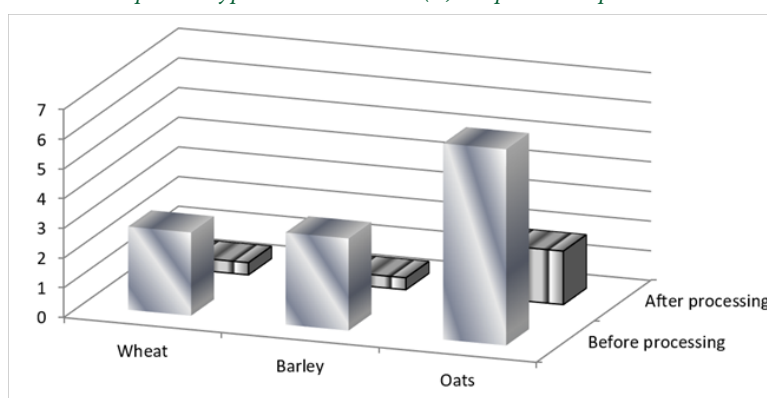


Fig. 3. Change in the content of fiber level (%) in grain feeds before and after treatment

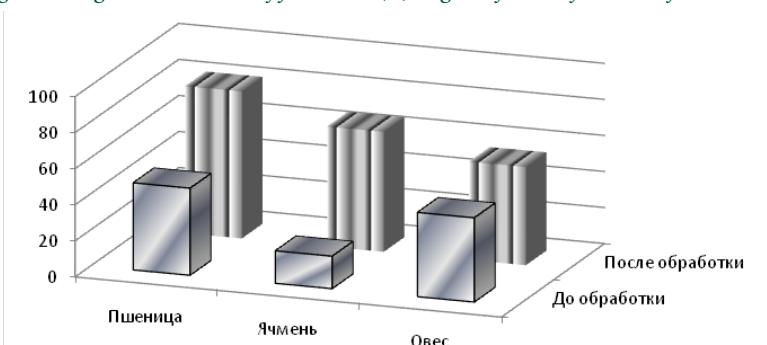


Рис. 4. Содержание сахаров (г/кг) в зерновых кормах до и после обработки на УПК-50

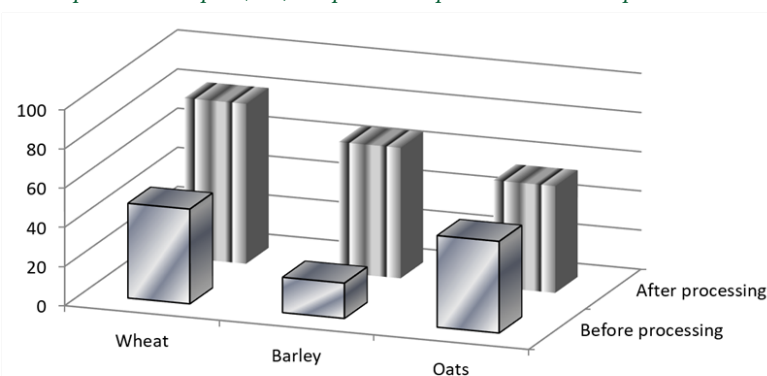


Fig. 4. Sugar content (g/kg) in grain feed before and after processing at UPK-50

Согласно полученным данным, при скормли-
вании животным смеси зерновых (пшеница, овес,
ячмень), обработанных в диспергаторе, при рас-
чете рационов с новой добавкой обогащение ра-
ционов коров легкопереваримыми сахарами про-
изойдет в 2,5–3 раза, что позволит сбалансировать

сахаропротеиновое отношение, доведя его до уров-
ня 1,0–1,4 : 1, тогда как в хозяйственных рационах
в зависимости от периода без применения обрабо-
танных концентратов этот показатель составляет
лишь 0,65–0,8 : 1.

Вместе с тем чрезмерное количество моно- и дисахаридов, так же как и их недостаток, отрицательно сказывается на пищеварении жвачных, поскольку это угнетает рубцовую микрофлору и приводит к кетозу. Поэтому для равномерного поступления сахаров в организм дойных животных во время подготовительного периода только часть зерновых в рационах жвачных предварительно заменяли кашей из обработанного диспергированного зерна.

Экспериментами установлено, что изменение питательности зерновых комбикормов после прохождения через универсальный приготовитель кормов при одновременном введении в рацион облепихового шрота положительно отразилось на молочной продуктивности и в целом состоянии здоровья опытных дойных коров.

Животные, получавшие кашу из обработанных на кормоприготовителе концентратов, которым дополнительно вводили в рацион облепиховый шрот (II опытная группа), имели наибольший показатель валового удоя за исследуемый лактационный период. Различия в общем удое за период между II опытной и контрольной группой полновозрастных коров, получавшей зерносмесь в обычном дробленом виде, составило 25,2 %, или 11 890 кг на группу за 9 месяцев лактационного периода исследования.

Животные, которые получали с рационом только зерновую кашу без добавления шрота (I опытная группа), уступали контрольной группе по удою на 16,2 %, или на 7636 кг. Разница между опытными группами составила 7,8 % (4254 кг) в пользу второй.

Поедаемость кормов в рационах с добавками составила 100 %.

Данные результаты подтверждают также исследования, проведенные на молочной ферме г. Ховд Ховдского аймака (Монголия). Скармливание монгольским коровам зерновой каши, полученной из зерна овса, пшеницы и ячменя, обработанной на кормоприготовителе, позволило повысить молочную продуктивность у дойных коров в среднем на 20,4 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Современные технологии переработки кормовых растительных ресурсов для животноводства преследуют цель – балансирование рационов животных по дефицитным элементам питания.

Ключевым фактором хорошей молочной продуктивности в органическом животноводстве является обеспечение животных кормами. В органическом производстве эта задача усложняется невозможностью использования гербицидов, пестицидов, удобрений, консервированием естественным способом без применения большинства консервантов при заготовке кормов, повышенными требованиями к качеству исходного травяного сырья (оно должно быть выращено тоже с соблюдением требований

органического производства), ограниченностью использования для повышения питательности рациона разрешенных кормовых добавок и способов обработки кормовых средств.

Использование кормовых добавок и инновационных способов обработки кормовых ресурсов позволяет расширить ресурс кормообеспечения органических животных в соответствии с требованиями органического производства, для которых не в полной мере подходят принятые в промышленном животноводстве условия кормления.

В первую очередь можно использовать разнообразные кормовые добавки для обогащения рационов крупного рогатого скота необходимыми элементами питания [9]. В Алтайском крае имеется уникальный растительный ресурс – облепиха, обладающая широким спектром вторичных фитопродуктов с высоким медико-биологическим потенциалом. Она содержит уникальный набор биологически активных веществ (биофлавоноидов, каротиноидов), большое количество разнообразных водо- и жирорастворимых витаминов (E, C, K, P, группы B), а также микроэлементов и органических кислот. Кроме того, ягоды облепихи являются уникальным источником нутрицевтиков, способны улучшать сопротивляемость организма инфекциям, повышая иммунитет, а листья облепихи богаты фитонцидами и дубильными веществами, обладающими бактерицидным эффектом [18]. Эта уникальная поливитаминная культура в настоящее время активно осваивается в Монголии как источник сырья-ягоды, так и в качестве дополнительной подкормки животных.

Дополнительным инновационным региональным биоресурсом, богатым витаминами, минеральными и биологически активными веществами, является шиповник, ягоды которого находят широкое применение в пищевой и перерабатывающей промышленности [19].

Преимуществами использования кормоприготовителя, действующего на основе гидродинамического диспергирования, способного благодаря развитию тороидальных вихрей разрушать клеточную стенку растительных зерновых ресурсов с высвобождением простых сахаров, являются отсутствие истирания рабочей поверхности ротора дисмембратора, получение зерновых смесей-каш с повышенной усвояемостью, улучшение рубцового пищеварения и, как следствие, повышение молочной продуктивности скота.

Замена в рационе дойных коров зерновых концентрированных кормов зерновыми кашами, приготовленными на кормоприготовителе, и дополнительное обогащение рациона облепиховым шротом способствовали оптимизации уровней перевариваемого протеина и сахаров, позволив довести их соотношение с 0,5 : 1 в рационах, используемых

в хозяйстве на стандартных кормах, до 0,8 : 1 в опытных условиях, тем самым улучшить физиологию питания скота. Необходимо отметить, что использование зерновой каши, особенно совместно с облепиховым шротом, положительно сказалось на поедаемости рациона, увеличив потребление корма животными. Таким образом, можно предположить, что указанные кормовые компоненты действовали как улучшители вкуса кормовой массы.

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, дополнительные продукты переработки эндемических для региона ягодных культур – шроты облепихи и шиповника – являются хорошим источником питательных, минеральных и биологически активных веществ.

Современный способ обработки растительного крахмалсодержащего сырья-зерна на основе гидродинамического диспергирования позволяет путем механического гидролиза разрушать полисахариды растительных ресурсов (крахмал, клетчатка), делая их более доступными для пищеварения и усвоения животными, тем самым делая рацион более полноценным и сбалансированным.

Полученные результаты являются уникальными. Аналогичных исследований обработки зерновых кормов с использованием подобного оборудования (диспергатора) не обнаружено.

Библиографический список

1. Factsheet – Catalyzing Change in the Food System by Strengthening Smallholder Farmer Groups: A multi-country approach to promote agroecology and healthier diets // IFOAM – Organics International. 2017. URL: <https://ifoam.bio/factsheet-catalysing-change-food-system-strengthening> (дата обращения: 24.03.2025).
2. ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации». Москва: Стандартинформ, 2016. 42 с.
3. Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 3 августа 2018 года № 280-ФЗ: с изм и доп. от 29.12.2022. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/?ysclid=lx0brym8h2614675306 (дата обращения: 24.03.2025).
4. Стратегия развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года // ГАРАНТ – информационно-правовой портал: сайт. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407297286/?ysclid=lx0fk8vli6696585256> (дата обращения: 24.03.2025).
5. Горшков В. В., Кундиус В. А. Перспективы развития органического животноводства стран Большого Алтая на основе биотехнологий // Grand Altai Research & Education. 2020. № 1 (12). С. 44–53. DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2020.01.005.
6. Горшков В. В., Дерябина М. В. Оценка потенциала развития органического животноводства в Алтайском крае // Grand Altai Research & Education. 2023. № 1 (19). С. 3–13. DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2023.01.
7. Сычева И. Н., Оришев А. Б., Мамедов А. А., Ивашова О. Н. Влияние коррекции элементного статуса молочных коров на количественные и качественные характеристики молока // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 3. С. 8–18. DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-8.
8. Горшков В. В. Природные компоненты – источники энергии, витаминов и минералов // Животноводство России. 2018. № 11. С. 47–48.
9. Шаабан М. Анализ российского рынка кормовых добавок (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 3. С. 76–91. DOI: 10.33284/2658-3135-106-3-76.
10. Агафонова Е. А., Шейда Е. В., Кван О. В. Использование ферментов в кормлении крупного рогатого скота, последствия для здоровья и продуктивности (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 132–143. DOI: 10.33284/2658-3135-106-1-132.
11. Бакач Н. Г., Передня В. И., Кувшинов А. А., Романович А. А. Перспективная технология и оборудование для приготовления полнорационных легкоусвояемых кормов для молодняка КРС // Техника и технологии в животноводстве. 2017. № 2 (26). С. 65–69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnaya-tehnologiya-i-oborudovanie-dlya-prigotovleniya-polnoratsionnyh-legkousvoyaemyh-kormov-dlya-molodnyak-kr> (дата обращения: 27.09.2024).
12. Кислова Д. А., Дускаев Г. К., Кван О. В., Шейда Е. В. Влияние систем кормления, биологически активных веществ и нетрадиционных кормов на переваримость и физиологию пищеварения у коз (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 131–145. DOI: 10.33284/2658-3135-105-4-131.
13. Нотова С. В., Маршинская О. В., Казакова Т. В. Роль микроэлементов в антиоксидантной системе защиты организма (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 183–191. DOI: 10.33284/2658-3135-106-1-183.

14. Попова Г. М., Нуржанов Б. С., Дускаев Г. К. О возможностях использования фитобиотических добавок в рационах сельскохозяйственных животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. № 106, № 2. С. 152–175. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-152.

15. Обрушникова Л. Ф., Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Николаев Д. В. Экстерьерные особенности, молочная продуктивность и качество молока коров красной степной породы при использовании в рационах новых пребиотических кормовых добавок // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 63–74. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-63.

16. Иванищева А. П., Сизова Е. А., Камирова А. М., Мусабаева Л. Л. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 85–111. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-85.

17. Ширнина Н. М., Нуржанов Б. С., Рахимжанова И. А., Кононец В. В. Увеличение эффективности производства молока коров при использовании в составе рационов кавитационно обработанных концентратов // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 2. С. 49–59. DOI: 10.33284/2658-3135-105-2-49.

18. Щетинин М. П., Кольтюгина О. В., Лоскутова Г. А. Облепиха и безотходные технологии производства продуктов питания с ее использованием: монография. Москва: КолосС, 2011. 176 с.

19. Пантелеева Е. И., Косачев И. А. Частное плодоводство. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2013. 211 с.

Об авторах:

Виталий Викторович Горшков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства биолого-технологического факультета, Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия; ORCID 0000-0003-3407-0552, AuthorID 301993. E-mail: vita-gorshkov@yandex.ru

Елена Михайловна Щетинина, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии, Москва, Россия; ORCID 0000-0002-3463-9502, AuthorID 885641. E-mail: schetinina2014@bk.ru

References

1. Factsheet – Catalyzing Change in the Food System by Strengthening Smallholder Farmer Groups: A multi-country approach to promote agroecology and healthier diets. *IFOAM – Organics International* [Internet] 2017 [cited 2025 Mar 24]. URL: <https://ifoam.bio/factsheet-catalysing-change-food-system-strengthening>.

2. GOST 33980-2016 “Organic products. Rules for production, processing, labeling and sale”. Moscow: Standartinform, 2016. 42 p. (In Russ.)

3. On organic products and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation: Federal Law of August 3, 2018 No. 280-FZ: with amendments and add. From 12/29/2022 [Internet] [cited 2025 Mar 24]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/?ysclid=lx0brym8h2614675306. (In Russ.)

4. Strategy for the development of organic production in the Russian Federation until 2030. *GARANT – information and legal portal* [Internet] [cited 2025 Mar 24]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407297286/?ysclid=lx0fk8vli6696585256>. (In Russ.)

5. Gorshkov V. V., Kundius V. A. Prospects for the development of organic animal husbandry in the Greater Altai countries based on biotechnology. *Grand Altai Research & Education*. 2020; 1 (12): 44–53. DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2020.01.005. (In Russ.)

6. Gorshkov V. V., Deryabina M. V. Assessment of the development potential of organic livestock farming in Altai Krai. *Grand Altai Research & Education*. 2023; 1 (19): 3–13. DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2023.01. (In Russ.)

7. Sycheva I. N., Orishev A. B., Mamedov A. A., Ivashova O. N. The influence of correction of the elemental status of dairy cows on the quantitative and qualitative characteristics of milk. *Animal Husbandry and Forage Production*. 2022; 105 (3): 8–18. DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-8. (In Russ.)

8. Gorshkov V. V. Natural components – sources of energy, vitamins and minerals. *Animal Husbandry of Russia*. 2018; 11: 47–48. (In Russ.)

9. Shaaban M. Analysis of the Russian feed additives market (review). *Animal Husbandry and Forage Production*. 2023; 106 (3): 76–91. DOI: 10.33284/2658-3135-106-3-76. (In Russ.)

10. Agafonova E. A., Sheyda E. V., Kvan O. V. Use of enzymes in cattle feeding, consequences for health and productivity (review). *Animal Husbandry and Forage Production*. 2023; 106 (1): 132–143. DOI: 10.33284/2658-3135-106-1-132. (In Russ.)

11. Bakach N. G., Perednya V. I., Kuvshinov A. A., Romanovich A. A. Promising technology and equipment for the preparation of complete, easily digestible feed for young cattle. *Equipment and Technologies in*

Animal Husbandry [Internet] 2017 [cited 2025 Mar 24]; 2 (26): 65–69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnaya-tehnologiya-i-oborudovanie-dlya-prigotovleniya-polnoratsionnyh-legkousvoayaemyh-kormov-dlya-molodnyaka-krv> (date of access: 09/27/2024). (In Russ.)

12. Kislova D. A., Duskaev G. K., Kvan O. V., Sheida E. V. The influence of feeding systems, biologically active substances and non-traditional feeds on the digestibility and physiology of digestion in goats (review). *Animal Husbandry and Forage Production*. 2022; 105 (4): 131–145. DOI: 10.33284/2658-3135-105-4-131. (In Russ.)

13. Notova S. V., Marshinskaya O. V., Kazakova T. V. The role of trace elements in the antioxidant defense system of the body (review). *Animal Husbandry and Forage Production*. 2023; 106 (1): 183–191. DOI: 10.33284/2658-3135-106-1-183. (In Russ.)

14. Popova G. M., Nurzhanov B. S., Duskaev G. K. On the possibilities of using phytobiotic additives in the diets of farm animals (review). *Animal Husbandry and Forage Production*. 2023; 106 (2): 152–175. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-152. (In Russ.)

15. Obrushnikova L. F., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Nikolaev D. V. Exterior features, milk productivity and milk quality of Red Steppe cows using new prebiotic feed additives in diets. *Animal Husbandry and Forage Production*. 2023; 106 (2): 63–74. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-63. (In Russ.)

16. Ivanishcheva A. P., Sizova E. A., Kamirova A. M., Musabaeva L. L. Macro- and microelements in animal nutrition: diversity of substances and forms (review). *Animal Husbandry and Forage Production*. 2023; 106 (2): 85–111. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-85. (In Russ.)

17. Shirnina N. M., Nurzhanov B. S., Rakhimzhanova I. A., Kononets V. V. Increasing the efficiency of milk production in cows using cavitation-treated concentrates in diets. *Animal Husbandry and Forage Production*. 2022; 105 (2): 49–59. DOI: 10.33284/2658-3135-105-2-49. (In Russ.)

18. Shchetinin M. P., Kolyugina O. V., Loskutova G. A. *Sea buckthorn and waste-free technologies for food production with its use*: monograph. Moscow: KolosS, 2011. 176 p. (In Russ.)

19. Panteleeva E. I., Kosachev I. A. *Private fruit growing*. Barnaul: Publishing house of AGAU, 2013. 211 p. (In Russ.)

Authors' information:

Vitaliy V. Gorshkov, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of production and processing technology of livestock products, faculty of biology and technology, Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia; ORCID 0000-0003-3407-0552, AuthorID 301993. *E-mail*: vita-gorshkov@yandex.ru

Elena M. Shchetinina, doctor of technical sciences, associate professor, leading researcher, laboratory of food biotechnology and specialized products, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia; ORCID 0000-0002-3463-9502, AuthorID 885641. *E-mail*: schetinina2014@bk.ru

Морфологическая характеристика органов репродуктивной системы самцов диких животных

А. В. Даут[✉], Л. И. Дроздова, М. А. Корч

Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: anna.daut@mail.ru

Аннотация. Целью работы является изучение морфологических характеристик органов репродуктивной системы у бурых медведей, диких кабанов и диких яков. **Методы.** При проведении исследования применяли методы анатомического и гистологического исследования, а также морфометрии. Были произведены замеры линейных показателей репродуктивных органов, взвешивание отдельно семенников и отдельно придатков, замеры морфометрических размеров структур семенников и придатков. **Научная новизна.** В статье приводятся данные по морфометрическим и линейным показателям структур репродуктивных органов диких животных, которые ранее не были представлены. **Результаты.** Половые органы у диких животных отличаются анатомически: по форме, цвету и топографии. У каждого самца репродуктивные органы имеют определенные линейные размеры, весовые и морфометрические показатели. В ходе гистологического исследования отмечено различие в стромально-паренхиматозном соотношении, толщине капсулы и септ, тканевом и клеточном составе семенников и канальцев придатков. В зависимости от расположения семенников относительно тела меняется топография частей придатков. Правые и левые семенники имеют отличительные линейные размеры и весовые характеристики. Толщина септ и капсулы напрямую связана с количеством интерстициальной ткани. Кровеносные сосуды отличаются по диаметру и количеству, что определяется видом животного и локализацией. Снижение процентного состава паренхимы в семенниках диких животных говорит о том, что они имеют меньшие резервы для формирования половых клеток. Крупные реснички и толстая мышечная оболочка в протоке придатка способствуют быстрому выведению спермы.

Ключевые слова: репродуктивная система, гистологическое строение, анатомическое исследование, морфометрия, бурые медведи, дикие кабаны, дикие яки, семенники, канальцы придатков

Для цитирования: Даут А. В., Дроздова Л. И., Корч М. А. Морфологическая характеристика органов репродуктивной системы самцов диких животных // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 631–643. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-631-643>.

Дата поступления статьи: 17.03.2025, **дата рецензирования:** 26.03.2025, **дата принятия:** 27.03.2025.

Morphological characteristics of organs of the reproductive system of male wild animals

A. V. Daut[✉], L. I. Drozdova, M. A. Korch

Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: anna.daut@mail.ru

Abstract. The purpose of the work is to study the morphological characteristics of the reproductive system organs in brown bears, wild boars and wild yaks. **Methods.** During the study, the following methods were used: anatomical and histological examination, as well as morphometry. The linear parameters of the reproductive organs were measured, the testes and appendages were weighed separately, and the morphometric dimensions of the structures of the testes and tubules of the appendages were measured. **Scientific novelty.** The article provides data on

morphometric and linear measurements of structures of reproductive organs of wild animals, which have not been previously presented. **Results.** The genitals of wild animals differ anatomically: in shape, color, and topography of the genitals. In each male, the reproductive organs have certain linear dimensions, weight and morphometric parameters. During the histological examination, it was noted: differences in the stromal-parenchymal ratio, the thickness of the capsule and septa, the tissue and cellular composition of the testes and tubules of the appendages. The location of the testes relative to the body changes the topography of the appendages. The right and left testicles have distinctive linear dimensions and weight characteristics. The thickness of the septa and capsule is directly related to the amount of interstitial tissue. Blood vessels differ in diameter and number, which is determined by the type of animal and location. A decrease in the percentage of parenchyma in the testes of wild animals indicates that they have fewer reserves for the formation of germ cells. Large cilia and a thick muscular membrane in the duct of the appendage contribute to the rapid excretion of sperm.

Keywords: reproductive system, histological structure, anatomical study, morphometry, brown bears, wild boars, wild yaks, testes, tubules of appendages

For citation: Daut A. V., Drozdova L. I., Korch M. A. Morphological characteristics of organs of the reproductive system of male wild animals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 631–643. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-631-643>. (In Russ.)

Date of paper submission: 17.03.2025, **date of review:** 26.03.2025, **date of acceptance:** 27.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

В природе численность диких животных обусловлена условиями среды обитания, плодовитостью и смертностью особей, взаимодействием с другими видами, в том числе хищными животными [1].

Для каждого вида животного характерны определенная продолжительность жизни и ареал обитания; момент наступления половой зрелости и особенности размножения; сезон и продолжительность брачного периода.

Бурые медведи относятся к крупным хищным млекопитающим и являются дикими животными. Вес взрослых самцов может достигать 800 кг, средние значения варьируют от 400 до 550 кг. Продолжительность жизни – 20–25 лет. На срок наступления половой зрелости влияет ареал обитания медведей: так, самцы бурых медведей в Северной Америке созревают в 5,5 года, а в Швеции – в 3,5 года. Возраст наступления половой зрелости медведей также связан с факторами питания. Самки медведей живут на определенных территориях, самцы взаимодействуют с самками только в брачный сезон. Период размножения у бурых медведей длится 2,5 месяца и протекает с конца весны до середины лета (май – июль). У медведей в России отмечают также и осенний брачный период. Самцы за один сезон могут спариваться как с одной, так и с несколькими самками. У самцов заметна конкуренция, в результате чего между соперниками возникают схватки. Крупные и старые самцы имеют наибольший репродуктивный успех. Размеры семенников связаны с опытом самца и его доминированием. В брачный период отмечается увеличение массы семенников и придатков в 2 раза, наблюдаются повышение уровня тестостерона и увеличение количества сперматозоидов. Масса семенников и их размеры коррелируют с массой, длиной и возрастом бурых медведей [2; 3].

Дикие кабаны – массивные животные со средним весом 100–150 кг, самцы могут весить и до 320 кг. Продолжительность жизни на воле – 10–12 лет, при содержании в неволе – 20 лет. Половая зрелость у самцов наступает в разные возрастные промежутки, с 18 месяцев до 5–6 лет. В возрасте 4–5 лет самцы впервые проявляют интерес и оплодотворяют самок. Самки диких кабанов живут в стадах, стадо состоит из родственных самок с их кабанятами. Взрослые самцы живут отдельно от стада. Брачный период у диких кабанов начинается в ноябре и длится до января. Кабаны – полигамные животные и за один период размножения могут оплодотворять от одной до трех самок. В период течки у самок (ноябрь – январь) самцы вступают в бой друг с другом, в связи с чем многие в брачный период слабеют и худеют [4; 5].

Дикие яки – крупные млекопитающие из рода быков, являются парнокопытными. Взрослые самцы могут весить до 1000 кг. Средняя продолжительность жизни – 25 лет. Половая зрелость у самцов наступает в возрасте 6–8 лет. Самцы диких яков полигамны. Самки живут отдельно от самцов, в брачный период самцы приходят к самкам, дерутся друг с другом, и только самые сильные оплодотворяют самок. Период размножения у диких яков начинается в сентябре и заканчивается в конце октября [6; 7].

В изученной учебной и научной литературе информация по строению семенников и придатков диких животных представлена фрагментарно. Отсутствуют обобщенные данные по морфологическому (анатомическому и гистологическому) строению органов, а также линейным характеристикам и морфометрическим замерам структур семенников и придатков у диких животных. В учебных пособиях [8; 9] описываются лишь общие принципы анатомического строения репродуктивных органов сам-

цов у некоторых диких млекопитающих, а также приводятся данные по физиологии размножения. Е. К. Петрова и С. Г. Сайко в своей научной статье описали особенности анатомического строения половых органов у бурого медведя и привели их линейные показатели [10].

Н. С. Кухаренко, В. А. Гоголов, И. Е. Сосновский, Д. О. Сахорюк провели оценку отклонений в половых органах у диких кабанов и выявили основные патологические отклонения [11]. Российские ученые также изучили изменение структур семенников при заражении самцов диких кабанов хламидиозом [12]. Другие исследователи выявили показатели уровня тестостерона у кабанов в зависимости от сезона, а также в возрастном аспекте. При изучении морфологических структур половых органов важно знать колебания уровня тестостерона [13].

Н. В. Зеленецкий с соавторами описали особенности кровоснабжения и иннервации половых органов и половых желез у самцов кабанов [14].

Зарубежные ученые провели исследование и выявили анатомическое и гистологическое строение семенников и придатков у диких кабанов. В своей научной работе они приводят данные по морфометрии и весовым показателям половой системы, рассмотрен процесс постнатального развития половой системы [15].

Изучением патологических процессов в семенниках диких животных занимались российские ученые из Благовещенска. Они определили, что нарушение сперматогенеза у диких млекопитающих связано с деформацией извитых семенных канальцев в семенниках [16].

Изучение морфологической организации клеток и тканей как семенников, так и придатков важно для понимания процесса сперматогенеза и функционирования половой системы. Данные используются в вопросах воспроизводства стада и поголовья животных.

Бурые медведи относятся к исчезающим видам, распространены в дикой природе, некоторые особи проживают в зоопарках. Яки и кабаны также относятся к диким животным.

Многие регионы, в которых обитают дикие животные, являются опасными с точки зрения экологии, на животных воздействуют тяжелые металлы и различные виды облучения. Все эти факторы влияют на репродуктивную функцию, может изменяться морфологическое строение половых органов.

В будущем популяции диких животных могут значительно снизиться, так как они теряют места обитания и не выдерживают сменяющиеся климатические условия. Контроль над поддержанием популяции является важной составляющей сохранения вымирающих видов.

Вопрос разведения диких животных в неволе становится все более актуальным. Именно поэто-

му необходимо знать морфометрические характеристики органов половой системы у разных видов животных. При разведении животных важно учитывать особенности строения семенников и придатков, определяющие репродуктивный потенциал.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты имеют широкое применение в фундаментальных науках и важны специалистам, работающим в области изучения репродуктивной системы самцов и занимающихся разведением животных. Для оценки патологических изменений в органах необходимо знать и учитывать анатомическое и гистологическое строение при физиологической норме. Данные могут быть полезны при разработке современных биотехнологических методов в воспроизводстве.

Цель исследования – изучить морфологическое строение и морфометрические показатели органов репродуктивной системы у бурых медведей, диких кабанов и диких яков.

Методология и методы исследования (Methods)

Материал получали от половозрелых особей (самцов) бурых медведей, диких кабанов и яков, животные не имели признаков проявления болезни. При исследовании были изучены семенники, придатки и семяпроводы диких млекопитающих. Исследования проводили в период с 2021 года по настоящее время, все этапы были проведены на базе кафедры морфологии и экспертизы Уральского государственного аграрного университета.

Для исследования использовали анатомический и гистологический методы, произвели морфометрию структур репродуктивных органов.

Полученные органы репродуктивной системы изучали анатомически: первоначально определяли форму и цвет органов, фотографировали с помощью камеры Sony IMX800 разрешением 54 Мп. Далее отделяли придатки от семенников методом анатомического препарирования. Для определения абсолютной массы органов производили взвешивание на лабораторных весах, которые имеют точность 0,01 грамма. Относительная масса высчитывалась как отношение массы семенников к весу тела животного. Для замера линейных показателей половых органов использовали штангенциркуль, изготовленный по ГОСТ, точность измерений прибора – 0,01 мм. У всех семенников и частей придатков, а также семяпроводов измеряли: длину, ширину и толщину.

При гистологическом исследовании брали фрагменты семенников с захватом области средостения, состоящие из белочной оболочки и паренхимы. В придатках взятие материала осуществляли в каждой их части: головке, теле, хвосте. Срезы помещали в гистологические кассеты. Уплотнение и заливку материала проводили по общепринятым гистологическим методикам. Материал заливали в

парафин, срезы из залитых блоков изготавливали с помощью микротомы МЗП-01 Техном, толщина полученных срезов различалась от 5 до 7 мкм. Препараты в количестве 72 ед. окрашивали гематоксилином и эозином – для изучения структур, а для изучения и дифференциации соединительной ткани срезы окрасили по методу Ван Гизона. Для микрофотографирования препаратов использовали микроскоп фирмы Leica DM750, при помощи микроскопа изучали гистологическое строение органов. Для изучения морфометрических показателей производили фото съемку с использованием камеры Leica ICC 50 HD. Полученные фотографии были исследованы в компьютерной программе ImageJ, где произвели замеры структур. Калибровку производили с помощью объект-микрометра. У каждого исследуемого животного произвели замеры толщины септ и капсулы семенников, толщины белочной и сосудистой оболочек в составе капсулы, в извитых семенных канальцах измерили диаметр, высоту эпителиосперматогенного слоя; в канальцах придатков определяли высоту ресничек и эпителия, показатели диаметра канальцев, толщину мышечной оболочки в зависимости от локализации канальцев в части придатков. Было определено соотношение стромы и паренхимы в семенниках, оно высчитывалось в процентах как отношение одного к другому.

Анализ данных осуществляли в программе Microsoft Excel, определяли среднее значение и стандартное отклонение по всем полученным показателям.

Результаты (Results)

Органы репродуктивной системы у диких видов животных имеют особенности в анатомическом строении. При исследовании мы отмечали разные форму семенников и придатков, цвет органов, топографию придатков относительно семенников. Отличаются и показатели линейных замеров, а также весовых значений.

Горизонтальное расположение семенников у бурых медведей относительно тела обуславливает расположение придатка на дорсальной поверхности органа. Семенники светло-красного цвета, имеют яйцевидную форму (рис. 1). Придатки светло-бежевого цвета. После фиксации в формалине семенники приобретают бежевую окраску, в области придаткового края семенники окрашены в коричневый цвет. В области придатка и хвостатого конца семенники несколько сужаются. Головчатый край округлый и широкий. Свободный и придатковый края выпуклые. Придаток лежит косо относительно семенника, головка придатка начинается в средней части головчатого хвоста семенника, тело несколько заходит на боковую поверхность семенника, хвост придатка располагается на придатковом крае и не доходит до свободного края. Придаток плотно прилегает к семеннику на его дорсолатераль-

ном крае, бурса семенника в виде узкого щелевого пространства. Головка придатка прямоугольной формы, имеет крупные размеры, показатели длины превосходят ширину в 2 раза. Тело придатка короткое, в области головки имеет ширину 1,37 см. Хвост придатка плохо визуализируется, имеет овальную форму, его ширина – 1,13 см.

На продольном разрезе семенника заметны мелкие дольки. Септы толстые, средостение расположено в семеннике в области головки придатка, плохо просматривается, паренхима однородного бежевого цвета, капсула желтоватая, в виде тяжа по периферии органа (рис. 2).

Левые семенники меньше правых в длину, однако они больше в ширину и толщину, вес левых семенников превосходит вес правых на 1,9 %. Вес левых придатков больше, чем правых, на 7,7 %. В сравнении с семенниками придатки имеют значительные отличия, которые выражаются в разнице линейных размеров: левые больше правых по всем показателям (таблица 1). Относительная масса левых семенников – 0,0116 %, а правых – 0,0113 %.

У диких кабанов семенники лежат вертикально относительно тела. При таком расположении придатки проходят по каудальной части семенников. Семенники имеют овальную форму, свободный край выпуклый, придатковый – прямой. Семенники после фиксации в формалине приобретают темно-бежевый цвет, придатки светло-бежевые. С поверхности семенников заметно большое количество кровеносных сосудов различного диаметра, берущих начало в области придатка. Части придатка заметны с латеральной поверхности и хорошо дифференцируются (рис. 3). Придаток относительно семенника лежит прямо. При осмотре семенников с их латеральной поверхности заметна головка в форме запятой, которая огибает семенник в области прикрепления семенного канатика. Тело придатка длинное, лежит на всем протяжении семенника, показатели ширины и толщины тела не меняются. Хвост придатка мощный, имеет форму треугольника, выступает на 2,6 см за вентральный край семенника. Семяпровод тонкий, отходит от вентральной поверхности хвоста семенника.

На продольном разрезе семенников паренхима светло-бежевого цвета, в середине семенника лежит средостение, оно длинное и тонкое (рис. 4). Паренхима имеет дольчатую структуру, которая хорошо просматривается, септы тонкие. По краям цвет паренхимы приобретает темно-бежевый цвет. Капсула тонкая, желтого цвета.

При анализе полученных весовых показателей (таблица 2) можно сказать, что у диких кабанов левые семенники больше правых на 3,9 %. При оценке линейных показателей левые семенники больше в длину на 4,7 %, но меньше в ширину и толщину. Левые придатки несколько больше правых как по

линейным, так и по весовым характеристикам. Относительная масса правых семенников – 0,141 %, левых – 0,146 %.

У яков семенники располагаются вертикально по отношению к телу самца, придатки лежат на каудальной части семенников. Форма семенников бобовидная, на придатковом крае у семенников заметно углубление в средней части, свободный край имеет выпуклую форму. При приближении к придатку семенники постепенно уменьшаются в ширине, что отражается и на снижении показателей толщины. Семенники и придатки светло-красные. Придаток в области головки и хвоста прилежит к семеннику плотно, в средней части (тело придатка) отмечается увеличение расстояния, синус семенника визуализируется (рис. 5). Головка семенника выражена, прикрепляется к семеннику с помощью связки, проходит по дорсальной части семенников, имеет форму прямоугольника. Тело придатка длинное, в области хвоста тоньше и уже. Хвост придатка округлый, плохо дифференцируется, лежит в толстой брыжейке, крепится к хвостатому краю семенника с помощью хвостовой связки. На медиальной поверхности визуализируется хвост придатка, от него отходит тонкий семяпровод, который идет в составе брыжейки до семенного канатика.

На продольном разрезе семенников наблюдается паренхима, имеющая два цвета (рис. 6): по краям светло-бежевый, а в центре органа – коричневый. Капсула семенников темно-коричневая, идет в виде тонкого пласта по периферии. Средостение просматривается в центральной части семенников, от него отходят септы и идут в область придаткового края,

перегородки между дольками тонкие, дольчатое строение органа просматривается.

Весовые показатели правых семенников больше левых на 7,1 %. Исходя из полученных данных (таблица 3), линейные характеристики у левых семенников и всех частей придатков больше правых по всем показателям. Наибольшая разница между показателями наблюдается в длине тела придатков: левые меньше на 22,5 %. Показатели хвостов придатков имеют практически равные значения.

При гистологическом исследовании заметны различия в соотношении стромы и паренхимы, в толщине септ и капсулы, в клеточном и тканевом составе семенников.

Капсула семенника у бурых медведей толстая ($1368,65 \pm 285,66$ мкм), представлена двумя оболочками (рис. 7). Белочная оболочка ($530,69 \pm 87,28$ мкм) имеет плотное расположение волокон. Под белочной оболочкой располагается сосудистая ($769,34 \pm 111,54$ мкм), в ней много кровеносных сосудов. Вены крупные, вытянуты в длину, диаметр достигает $859,85 \pm 79,37$ мкм. Диаметр артерий в среднем составляет $452,87 \pm 43,64$ мкм.

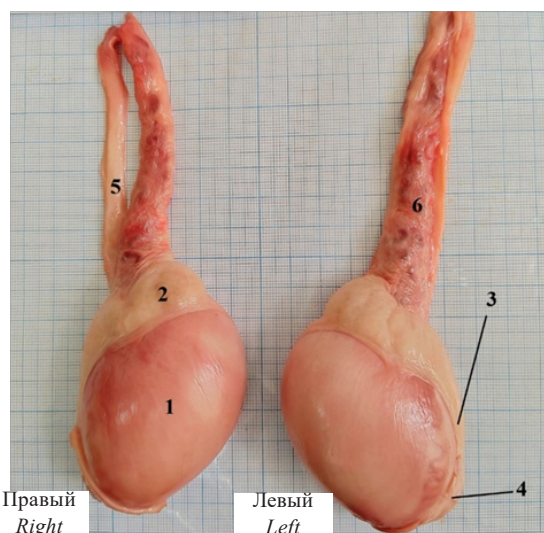


Рис. 1. Семенники с придатками бурого медведя
1 – семенник; 2 – головка придатка; 3 – тело придатка;
4 – хвост придатка; 5 – семяпровод;
6 – семенной канатик

Fig. 1. Testes with appendages of a brown bear
1 – testis; 2 – head of epididymis; 3 – body of epididymis;
4 – tail of epididymis; 5 – spermaduct; 6 – spermatic cord

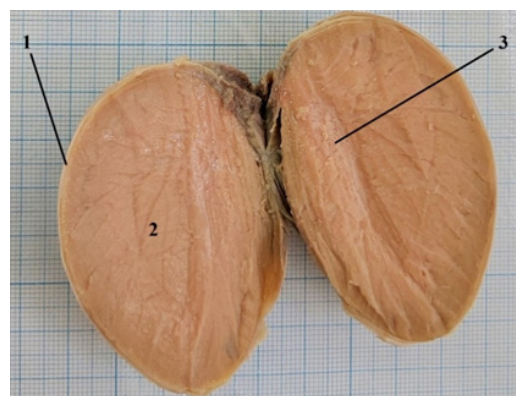


Рис. 2. Семенник бурого медведя на продольном разрезе:
1 – капсула; 2 – паренхима; 3 – средостение
Fig. 2. Brown bear testis on longitudinal section:
1 – capsule; 2 – parenchyma; 3 – mediastinum

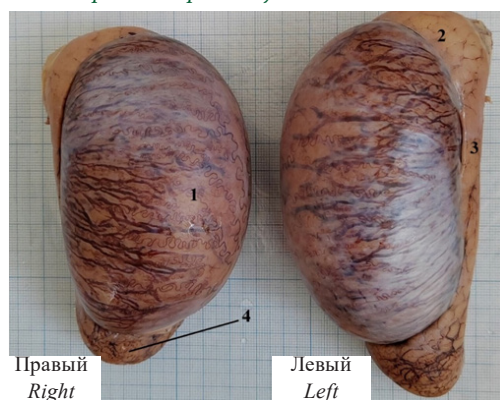


Рис. 3. Семенники и придатки дикого кабана с латеральной поверхности: 1 – семенник; 2 – головка придатка; 3 – тело придатка; 4 – хвост придатка
Fig. 3. Testes and appendages of wild boar from the lateral surface: 1 – testis; 2 – head of epididymis; 3 – body of epididymis; 4 – tail of epididymis

Таблица 1
Весовые и линейные показатели органов половой системы бурых медведей

Показатели (см)	Правые (n = 3)	Левые (n = 3)
Абсолютная масса семенников, г	56,92 ± 3,91	58,03 ± 4,56
Абсолютная масса придатков, г	10,53 ± 2,34	11,41 ± 2,72
Семенник		
Длина	6,48 ± 0,33	6,36 ± 0,28
Ширина	4,37 ± 0,56	4,44 ± 0,55
Толщина	3,04 ± 0,46	3,19 ± 0,39
Головка придатка		
Длина	3,21 ± 0,23	3,27 ± 0,21
Ширина	1,58 ± 0,12	1,74 ± 0,16
Тело придатка		
Длина	2,44 ± 0,33	2,61 ± 0,32
Ширина	1,03 ± 0,47	1,21 ± 0,38
Толщина	0,83 ± 0,14	1,12 ± 0,06
Хвост придатка		
Длина	1,69 ± 0,23	1,72 ± 0,26
Ширина	1,12 ± 0,15	1,14 ± 0,16
Толщина	0,98 ± 0,09	1,01 ± 0,12
Семяпровод		
Ширина	0,61 ± 0,14	1,31 ± 0,33
Толщина	0,12 ± 0,04	0,44 ± 0,06

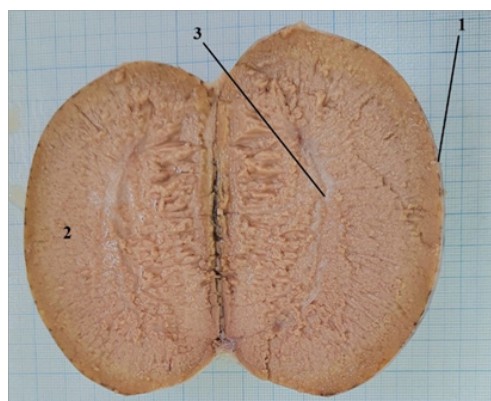


Рис. 4. Семенник дикого кабана при продольном разрезе: 1 – капсула; 2 – паренхима; 3 – средостение
Fig. 4. Testis of a wild boar with a longitudinal section: 1 – capsule; 2 – parenchyma; 3 – mediastinum

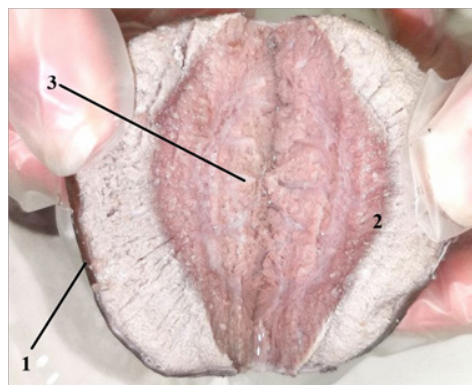


Рис. 6. Семенник яка на разрезе: 1 – капсула; 2 – паренхима; 3 – септы
Fig. 6. Yak testis in section: 1 – capsule; 2 – parenchyma; 3 – septa

Table 1
Weight and linear parameters of the reproductive system organs of brown bears

Indicators (cm)	Right (n = 3)	Left (n = 3)
The absolute weight of the testes, g	56.92 ± 3.91	58.03 ± 4.56
Absolute weight of appendages, g	10.53 ± 2.34	11.41 ± 2.72
Testis		
Length	6.48 ± 0.33	6.36 ± 0.28
Width	4.37 ± 0.56	4.44 ± 0.55
Depth	3.04 ± 0.46	3.19 ± 0.39
Head of epididymis		
Length	3.21 ± 0.23	3.27 ± 0.21
Width	1.58 ± 0.12	1.74 ± 0.16
Body of epididymis		
Length	2.44 ± 0.33	2.61 ± 0.32
Width	1.03 ± 0.47	1.21 ± 0.38
Depth	0.83 ± 0.14	1.12 ± 0.06
Tail of epididymis		
Length	1.69 ± 0.23	1.72 ± 0.26
Width	1.12 ± 0.15	1.14 ± 0.16
Depth	0.98 ± 0.09	1.01 ± 0.12
Spermaduct		
Width	0.61 ± 0.14	1.31 ± 0.33
Depth	0.12 ± 0.04	0.44 ± 0.06

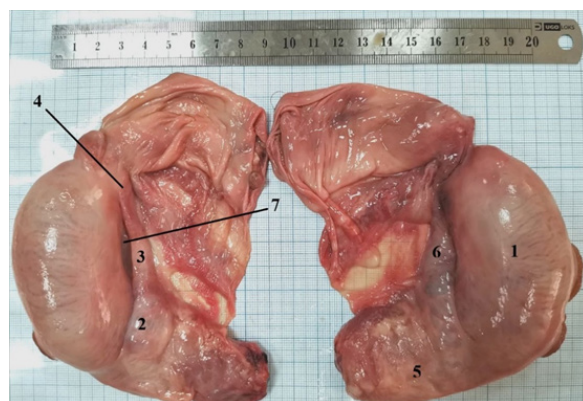


Рис. 5. Семенники яка с латеральной поверхности: 1 – семенник; 2 – головка придатка; 3 – тело придатка; 4 – хвост придатка; 5 – семенной канатик; 6 – семяпровод; 7 – бурса (синус) семенника
Fig. 5. Yak testes from the lateral surface: 1 – testis; 2 – head of epididymis; 3 – body of epididymis; 4 – tail of epididymis; 5 – spermatic cord; 6 – spermaduct; 7 – bursa (sinus) of the testis

При исследовании гистологических препаратов заметно большое количество долек, между которыми визуализируются толстые септы толщиной $268,15 \pm 48,99$ мкм. В соединительнотканых перегородках волокна лежат плотнее, чем в интерстиции, проходят крупные вены диаметром $293,84 \pm 24,56$ мкм. При анализе процентного соотношения стромы и паренхимы наблюдается преобладание соединительнотканых структур: они составляют 53,31 %, а паренхима – 46,69 % от всего состава семенников.

Таблица 2
Весовые и линейные показатели органов половой системы диких кабанов

Показатели (см)	Правые (n = 3)	Левые (n = 3)
Абсолютная масса семенников, г	211,35 ± 8,96	220,06 ± 11,65
Абсолютная масса придатков, г	34,71 ± 3,32	35,16 ± 2,72
Семенник		
Длина	9,86 ± 0,74	10,35 ± 0,81
Ширина	6,21 ± 0,46	6,08 ± 0,52
Толщина	4,93 ± 0,72	4,76 ± 0,78
Головка придатка		
Длина	4,45 ± 0,23	4,57 ± 0,18
Ширина	1,61 ± 0,18	1,78 ± 0,18
Тело придатка		
Длина	6,14 ± 0,44	7,07 ± 0,45
Ширина	1,74 ± 0,02	1,81 ± 0,03
Толщина	0,29 ± 0,02	0,4 ± 0,01
Хвост придатка		
Длина	2,91 ± 0,31	3,48 ± 0,33
Ширина	3,04 ± 0,23	3,75 ± 0,27
Толщина	2,75 ± 0,19	2,83 ± 0,22
Семяпровод		
Ширина	0,48 ± 0,08	0,46 ± 0,08
Толщина	0,14 ± 0,04	0,16 ± 0,06

Таблица 3
Весовые и линейные показатели органов половой системы диких яков

Показатели (см)	Правые (n = 3)	Левые (n = 3)
Абсолютная масса семенников, г	67,92 ± 7,21	63,09 ± 6,12
Семенник		
Длина	8,42 ± 1,49	7,55 ± 0,94
Ширина	4,34 ± 0,69	3,97 ± 0,57
Толщина	3,11 ± 0,47	3,52 ± 0,43
Головка придатка		
Длина	4,51 ± 0,35	3,92 ± 0,35
Ширина	1,85 ± 0,12	1,94 ± 0,11
Тело придатка		
Длина	5,1 ± 0,49	5,5 ± 0,72
Ширина	1,1 ± 0,92	0,77 ± 1,12
Толщина	0,5 ± 0,32	0,4 ± 0,35
Хвост придатка		
Длина	2,4 ± 0,26	2,4 ± 0,22
Ширина	1,7 ± 0,18	1,55 ± 0,19
Толщина	1,6 ± 0,14	1,43 ± 0,11
Семяпровод		
Ширина	0,34 ± 0,03	0,36 ± 0,04
Толщина	0,14 ± 0,06	0,13 ± 0,02

Table 2
Weight and linear parameters of organs of the reproductive system of wild boars

Indicators (cm)	Right (n = 3)	Left (n = 3)
The absolute weight of the testes, g	211.35 ± 8.96	220.06 ± 11.65
Absolute weight of appendages, g	34.71 ± 3.32	35.16 ± 2.72
Testis		
Length	9.86 ± 0.74	10.35 ± 0.81
Width	6.21 ± 0.46	6.08 ± 0.52
Depth	4.93 ± 0.72	4.76 ± 0.78
Head of epididymis		
Length	4.45 ± 0.23	4.57 ± 0.18
Width	1.61 ± 0.18	1.78 ± 0.18
Body of epididymis		
Length	6.14 ± 0.44	7.07 ± 0.45
Width	1.74 ± 0.02	1.81 ± 0.03
Depth	0.29 ± 0.02	0.4 ± 0.01
Tail of epididymis		
Length	2.91 ± 0.31	3.48 ± 0.33
Width	3.04 ± 0.23	3.75 ± 0.27
Depth	2.75 ± 0.19	2.83 ± 0.22
Spermaduct		
Width	0.48 ± 0.08	0.46 ± 0.08
Depth	0.14 ± 0.04	0.16 ± 0.06

Table 3
Weight and linear parameters of organs of the reproductive system of wild yaks

Indicators (cm)	Right (n = 3)	Left (n = 3)
The absolute weight of the testes, g	67.92 ± 7.21	63.09 ± 6.12
Testis		
Length	8.42 ± 1.49	7.55 ± 0.94
Width	4.34 ± 0.69	3.97 ± 0.57
Depth	3.11 ± 0.47	3.52 ± 0.43
Head of epididymis		
Length	4.51 ± 0.35	3.92 ± 0.35
Width	1.85 ± 0.12	1.94 ± 0.11
Body of epididymis		
Length	5.1 ± 0.49	5.5 ± 0.72
Width	1.1 ± 0.92	0.77 ± 1.12
Depth	0.5 ± 0.32	0.4 ± 0.35
Tail of epididymis		
Length	2.4 ± 0.26	2.4 ± 0.22
Width	1.7 ± 0.18	1.55 ± 0.19
Depth	1.6 ± 0.14	1.43 ± 0.11
Spermaduct		
Width	0.34 ± 0.03	0.36 ± 0.04
Depth	0.14 ± 0.06	0.13 ± 0.02

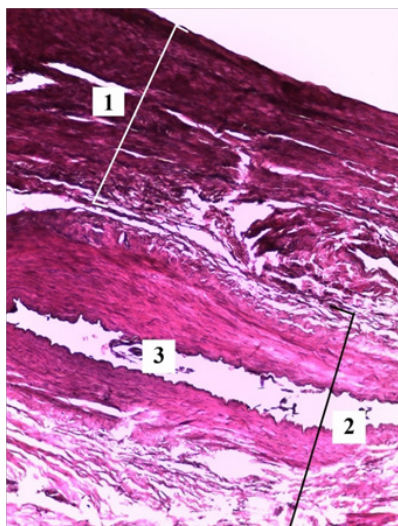


Рис. 7. Капсула семенника бурого медведя. Увел. $\times 100$.
Окраска гематоксилином и эозином:
1 – белочная оболочка; 2 – сосудистая оболочка;
3 – артерия

Fig. 7. Capsule of a brown bear testis. Zoom $\times 100$. Hematoxylin and eosin staining:
1 – albuginea tunic; 2 – vascular membrane; 3 – artery

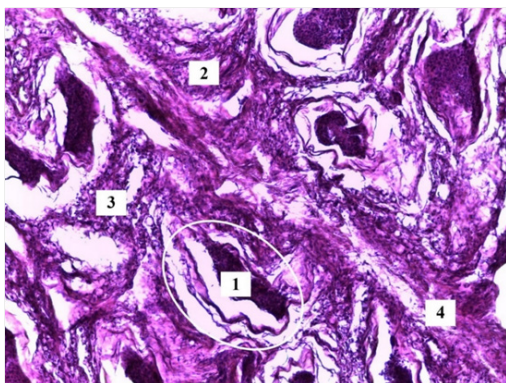


Рис. 8. Гистологическая структура семенников бурого медведя. Увел. $\times 100$. Окраска гематоксилином и эозином:
1 – извитой семенной каналец; 2 – интерстициальная ткань; 3 – эндокринный островок; 4 – септа

Извитые семенные каналцы овальной формы (рис. 8). Высота сперматогенного эпителия – $65,53 \pm 14,11$ мкм, а диаметр извитых семенных канальцев – $188,75 \pm 21,41$ мкм. Межканальцевые структуры представлены интерстициальной тканью, в которой локализуются островки эндокринных клеток площадью $77\,532,12 \pm 13\,994,32$ мкм². Формирующие островки клетки Лейдига полигональной формы.

Выносящие каналцы у бурых медведей диаметром $368,04 \pm 27,73$ мкм. Сами каналцы плотно прилежат друг к другу, прослойки рыхлой соединительной ткани тонкие. Эпителий канальцев складчатый (рис. 9), его высота – $54,74 \pm 12,83$ мкм. На поверхности эпителиальных клеток выявлены рес-

нички, их высота – $4,28 \pm 1,18$ мкм. Просвет канальцев неровный и содержит единичные сперматозоиды. Мышечная оболочка представлена пучками гладких миоцитов, ее толщина – $38,06 \pm 9,15$ мкм. Адвентициальная оболочка тонкая.

Проток придатка округлой формы, диаметр $412,61 \pm 16,14$ мкм. Эпителий протока придатка однослойный двурядный, высота $87,37 \pm 13,94$ мкм, столбчатые клетки крупные, стереоцилии мелкие ($9,71 \pm 2,54$ мкм). Толщина мышечной оболочки варьируется в зависимости от части расположения в придатке, ее среднее значение $60,68 \pm 23,17$ мкм. В просвете протока лежат сперматозоиды в виде единой массы (рис. 10).

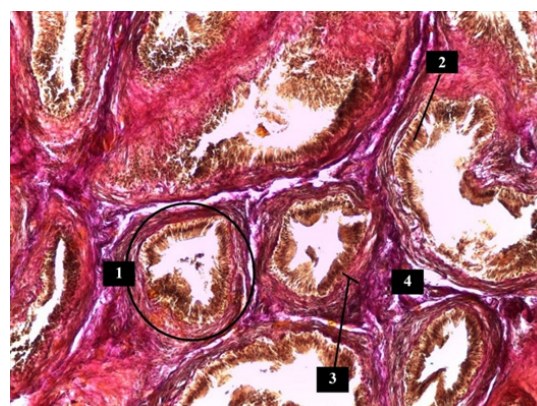


Рис. 9. Выносящие каналцы бурого медведя. Увел. $\times 100$.
Окраска методом Ван Гизона:
1 – каналец; 2 – эпителий; 3 – мышечная оболочка;
4 – прослойки рыхлой соединительной ткани

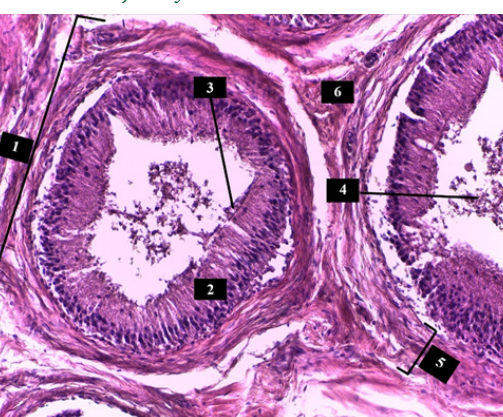


Рис. 10. Проток придатка бурого медведя. Увел. $\times 200$.
Окраска гематоксилином и эозином:
1 – каналец протока придатка; 2 – эпителий протока придатка; 3 – стереоцилии; 4 – масса сперматозоидов; 5 – мышечная оболочка; 6 – прослойки рыхлой соединительной ткани

Fig. 10. Brown bear appendage duct. Zoom $\times 200$. Hematoxylin and eosin staining:
1 – tubule of the duct of the appendage; 2 – epithelium of the duct of the appendage; 3 – stereocilia; 4 – mass of spermatozoa; 5 – muscle membrane; 6 – layers of loose connective tissue

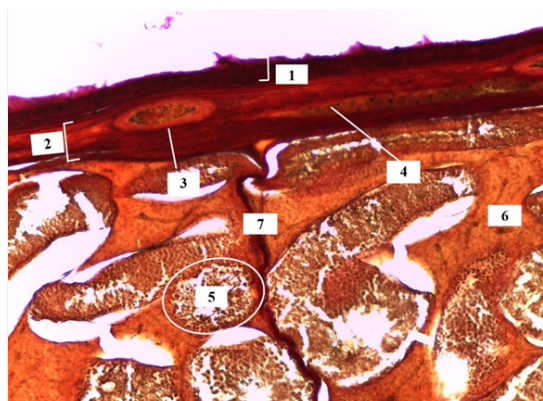


Рис. 11. Гистологическая структура семенников дикого кабана. Увел. $\times 100$. Окраска методом Ван Гизона:

1 – белочная оболочка; 2 – сосудистая оболочка; 3 – артерия; 4 – вена; 5 – извитой семенной каналец; 6 – интерстициальная ткань; 7 – септа

Fig. 11. Histological structure of wild boar testes. Zoom $\times 100$. Painting by Van Gieson method:

1 – albuginous tunic; 2 – vascular membrane; 3 – artery; 4 – vein; 5 – convoluted seminal tubule; 6 – interstitial tissue; 7 – septa

В капсуле семенника диких кабанов визуализируются две оболочки, которые лежат в виде тонких слоев. Внешняя оболочка – белочная, ее толщина порядка $85,63 \pm 12,32$ мкм, вторая – сосудистая ($170,24 \pm 34,12$ мкм). Общая толщина капсулы – $269,44 \pm 51,39$ мкм. Белочная оболочка образована плотной соединительной тканью, волокна крупные. В сосудистой оболочке располагается большое количество вен и артерий, они занимают большую часть оболочки, вены вытянуты и кровенаполнены (рис. 11), их диаметр – $752,96 \pm 115,66$ мкм, диаметр артерий – $131,95 \pm 45,63$ мкм. От капсулы в центральную часть семенников отходят тонкие септы ($76,28 \pm 14,71$ мкм).

Извитые семенные канальцы располагаются в дольках и плотно прилегают друг к другу (рис. 12). Диаметр канальцев – $291,75 \pm 38,96$ мкм. Высота сперматогенного эпителия составляет $68,83 \pm 15,09$ мкм. В просвете извитых семенных канальцев сперматозоиды встречаются редко. Между извитыми семенными канальцами в интерстициальной ткани располагаются эндокринные островки, которые имеют различную площадь, до $32\,527,91 \pm 10\,157,12$ мкм². Эндокринные островки занимают значительную часть интерстиция, клетки Лейдига округлой формы с хорошо выраженным ядром, размер – $201,65 \pm 223,76$ мкм. Кровеносные и лимфатические сосуды в соединительной ткани семенников встречаются редко, они мелкие. Стромальные структуры семенников у диких кабанов занимают 37,35 % от всей части семенников, паренхима – 62,65 %.

Проток придатка у диких кабанов диаметром $529,51 \pm 55,11$ мкм. Эпителиальная выстилка протока придатка имеет $86,67 \pm 11,31$ мкм в высоту, представлена двурядным эпителием, на апикальной

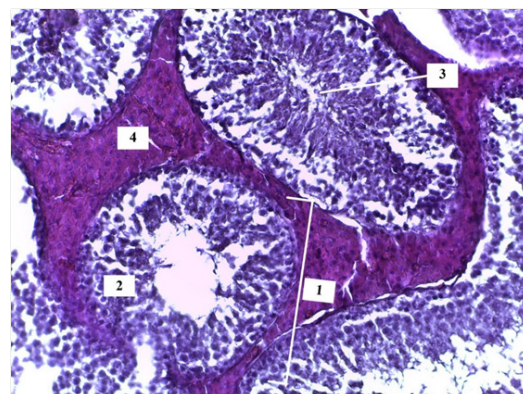


Рис. 12. Семенник дикого кабана. Увел. $\times 200$.

Окраска гематоксилином и эозином:

1 – извитой семенной каналец; 2 – сперматогенный эпителий; 3 – сперматозоиды в просвете канальца; 4 – интерстициальная ткань с клетками Лейдига

Fig. 12. Testis of a wild boar. Zoom $\times 200$.

Hematoxylin and eosin staining:

1 – convoluted seminal tubule; 2 – spermatogenic epithelium; 3 – spermatozoa in the lumen of the tubule; 4 – interstitial tissue with Leydig cells

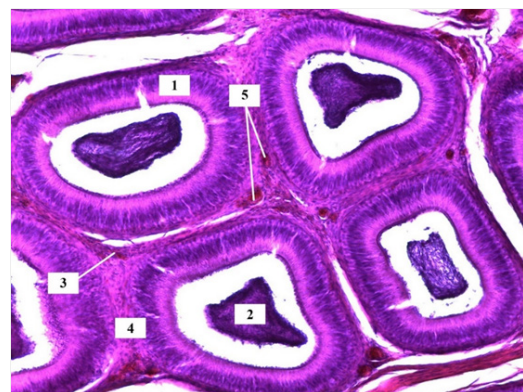


Рис. 13. Проток придатка дикого кабана. Увел. $\times 100$.

Окраска гематоксилином и эозином:

1 – эпителий протока придатка; 2 – масса сперматозоидов; 3 – мышечная оболочка; 4 – прослойки рыхлой соединительной ткани; 5 – кровеносные сосуды

Fig. 13. The duct of the appendage of a wild boar. Zoom $\times 100$.

Hematoxylin and eosin staining:

1 – epithelium of the duct of the appendage; 2 – mass of spermatozoa; 3 – muscle membrane; 4 – layers of loose connective tissue; 5 – blood vessels

поверхности столбчатых клеток выявляются реснички высотой $9,85 \pm 10,56$ мкм. Базальные клетки овальной формы. Мышечная оболочка протоков в теле придатка имеет один слой гладких миоцитов, которые располагаются циркулярно. Протоки придатка в хвостовой части придатка имеют толстую мышечную оболочку, состоящую из трех слоев мышечных клеток. Толщина мышечной оболочки в области головки придатка – $30,92 \pm 6,92$ мкм. В просвете канала видна единая масса сперматозоидов, занимающая большую часть просвета. Канальцы в области головки плотно прилегают друг к другу, каждый из них покрыт более тонкой мышечной оболочкой. Разделяющая канальцы рыхлая соединительная ткань содержит большое количество сосудов (рис. 13).

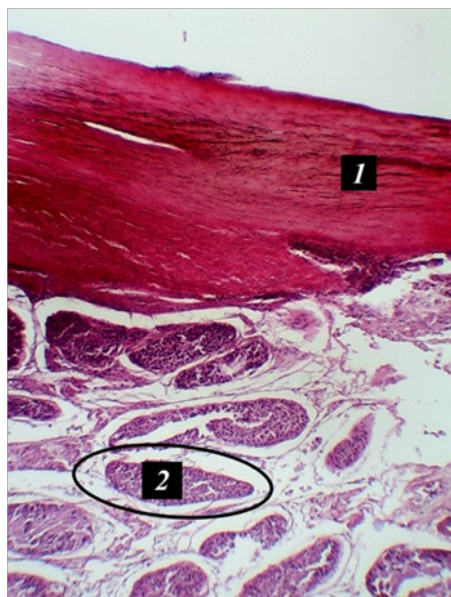


Рис. 14. Семенник яка. Увел. x40.
Окраска гематоксилином и эозином:
1 – капсула семенника; 2 – извитой семенной каналец
Fig. 14. Yak testis. Zoom x40.
Hematoxylin and eosin staining:
1 – testis capsule; 2 – convoluted seminal tubule

У семенников яков капсула толщиной $632,57 \pm 205,63$ мкм сформирована белочной оболочкой из плотной соединительной ткани, которая является поверхностным слоем капсулы, ее толщина порядка $249,51 \pm 44,19$ мкм. Внутренний слой – сосудистая оболочка толщиной $527,29 \pm 33,89$ мкм, отмечены рыхлое расположение волокон в формирующей оболочку соединительной ткани и кровеносные сосуды. Волокна в белочной оболочке плотно прилегают друг к другу, придавая ей прочность (рис. 14). В сосудистой оболочке имеются вены диаметром $458,58 \pm 142,81$ мкм, редко встречаются в составе оболочки.

Деление на дольки семенников хорошо просматривается. Соединительнотканые перегородки толщиной $94,01 \pm 16,58$ мкм, в них плохо развито сосудистое русло, встречаются мелкие артерии. Септы на периферии органа толстые, а в центральной части сужаются. Извитые семенные канальцы имеют диаметр $214,97 \pm 17,61$ мкм, форму круга, сперматогенный эпителий высотой $67,33 \pm 16,66$ мкм, что составляет $2/3$ от общей высоты просвета канальца. В канальцах сперматозоиды не просматриваются либо лежат в единичном порядке, поэтому просвет выражен и хорошо визуализируется (рис. 15). В интерстициальной ткани одиночно расположенные клетки Лейдига не встречаются, они формируют островки площадью $14\,659,52 \pm 3\,469,14$ мкм², сами эндокринные клетки имеют овальную форму, ядро расположено центрально. Паренхима семенника, сформированная извитыми семенными канальцами, занимает $53,38$ % от всего семенника, соединительная ткань – $46,62$ %.

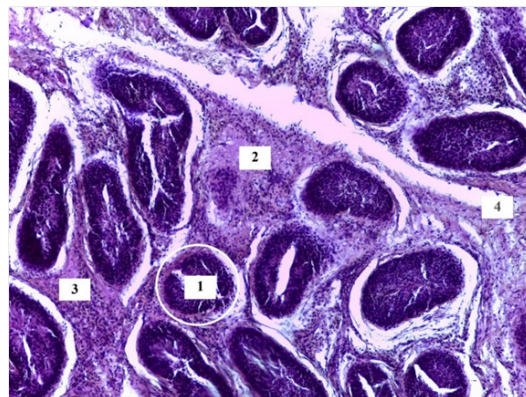


Рис. 15. Семенник дикого яка. Увел. x100. Окраска гематоксилином и эозином:
1 – извитой семенной каналец; 2 – интерстициальная ткань; 3 – эндокринный островок; 4 – септа
Fig. 15. Testis of a wild yak. Zoom x100.
Hematoxylin and eosin staining:
1 – convoluted seminal tubule; 2 – interstitial tissue; 3 – endocrine islet; 4 – septa

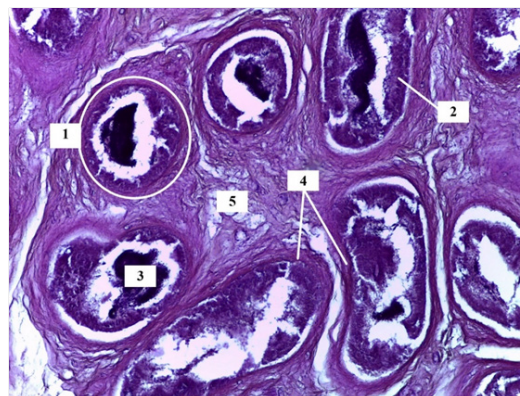


Рис. 16. Выносящие каналцы дикого яка. Увел. x100. Окраска гематоксилином и эозином:
1 – каналец; 2 – эпителий канальца; 3 – масса сперматозоидов; 4 – мышечная оболочка; 5 – рыхлая соединительная ткань
Fig. 16. Outflow tubules of wild yak. Zoom x100.
Hematoxylin and eosin staining:
1 – tubule; 2 – tubule epithelium; 3 – sperm mass; 4 – muscle membrane; 5 – loose connective tissue

У яка выносящие каналцы имеют диаметр $290,07 \pm 24,73$ мкм, неровный просвет, эпителий представлен двумя популяциями клеток: высокие реснитчатые и низкие вставочные, на поверхности клеток виды мелкие реснички $6,91 \pm 1,75$ мкм. Высота эпителия – $41,72 \pm 10,78$ мкм. Мышечная оболочка сформирована несколькими пучками мышечных волокон, ее толщина – $34,86 \pm 10,34$ мкм. Выносящие каналцы отделены друг от друга большим количеством рыхлой соединительной ткани, в канальцах сперматозоиды формируют массу (рис. 16).

Проток придатка у яков диаметром $391,27 \pm 13,73$ мкм. Эпителий двурядный реснитчатый, построен из столбчатых клеток с ресничками и округлых вставочных клеток, высота эпителия $45,7 \pm 5,9$ мкм. Реснички крупные, хорошо визуализируются, имеют высоту $10,44 \pm 2,67$ мкм.

Мышечная оболочка мощная ($104,82 \pm 34,12$ мкм). Канальцы протока придатка прилежат друг к другу плотно. Просвет канала заполнен большим количеством сперматозоидов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По данным нашего исследования и данным других авторов [8], половые органы у самцов млекопитающих имеют видовые различия в структуре, строении и топографии. В проведенном ранее исследовании по изучению особенностей строения семенников и придатков у котов различных пород нами было выявлено, что семенники и придатки имеют также и породные отличия внутри одного вида [17].

В нашем исследовании было выявлено, что семенники у диких животных имеют несколько вариантов расположения относительно тела, в результате чего меняется топография частей придатков. В учебном пособии [18] имеется информация по топографии семенников у домашних животных: так, у быков и баранов семенники относительно тела лежат вертикально, такое же расположение половых органов характерно и для диких яков. Семенники свиней и диких кабанов также имеют схожую топографию и располагаются вертикально. В то же время семенники с придатками у бурых медведей располагаются горизонтально относительно тела.

В своем исследовании S. Bonet, I. Casas, W. V. Holt, M. Yeste приводят следующие величины толщины оболочек капсулы семенников у диких кабанов: белочная оболочка – 800–950 мкм, сосудистая оболочка – 1400–1650 мкм [15]. Полученные нами данные не согласуются с результатами исследования зарубежных ученых. Наши показатели составили: белочная оболочка – 85,63 мкм, сосудистая – 170,24 мкм. Разница в полученных результатах объясняется тем, что нами и группой ученых из-за границы были исследованы животные из разных ареалов обитания и в разные года, что может оказывать существенное влияние на результаты исследования.

Наше исследование показало, что семенники у диких животных имеют развитые соединительнотканые структуры, которые занимают значитель-

ную часть от общего состава семенников. У бурых медведей данные показатели составили 53 %, у диких кабанов – 37 %, а у яков – 46 %. Однако в исследовании Ю. Т. Техвера¹ большая часть состава семенников у домашних животных сформирована паренхимой: у быков – 85 %, у свиней – 62,2–72,6 %. Семенники у диких животных имеют развитую соединительную ткань, которая выполняет функцию защиты органов половой системы от действующих факторов окружающей среды.

При анализе полученных результатов было выявлено, что для семенников и придатков у исследуемых животных характерно следующее:

1. У каждого животного имеются особенности в анатомическом строении семенников и придатков (форма, цвет, дольчатое строение семенников и выраженность септ при продольном разрезе, взаиморасположение семенников и придатков).

2. Толщина капсулы и септ, а также количество интерстициальной ткани взаимосвязаны, так как они представлены соединительной тканью. У медведя толстые и мощные септы и капсула, развитая интерстициальная ткань, а у диких кабанов данные показатели одинаково малы.

3. Количество и величина сосудов варьируют в зависимости от вида животного и расположения. В капсуле семенников у всех исследуемых животных много сосудов различного диаметра и калибра. У дикого кабана сосуды занимают наибольшую часть сосудистой оболочки, однако в междольковой соединительной ткани сосудов мало. У яка больше сосудов в септах, а рядом с эндокринными островками их количество снижено.

4. У бурого медведя в семенниках больше соединительнотканых компонентов, они занимают более 50 % от всей структуры семенника. Семенники со сниженным количеством паренхимы имеют меньшие резервы для формирования сперматозоидов;

5. В протоке придатка яка мощная мышечная оболочка и крупные реснички, которые способствуют быстрому выведению сперматозоидов при спаривании.

Библиографический список

1. Итин Г. С., Коцаев А. Г., Лунева А. В. Охотоведение и дичеразведение. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 166 с.
2. Машкин В. И. Биология промысловых зверей России: учебник для СПО. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 540 с.
3. Рязанова О. А., Скалон Н. В., Позняковский В. М. Атлас аннотированный. Сельскохозяйственные животные. Охотничьи животные: учебное пособие для вузов. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 230 с.
4. Бильжанова Г. Ж., Байсыркина В. А. Сравнительный анализ диких кабанов и домашних свиней // Актуальные проблемы интеграции науки и образования в регионе: материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Бузулук, 2023. С. 98–100.
5. Ковалев Н. А., Ятусевич А. И., Красочко П. А. [и др.] Дикий кабан в Беларуси: биоэкологические аспекты, хозяйственное использование и профилактика болезней: монография. Минск: Белорусская наука, 2023. 471 с.

¹ Техвер Ю. Т. Гистология мочеполовых органов и молочной железы домашних животных. Тарту: Эстонская сельскохозяйственная академия, 1968. Ч. 1. С. 96.

6. Иргит Р. Ш., Луценко А. Е. Яководство: учебное пособие. Кызыл: ТувГУ, 2021. 131 с.
7. Рязанова О. А., Скалон Н. В., Позняковский В. М. Охотничьи животные: учебное пособие для вузов. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 231 с.
8. Дюльгер Г. П., Вершинина М. А., Седлецкая Е. С., Латынина Е. С., Шатский К. О., Румянцева О. А. Морфофизиологические особенности половых органов и молочных желез млекопитающих. 2-е изд. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. 76 с.
9. Шевлюк Н. Н., Рыскулов М. Ф. Придаток семенника (яичка): морфогенез, структурно-функциональная характеристика в физиологических и патологических условиях // Журнал анатомии и гистопатологии. 2022. Т. 11, № 2. С. 87–98.
10. Петрова Е. К., Сайко С. Г. Видовые анатомические особенности строения некоторых половых органов бурого медведя // Наука без границ и языковых барьеров: материалы всероссийской научно-практической конференции. Орел, 2022. С. 287–292.
11. Кухаренко Н. С., Гоголов В. А., Сосновский И. Е., Сахорюк Д. О. Визуальная оценка отклонений в половой системе самцов дикого кабана, обитающего в Амурской области // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на Дальнем Востоке: сборник научных трудов. Благовещенск, 2021. Вып. 28. С. 20–24.
12. Краснолобова Е. П., Веремеева С. А., Сидорова К. А., Татарникова Н. А. Морфологические изменения паренхимы семенников дикого кабана при хламидиозе // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10 (199). С. 180–186. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-180-186.
13. Кошурникова М. А., Березина Ю. А., Домский И. А. Сезонные и возрастные изменения уровня тестостерона у кабанов (*Sus scrofa* L.) // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 37–43. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-37-43.
14. Zelenevskiy N., Shchipakin M., Prusakov A., et al. Vascularization and innervation of the adnexal genital glands (AGG) of boars // Theriogenology. 2019. Vol. 137. P. 137. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2019.05.080.
15. Bonet S., Garcia E., Sepúlveda L. The boar reproductive system // In: Bonet S., Casas I., Holt W. V., Yeste M. Boar reproduction. 2013. Pp. 65–107. DOI: 10.1007/978-3-642-35049-8_3.
16. Sosnovsky I., Kukhareno N., Senchik A., Gogulov V. Morphological abnormalities in the testes and epididymides of roe deer that affect spermatogenesis // E3S Web of Conferences. Blagoveshchensk, 2020. Article number 01009. DOI: 10.1051/e3sconf/202020301009.
17. Даут А. В., Корч М. А. Сравнение анатомического строения семенников и придатков у котлов разных пород // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: сборник трудов по материалам национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора Ткачева А. А. Брянск, 2023. С. 77–81.
18. Зеленецкий Н. В., Щипакин М. В., Зеленецкий К. Н. Анатомия животных. Практикум: учебное пособие для вузов. 2-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2025. 696 с.

Об авторах:

Анна Витальевна Даут, аспирант, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0004-9415-5771, AuthorID 1188396. E-mail: anna.daut@mail.ru

Людмила Ивановна Дроздова, заслуженный деятель науки РФ, доктор ветеринарных наук, профессор, заведующая кафедрой морфологии и экспертизы, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-8134-4355, AuthorID 599715. E-mail: drozdova43@mail.ru

Мария Анатольевна Корч, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры морфологии и экспертизы, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0003-9293-6438, AuthorID 940866. E-mail: mariakoroch@yandex.ru

References

1. Itin G. S., Koshchaev A. G., Luneva A. V. *Hunting and wildlife breeding*. 2nd ed. Saint Petersburg: Lan, 2023. 166 p. (In Russ.)
2. Mashkin V. I. *Biology of commercial animals of Russia: textbook for SVE*. 2nd ed. Saint Petersburg: Lan, 2021. 540 p. (In Russ.)
3. Ryzanova O. A., Skalon N. V., Poznyakovskiy V. M. *Annotated atlas. Farm animals. Hunting animals: a textbook for universities*. 2nd ed. Saint Petersburg: Lan, 2021. 230 p. (In Russ.)
4. Bilzhanova G. Zh. Baysyrkina V. A. Comparative analysis of wild boars and domestic pigs. *Actual problems of integration of science and education in the region: proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation)*. Buzuluk, 2023. Pp. 98–100. (In Russ.)

5. Kovalev N. A., Yatusevich A. I., Krasochko P. A., et al. *Wild boar in Belarus: bioecological aspects, economic use and disease prevention: monograph*. Minsk: Belarusian Science, 2023. 471 p. (In Belarus.)
6. Irgit R. Sh., Lushchenko A. E. *Yak breeding: textbook*. Kyzyl: TuvGU, 2021. 131 p. (In Russ.)
7. Ryazanova O. A., Skalon N. V., Poznyakovskiy V. M. *Hunting animals: a textbook for universities*. Saint Petersburg: Lan, 2021. 2nd ed. 231 p. (In Russ.)
8. Dyulger G. P., Vershinina M. A., Sedletskaya E. S., Latynina E. S., Shatskiy K. O., Rumyantseva O. A. *Morphophysiological features of the genitals and mammary glands of mammals*. 2nd ed. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2022. 76 p. (In Russ.)
9. Shevlyuk N. N., Ryskulov M. F. Appendage of the testis: morphogenesis, structural and functional characteristics in physiological and pathological conditions. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2022; 11 (2): 87–98. (In Russ.)
10. Petrova E. K., Sayko S. G. Specific anatomical features of the structure of some sexual organs of the brown bear. *Science without borders and language barriers: proceedings of the All-Russian scientific and practical conference*. Orel, 2022. Pp. 287–292. (In Russ.)
11. Kukhareno N. S., Gogulov V. A., Sosnovskiy I. E., Sakhoryuk D. O. Visual assessment of abnormalities in the reproductive system of male wild boar living in the Amur region. *Problems of zootechny, veterinary medicine and animal biology in the Far East: collection of scientific papers*. Blagoveshchensk, 2021. Iss. 28. Pp. 20–24. (In Russ.)
12. Krasnolobova E. P., Veremeeva S. A., Sidorova K. A., Tatarnikova N. A. Morphological changes in the parenchyma of the testes of wild boar in chlamydia. *Bulletin of KrasGAU*. 2023; 10 (199): 180–186. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-180-186. (In Russ.)
13. Koshurnikova M. A., Berezina Yu. A., Domskiy I. A. Seasonal and age-related changes in testosterone levels in wild boars (*Sus scrofa* L.). *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2021; 3 (59): 37–43. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-37-43. (In Russ.)
14. Zelenevskiy N., Shchipakin M., Prusakov A., et al. Vascularization and innervation of the adnexal genitalglands (AGG) of boars. *Theriogenology*. 2019; 137: 137. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2019.05.080.
15. Bonet S., Garcia E., Sepúlveda L. The boar reproductive system. In: Bonet S., Casas I., Holt W. V., Yeste M. *Boar reproduction*. 2013. Pp. 65–107. DOI: 10.1007/978-3-642-35049-8_3.
16. Sosnovsky I., Kukhareno N., Senchik A., Gogulov V. Morphological abnormalities in the testes and epididymides of roe deer that affect spermatogenesis. *E3S Web of Conferences*. Blagoveshchensk, 2020. Article number 01009. DOI: 10.1051/e3sconf/202020301009.
17. Daut A. V., Korch M. A. Comparison of the anatomical structure of testicles and appendages in cats of different breeds. *Actual problems of veterinary medicine and intensive animal husbandry: proceedings based on the materials of the national scientific and practical conference with international participation dedicated to the 85th anniversary of the birth of the Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Professor of the Bryansk State Agricultural Academy, Doctor of Veterinary Sciences, Professor Tkachev A. A.* Bryansk, 2023. Pp. 77–81. (In Russ.)
18. Zelenevskiy N. V., Shchipakin M. V., Zelenevskiy K. N. *Animal anatomy. Practicum: a textbook for universities*. 2nd ed. Saint Petersburg: Lan, 2025. 696 p. (In Russ.)

Authors' information:

Anna V. Daut, postgraduate, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0009-0004-9415-5771, AuthorID 1188396. *E-mail: anna.daut@mail.ru*

Lyudmila I. Drozdova, honored scientist of the Russian Federation, doctor of veterinary sciences, professor, head of the department of morphology and expertise, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0001-8134-4355, AuthorID 599715. *E-mail: drozdova43@mail.ru*

Mariya A. Korch, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of morphology and expertise, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0003-9293-6438, AuthorID 940866.

E-mail: mariakorh@yandex.ru

От цифровых технологий к инвестициям в сельское хозяйство: опыт Республики Башкортостан

Е. В. Жилина¹, И. М. Ханова²✉

¹ Башкирский кооперативный институт (филиал) автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», Уфа, Россия

² Частное образовательное учреждение высшего образования «Московский университет имени С. Ю. Витте», Москва, Россия

✉ E-mail: ooo.cno@mail.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена внедрению цифровых технологий в сельское хозяйство. **Цели исследования** – рассмотреть возможность увеличения объема инвестиций путем внедрения современных цифровых технологий в сельское хозяйство Республики Башкортостан. Рассматриваются ключевые направления цифровизации сельского хозяйства, такие как точное земледелие, использование дронов, датчиков, искусственного интеллекта, блокчейн-технологии, биотехнологии и анализ больших данных. Особое внимание уделяется потенциалу цифровых технологий в оптимизации использования ресурсов, повышении урожайности, качества продукции и снижении негативного воздействия на окружающую среду. В качестве **методов** исследования использовались поиск и отбор релевантных публикаций в научных журналах, материалах научных конференций; анализ содержания статей, выделение ключевых тем, выводов и тенденций; синтез полученной информации в виде графиков; формулировка собственных выводов и рекомендаций на основе анализа существующих знаний, статистический метод – регрессия. **Научная новизна.** Доказано, что цифровизация сельского хозяйства – это не просто тренд, а необходимое условие его дальнейшего развития, обеспечивающее эффективность, конкурентоспособность, устойчивость отрасли и инвестиционную привлекательность. Привлечение инвестиций в отрасль сегодня – одна из главных задач не только аграриев, но и регионов в целом. **Результаты** проведенного исследования свидетельствуют о том, что цифровая трансформация сельского хозяйства представляет собой стратегически значимый фактор, способствующий повышению инвестиционной привлекательности отрасли.

Ключевые слова: инвестиции, инновации, цифровые технологии, сельское хозяйство, экономика

Для цитирования: Жилина Е. В., Ханова И. М. От цифровых технологий к инвестициям в сельское хозяйство: опыт Республики Башкортостан // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 644–653. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-644-653>.

Дата поступления статьи: 05.07.2024, **дата рецензирования:** 05.01.2025, **дата принятия:** 30.01.2025.

From investments in digital technologies in agriculture: the experience of the Republic of Bashkortostan

E. V. Zhilina¹, I. M. Khanova²✉

¹ Bashkir Cooperative Institute – branch of the Central Union of the Russian Federation “Russian University of Cooperation”, Ufa, Russia

² Private Educational Institution of Higher Education “Moscow Witte University”, Moscow, Russia

✉ E-mail: ooo.cno@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the analysis of the introduction of digital technologies in agriculture. **The purpose** of this study is to explore the possibility of increasing investment volumes through the implementation of modern digital technology in agriculture. The key areas of agricultural digitalization are explored, including precision farming, drone use, sensors, AI, blockchain, biotechnologies, and big data analytics. Special attention is

given to the potential for digital technologies to optimize resource use, increase yields, improve product quality, and reduce environmental impact. Challenges associated with implementing digital technologies in agriculture are also discussed, such as significant investment requirements. The following **research methods** were used: search and selection of relevant publications in scientific journals, books, materials from scientific conferences; analysis of the contents of articles, identification of key topics, conclusions, and trends; synthesis of information obtained in the form of diagrams; formulation of their own conclusions and recommendations based on analysis of existing knowledge; statistical method – regression. **Scientific novelty.** It has been proved that digitalization of agriculture is not just a trend, but a necessary condition for its future development, ensuring its efficiency, competitiveness, stability, and investment attractiveness. Today, attracting investments into the sector is one of the major tasks not only for farmers but also for regions as a whole. **The results** of the study show that the digital transformation of agriculture is a strategically significant factor that contributes to increasing the investment attractiveness of the industry.

Keywords: investments, innovations, digital technologies, agriculture, economy

For citation: Zhilina E. V., Khanova I. M. From investments in digital technologies in agriculture: the experience of the Republic of Bashkortostan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 644–653. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-644-653>. (In Russ.)

Date of paper submission: 05.07.2024, **date of review:** 05.01.2025, **date of acceptance:** 30.01.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

В последние десятилетия сельское хозяйство столкнулось с множеством различных проблем, среди которых изменение климата, ограниченность природных ресурсов, повышение стандартов качества сельскохозяйственной продукции и др. Эти проблемы требуют от аграриев поиска инновационных решений, которые позволят увеличить инвестиционную привлекательность. Одним из наиболее перспективных направлений для решения обозначенных проблем является широкое внедрение цифровых сквозных технологий (прорывных, инновационных). Возможности инновационных технологий способны значительно повысить производительность труда, снизить затраты, улучшить качество конечного продукта, оптимизировать, автоматизировать ежедневные сельскохозяйственные процессы и т. д.

Республика Башкортостан обладает различными сельскохозяйственными ресурсами, однако уровень внедрения передовых цифровых технологий остается сравнительно низким, что препятствует реализации многих возможностей для повышения эффективности, значимости, конкурентоспособности отрасли, а следовательно, и инвестиционной привлекательности. Кроме того, недостаточный объем инвестиций в инновации цифровой сферы также тормозит общее развитие аграрной экономики.

Цель данного исследования заключается в рассмотрении возможности увеличения объема инвестиций путем внедрения современных цифровых технологий в сельское хозяйство Республики Башкортостан. В рамках исследования будет проведен анализ основных направлений цифровизации, таких как точное земледелие, использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), сенсоров, искусственного интеллекта, блокчейн-технологий,

биотехнологических подходов и методов анализа больших данных.

Научная новизна исследования заключается в доказательстве того, что цифровизация сельского хозяйства является не просто модным трендом, а необходимым условием для его дальнейшего развития. Авторы планируют обосновать, что инвестиции в цифровые технологии – ключевой фактор успеха как для отдельных сельскохозяйственных предприятий, так и для региональной экономики в целом. На основе анализа текущей ситуации и прогноза развития предполагается сделать вывод о том, что цифровая трансформация способна существенно повысить эффективность, конкурентоспособность, устойчивость и инвестиционную привлекательность аграрного сектора Республики Башкортостан.

Методология и методы исследования (Methods)

В работе систематизированы и проанализированы научные работы, посвященные цифровым технологиям в сельском хозяйстве. В качестве методов использовались поиск и отбор релевантных публикаций в научных журналах, материалах конференций; анализ содержания статей, выделение ключевых тем, выводов и тенденций; синтез полученной информации в виде диаграмм; формулировка собственных выводов и рекомендаций на основе анализа существующих знаний.

Были изучены конкретные примеры применения цифровых технологий в сельском хозяйстве путем выбора кейса, представляющего интерес для исследования, сбора данных с помощью анализа нормативных документов, собранных данных, выявления сильных и слабых сторон выбранного кейса. Для достижения цели исследования был использован статистический метод – регрессионный анализ, который позволил выявить зависимость между объемом инвестиций и ключевыми факторами, такими

как уровень урожайности, затраты на производство, выручка от продаж и уровень применения цифровых технологий.

Результаты (Results)

За четыре непростых года (2020–2023) инвестиции в экономику Республики Башкортостан выросли на 42,1 % (РФ – на 18,2 %, ПФО – на 11,7 %), это лучшая динамика в Приволжском федеральном округе. Здесь наиболее значительный вклад привнесли компании «Учалинский ГОК» и «Башкирская медь», которые в последние годы увеличили свой инвестиционный потенциал более чем в 2,5 раза. «Башкирская содовая компания», «Башкирская генерирующая компания» и «Башнефть-добыча» также показывают двукратное увеличение инвестиций в последние годы. Хороший инвестиционный рост обеспечили молочные фермы «Урожай», «Башкирская мясная компания» и «Башнефтегеофизика» [3; 13].

По данным Башкортостанстата [7], за 2023 год объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования по полному кругу организаций республики составил 620 млрд рублей [13].

При анализе Отчета о результатах деятельности Правительства Республики Башкортостан за 2023 год¹ авторами выявлено, что основной объем инвестиций дают крупные и средние предприятия. Однако положительную инвестиционную динамику показывает и более уязвимый сектор экономики –

малый бизнес: инвестиций более 32 млрд рублей. Повышается финансовая основа предприятий: доля прибыльных компаний – более 75 %. Такая положительная динамика, безусловно, влияет на инвестиционную привлекательность региона [2; 24].

Сегодня в АПК республики активно реализуются 78 приоритетных инвестиционных проектов общей стоимостью более 108 млрд рублей, что даст до 10 тысяч новых рабочих мест [3].

В области инвестиций в сельское хозяйство Республика Башкортостан – один из самых привлекательных регионов России: земли, меры поддержки, хорошее логистическое расположение территории. В текущем году в республике планируется начать реализацию восьми крупных инвестпроектов общей стоимостью 13,1 млрд рублей, в том числе строительство роботизированного комплекса на 1200 голов в СПК Колхоз им. Салавата и цеха по производству сухих молочных продуктов и компонентов для детского питания Мелеузовского молочноконсервного комбината [4–6; 13].

Таким образом, принятые меры действительно способствовали инвестиционной активности в Республике Башкортостан, однако для увеличения объема инвестиций необходимо активизировать работу по внедрению современных цифровых технологий, так как в условиях цифровой трансформации важно использовать передовые решения.

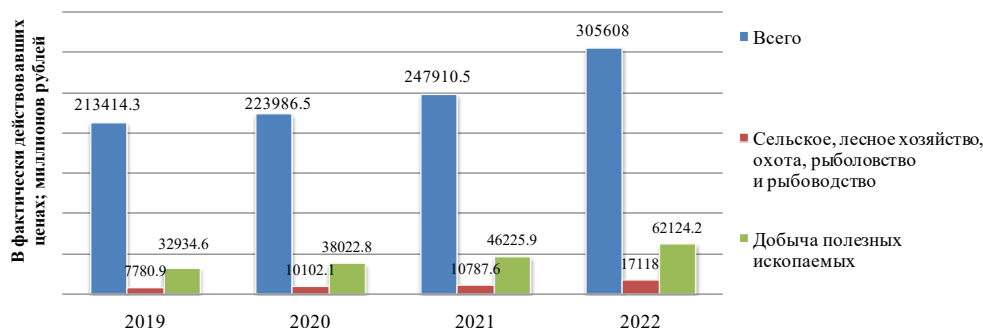


Рис. 1. Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие экономики, по видам экономической деятельности Республики Башкортостан

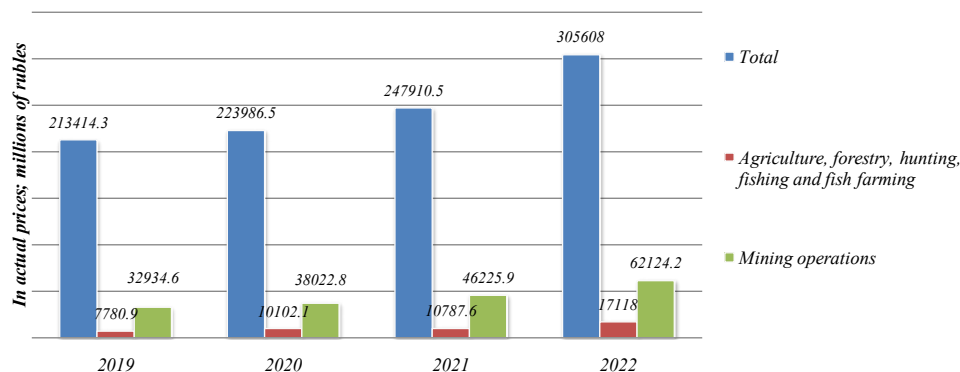


Fig. 1. Investments in fixed assets aimed at economic development, by type of economic activity of the Republic of Bashkortostan

¹ Отчет о результатах деятельности Правительства Республики Башкортостан за 2023 год [Электронный ресурс]. URL: <https://pravitelstvorb.ru/news/23481/?ysclid=m481ivi738973295095> (дата обращения: 08.08.2024).

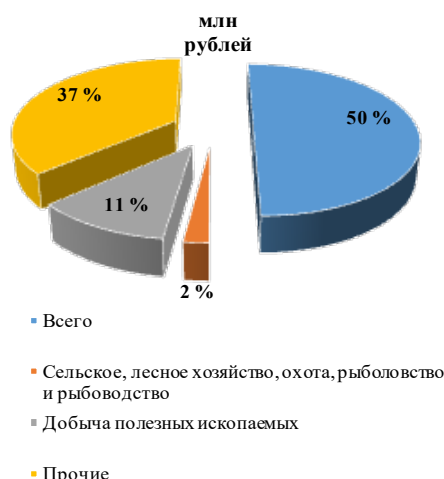


Рис. 2. Объем инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности Республики Башкортостан, по назначению основных средств, без субъектов малого предпринимательства и объема инвестиций, не наблюдаемых прямыми статистическими методами, млн рублей, 2023 г.

Рассмотрим и проанализируем некоторые тренды в области цифровых агротехнологий, которые могут быть полезны для повышения эффективности сельскохозяйственных предприятий Республики Башкортостан и инвестиционной привлекательности региона.

Автоматизация фермерских хозяйств является основой современного сельскохозяйственного производства, и в ближайшие годы ее роль будет только расти. Крупные аграрные предприятия активно используют беспилотные летательные аппараты (БПЛА, дроны) для мониторинга своих посевов. Современные датчики, установленные на дронах, позволяют с высокой точностью определять необходимость полива или внесения удобрений. Инфракрасные сенсоры, оснащенные БПЛА, широко применяются для мониторинга состояния почв и погодных условий. Это помогает предотвращать засухи, наводнения и другие природные явления. Инновационные агротехнологии, используемые в БПЛА, позволяют контролировать состояние сельскохозяйственных культур. Например, они могут выявлять дефицит питательных веществ, наличие вредителей и ранние стадии заболеваний [14]. Своевременное принятие мер позволяет минимизировать потери урожая. Дроны также могут создавать картографические материалы, отображающие текущее состояние сельскохозяйственных угодий, помогая тем самым выявлять участки с признаками эрозии, оценивать уровень плодородия и другие ключевые параметры, что способствует оптимизации работы аграрных предприятий.

Современные беспилотные летательные аппараты не только осуществляют мониторинг посевов и почв, но и способны вносить агрохимикаты точечно. Благодаря встроенным системам распыления

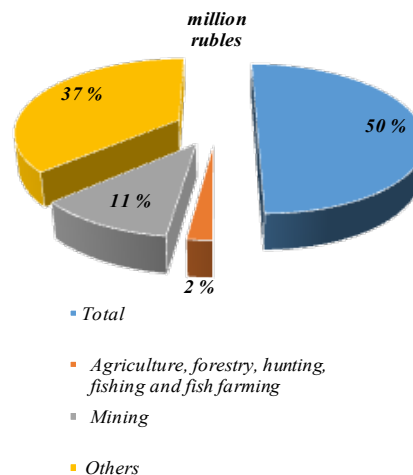


Fig. 2. The volume of investments in fixed assets by type of economic activity of the Republic of Bashkortostan, by purpose of fixed assets, without small businesses and the volume of investments not observed by direct statistical methods, million rubles, 2023

аппараты (удобрения, пестициды, минералы) могут применяться только в необходимых зонах. Это снижает затраты на расходные материалы и минимизирует экологический ущерб. Оптимизация использования агрохимических средств способствует повышению урожайности и снижению производственных расходов [25].

Помимо растениеводства, дроны могут использоваться и для контроля над состоянием животных на полях или пастбищах. Такая возможность помогает своевременно выявлять болезни и принимать необходимые меры по их предупреждению или пресечению. Кроме перечисленных возможностей, БПЛА могут использоваться также и для «инспекции» сельскохозяйственной инфраструктуры, такой как силосные башни, склады, оросительные каналы и др., что позволяет выявить различные повреждения.

Такое цифровое решение, как блокчейн, в сельском хозяйстве больше используют в растениеводстве: мониторинг информации о растении «от ферм до места хранения». Блокчейн – это децентрализованный модуль данных, помогает контролировать качество продуктов питания, срок их хранения по всей цепочке поставок. В качестве примера обратимся к кейсу. Walmart внедрил Hyperledger, блокчейн-фреймворк с открытым исходным кодом, который помогает розничному гиганту [7–9]:

- обнаруживать нездоровую пищу в режиме реального времени до того момента, когда пища попадет потребителю;
- стимулировать производство сельскохозяйственной продукции без химикатов и иных «нездоровых» добавок;
- повысить прозрачность цепочки поставок сельскохозяйственной продукции.

Как и блокчейн, интернет вещей в сельском хозяйстве (IoT) используется как интеллектуальное фермерское решение, но для мониторинга посевных площадей из любой точки мира. IoT включает в себя использование датчиков для отслеживания влажности почвы, состояния посевов, состояния скота, температуры и т. д.

Географические информационные системы (ГИС) – это цифровой инструмент, широко применяемый в сельском хозяйстве для управления земельными ресурсами, планирования посевов и увеличения урожайности. Основная функция ГИС заключается в интеграции географических данных с другими видами информации, такими как спутниковые снимки, данные сенсоров и карты почвенного покрова, что позволяет, например, создавать детальную картину состояния сельскохозяйственных угодий. Благодаря данным, полученным с помощью ГИС-устройств дистанционного зондирования, аграрии могут определять наилучшее место для посадки сельскохозяйственных культур в поле и принимать обоснованные решения о том, как улучшить питание почвы [11; 12; 15]. В животноводстве ГИС отслеживает движение животных, тем самым помогает фермерам следить за состоянием здоровья скота, его питанием и т. д.

Благодаря использованию искусственного интеллекта (ИИ) прогнозирование сельскохозяйственных процессов стало намного проще. В частности, использование 3D-лазерного сканирования или спектральной визуализации позволяет более точно моделировать метеорологические условия, оптимизировать применение ключевых ресурсов, таких как удобрение почв или меры по борьбе с вредителями и т. д. С помощью ИИ фермерские хозяйства могут проводить детальный анализ своих полей для выявления наиболее благоприятных участков под посевные работы.

Компьютерное зрение применяется для точного определения оптимальных параметров высадки растений, включая высоту, ширину и междурядья. Эти данные затем используются для разработки адаптированных стратегий возделывания земель, что ведет к повышению общей эффективности сельскохозяйственного производства.

Анализ больших данных (Data Science) для оптимизации сельскохозяйственных процессов выявляет лучшие альтернативы и предвидит результаты. Преимущества такой технологии заключается в следующем:

1. Оптимизация сельскохозяйственных процессов, управление ресурсами (анализ данных о почве, погоде, урожаях и животных позволяет оптимизировать использование воды, удобрений, пестицидов и других ресурсов, снижая издержки и минимизируя вредное воздействие на окружающую среду), планирование посевов (Data Science помогает опре-

делить оптимальные сроки посева и уборки урожая с учетом климатических условий и спроса на рынке; управление вредителями и болезнями), оптимизация скотоводства, анализ данных о питании, здоровье и производительности животных позволяет улучшить их условия содержания и повысить производительность.

2. Выявление трендов и прогнозирование результатов: анализ рыночных трендов; прогнозирование урожая, рисков. Data Science в сельском хозяйстве применяется и для управления водными ресурсами, точного земледелия, мониторинга состояния растений. В целом Data Science является ключевым инструментом для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства, позволяя оптимизировать производственные процессы.

Вертикальная агротехника, также известная как сельское хозяйство с контролируемой средой (Controlled Environment Agriculture, CEA), представляет собой инновационный подход к культивации растительных организмов в условиях замкнутого пространства с применением современных технологий искусственного интеллекта для оптимизации параметров окружающей среды. Система осуществляет автоматическое управление водоснабжением, внесением питательных веществ и освещением посредством использования гидропоники, аквапонии и аэропонии. Это позволяет существенно сократить расход водных ресурсов на 70–95 % по сравнению с традиционными методами открытого земледелия, а также минимизировать воздействие неблагоприятных климатических факторов [1; 2; 9].

Сельскохозяйственная робототехника (агроробот) – еще одно прогрессивное решение в повышении эффективности сельхозсектора. Многие сельскохозяйственные работы, выполняемые вручную, могут совершаться агророботами, что обеспечивает максимальную производительность и экономию материально-технических ресурсов. Сегодня агророботы используются при посадке семян, уборке урожая, прополке, сортировке и упаковке сельхозтовара, управлении животноводством и многое другое.

С приходом четвертой промышленной революции в пищевой промышленности появилась новая тенденция – использование биотехнологий, в частности точного брожения. Биотехнологии основаны на применении микроорганизмов, таких как бактерии, дрожжи и грибы, для синтеза белков, ферментов и других биологически активных соединений в промышленных масштабах [22]. Особенно активно технологии точного брожения применяются в молочной отрасли.

Перспективными цифровыми решениями для развития сельского хозяйства и увеличения инвестиционной привлекательности являются и инновационные водосберегающие технологии,

используемые в рамках интеллектуального сельского хозяйства. Среди таких технологий – системы микроорошения, датчики влажности почвы, которые предоставляют данные о потребностях сельскохозяйственных культур в воде в режиме реального времени, что позволяет свести к минимуму чрезмерное орошение. Например, Seeed Studio, ведущий поставщик оборудования для интернета вещей, разработал ряд сенсорных модулей и опций подключения, специально предназначенных для сельского хозяйства (кейс). Их устройства помогают фермерам принимать обоснованные решения и оптимизировать использование ресурсов, собирая данные в режиме реального времени о параметрах, таких как температура, влажность почвы. Поливая посеы только при необходимости, эти технологии могут снизить потребление воды для орошения до 50 %. Кроме того, их интеграция в существующие методы ведения сельского хозяйства способствует устойчивому управлению водными ресурсами, что крайне важно для решения проблем нехватки воды.

Несомненно, цифровые технологии открывают огромные перспективы для повышения инвестиционной привлекательности сельского хозяйства Республики Башкортостан. Для рассмотрения возможности увеличения объема инвестиций путем внедрения современных цифровых технологий в сельское хозяйство республики целесообразно воспользоваться регрессионным анализом, который позволит выявить зависимость между объемом инвестиций и факторами (цифровые технологии), влияющими на их увеличение.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В качестве данных используем такие показатели, как уровень урожайности (в тоннах), уровень затрат на производство, выручка от продаж, уровень применения цифровых технологий (например, процент автоматизации процессов) и показатели доходности от инвестиций (ROI).

$$ROI = \frac{Ди - И}{И * 100 \%}, \quad (1)$$

где ROI – показатель доходности от инвестиций;

Ди – дополнительная прибыль;

И – инвестиции.

Необходимо подчеркнуть, что для моделирования зависимости объема инвестиций I от факторов (цифровых технологий) X_1, X_2, \dots, X_n нужно использовать линейную регрессию:

$$I = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon, \quad (2)$$

где β_0 – свободный член;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – коэффициенты регрессии;

ϵ – ошибка.

Анализ показателей позволит оценить значимость коэффициентов (p -значения) и коэффициент детерминации R^2 , чтобы понять, насколько хорошо модель объясняет вариацию объема инвестиций.

Если коэффициенты β_i значимы и имеют положительное значение, это указывает на то, что соответствующий фактор положительно влияет на объем инвестиций.

Например, если β_1 (уровень урожайности) равен 50 000 и значим, это значит, что с увеличением урожайности на единицу объем инвестиций увеличивается на 50 000 рублей. Используя полученную модель, можно прогнозировать объем инвестиций при различных сценариях изменения факторов.

Например, если ожидается увеличение урожайности на 10 % и снижение затрат на 15 %, можно подставить эти значения в модель и рассчитать ожидаемый объем инвестиций. На основе данных можно провести регрессионный анализ.

Для проведения регрессионного анализа рекомендуем сформулировать модель и затем выполнить шаги, необходимые для анализа. В рамках данного исследования опишем процесс, который можно выполнить с помощью программного обеспечения, такого как Python (с использованием библиотек pandas и statsmodels).

Итак, для проведения регрессионного анализа необходимы:

1) сбор данных, например урожайность ($X1$), затраты ($X2$), выручка ($X3$), цифровые технологии ($X4$) и Инвестиции (Y);

2) импорт библиотек Python:

(1) import pandas as pd;

(2) import statsmodels.api as sm;

3) создание DataFrame:

data = {Урожайность: [данные 1, данные 2, данные 3 ... данные n], Затраты: [данные 1, данные 2, данные 3 ... данные n], Выручка: [данные 1, данные 2, данные 3 ... данные n], Цифровые технологии [данные 1, данные 2, данные 3 ... данные n], Инвестиции: [данные 1, данные 2, данные 3 ... данные n]}

(3) df = pd.DataFrame(data);

4) определение зависимой и независимых переменных: зависимая переменная (Y) – это объем инвестиций, а независимые переменные (X) – урожайность, затраты, цифровые технологии и выручка

(4) X = df[['Урожайность', 'Затраты', 'Цифровые технологии', 'Выручка'];

(5) Y = df[['Инвестиции'];

5) добавление константы:

(6) X = sm.add_constant(X);

6) построение модели (создание модели и выполнение регрессионного анализа):

(7) model = sm.OLS(Y, X).fit();

7) просмотр результатов:

(8) print(model.summary());

8) интерпретация результатов. После выполнения кода вы получите таблицу с результатами регрессионного анализа. Основные моменты для интерпретации: коэффициенты показывают, как изменение каждой независимой переменной влияет на

зависимую переменную (инвестиции); p -значения: если p -значение меньше 0,05 (или другого выбранного уровня значимости), это указывает на статистическую значимость соответствующего коэффициента; R -квадрат показывает, насколько хорошо модель объясняет вариацию зависимой переменной.

Выводы помогут понять, какие факторы наиболее значимо влияют на объем инвестиций в сельское хозяйство и какова их количественная связь.

Приведем пример по предлагаемой модели на основе абстрактных данных и посмотрим, как внедрение цифровых технологий может увеличить объем инвестиций в отрасли (таблица 1).

Для анализа создадим набор данных, включающий следующие переменные: уровень урожайности (тонн/гектар) – X_1 ; затраты на производство (руб.) – X_2 ; выручка от продаж (руб.) – X_3 ; уровень применения цифровых технологий (баллы от 1 до 10) – X_4 ; объем инвестиций (руб.) – Y .

Осуществив расчет по предлагаемой авторами модели, получаем, что увеличение урожайности на одну тонну приводит к увеличению объема инвестиций на 50 000 руб., увеличение затрат на производство на 1 руб. приводит к уменьшению объема инвестиций на 0,20 руб., увеличение выручки на 1 руб. приводит к уменьшению объема инвестиций на 0,15 руб., увеличение уровня цифровых технологий на 1 балл приводит к увеличению объема инвестиций на 30 000 руб.

Все p -значения для коэффициентов ниже уровня значимости (0,05), что указывает на статистическую значимость всех факторов.

Значение $R^2 = 0,95$ указывает на то, что модель объясняет 95 % вариации объема инвестиций.

Результаты регрессионного анализа подтверждают, что внедрение современных цифровых технологий в сельское хозяйство Республики Башкортостан может значительно увеличить объем инвестиций в отрасль. Основные факторы – уровень урожайности и применение цифровых технологий – имеют положительное влияние на объем инвестиций, что подчеркивает необходимость их активного внедрения для повышения эффективности сельского хозяйства и привлечения дополнительных инвестиций в эту сферу.

Сегодня Республика Башкортостан готова профинансировать цифровые решения в аграрный сектор на основании Указа Президента № 124 «О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 „О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации“»², в котором предусматриваются меры государственной поддержки по внедрению искусственного интеллекта в сельское хозяйство.

Таким образом, цифровизация сельского хозяйства ведет к революционным изменениям, открывая эру точного земледелия и «умных» сельскохозяйственных производителей. Внедрение датчиков, дронов, искусственного интеллекта и других цифровых инструментов позволяет оптимизировать использование ресурсов, например, воды, удобрений, пестицидов, семян, топлива; повысить урожайность и качество продукции; автоматизировать многие процессы: от посадки и сбора урожая до сортировки и упаковки продукции.

Таблица 1

Абстрактные данные для регрессионного анализа

№ пп	Уровень урожайности	Затраты на производство	Выручка от продаж	Уровень цифровых технологий	Объем инвестиций
1	5	200 000	300 000	3	100 000
2	6	250 000	400 000	5	150 000
3	7	300 000	500 000	7	200 000
4	8	350 000	600 000	8	250 000
5	9	400 000	700 000	9	300 000
6	10	450 000	850 000	10	350 000

Table 1

Abstract data for regression analysis

No.	Yield level	Production costs	Revenue from sales	The level of digital technology	The volume of investments
1	5	200 000	300 000	3	100 000
2	6	250 000	400 000	5	150 000
3	7	300 000	500 000	7	200 000
4	8	350 000	600 000	8	250 000
5	9	400 000	700 000	9	300 000
6	10	450 000	850 000	10	350 000

² Указ Президента № 124 «О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 „О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации“ [Электронный ресурс]. URL: <https://svofermerstvo.ru/svoemedia/articles/iskusstvennyj-intellekt-nedostatotchno-bystro-shagaet-po-strane-ego-nuzhno-uskorit> (дата обращения: 08.08.2024)

Доказано, что цифровизация сельского хозяйства – это не просто тренд, а необходимое условие его дальнейшего развития, обеспечивающее эффективность, конкурентоспособность, устойчивость

отрасли и инвестиционную привлекательность. Привлечение инвестиций в отрасль сегодня – одна из главных задач не только аграриев, но и регионов в целом.

Библиографический список

1. Ариничев И. В., Сидоров В. А. Инновационное развитие АПК: цифровые технологии в управлении бизнес-процессами производства зерна // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1. С. 187–192.
2. Бабанов А. М., Квач Е. С. Использование IS-THE-графов для анализа иерархических структур данных // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2024. № 66. С. 87–96. DOI: 10.17223/19988605/66/9.
3. Валишина Н. Р., Гарифуллина А. Ф. Цифровое государство: актуальные проблемы и пути их решения // Муниципальная академия. 2024. № 2. С. 248–253. DOI: 10.52176/2304831X_2024_02_248.
4. Воробьев А. В., Воробьева Г. Р. Подход к динамической визуализации больших объемов пространственной информации на основе геостатистического анализа // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2024. № 66. С. 23–35. DOI: 10.17223/19988605/66/3.
5. Гарифуллина А. Ф., Дулясова М. В., Ханнанова Т. Р., Степанова Р. Р. Актуальные проблемы развития цифровой грамотности населения // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2020. № 3 (153). С. 31–33. DOI: 10.34773/EU.2020.3.5.
6. Княгинина Г. В., Гарифуллина А. Ф., Ханнанова Т. Р. Институт интеллектуальной собственности: анализ и перспективы развития в условиях цифровой экономики // Вестник Российского университета кооперации. 2021. № 2 (44). С. 35–38. DOI: 10.52623/2227-4383-2-44-6.
7. Ерешко Ф. И., Меденников В. И., Кульба В. В. Сквозные технологии в АПК на основе цифровых стандартов // Информационное общество. 2020. № 3. С. 25–33.
8. Киварина М. В. Региональная цифровая платформа АПК: оценка эффективности // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 2. С. 286–296. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-286-296.
9. Коломеева Е. С., Бабанская А. С., Груднева А. А., Мигунов Р. А., Плиев Х. И. Инновационные цифровые технологии в розничной торговле АПК // Modern Economy Success. 2021. № 6. С. 225–230.
10. Коротких Ю. С., Тюгай К. Л. Цифровые технологии в АПК как способ повышения эффективности деятельности сельхозорганизаций // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 6. С. 33–37. DOI: 10.32651/226-33.
11. Курбанов К. К. Цифровые и кластерные технологии – важные факторы инновационного развития АПК субъектов СКФО // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 12-2 (70). С. 67–69. DOI: 10.24411/2411-0450-2020-11074.
12. Наука. Технологии. Инновации: 2024: краткий статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский [и др.]. Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 104 с. DOI: 10.17323/978-5-7598-3007-8.
13. Алешина Е. А., Сердобинцев Д. В. Единая цифровая платформа системной интеграции сельскохозяйственных, перерабатывающих и сбытовых предприятий // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 2. С. 232–247. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-232-247.
14. Скворцов Е. А., Набоков В. И., Некрасов К. В. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2019. № 8 (187). С. 91–98. DOI: 10.32417/article_5d908ed78f7fc7.89378141.
15. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан [Электронный ресурс]. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/21308> (дата обращения: 24.06.2024).
16. Воробьев Н. И., Пухальский Я. В., Астапова М. А., Сурин В. Г., Пищик В. Н. Цифровая обработка фотометрических данных дистанционного зондирования полей озимой ржи // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 2. С. 152–162. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-152-162.
17. Эффективные отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве: аналитический отчет 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://d-economy.ru/research> (дата обращения: 24.06.2024).
18. Abid A., Majeed M. T., Luni T. Analyzing ecological footprint through the lens of globalization, financial development, natural resources, human capital and urbanization // Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences. 2021. Vol. 15 (4). Pp. 765–795.
19. ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/60857.html> (дата обращения: 26.06.2024).

20. Naik M. K., Telangre R., Sharma M. Distribution and pathogenic diversity in *Fusarium udum* butler isolates: the causal agent of pigeonpea *Fusarium* wilt // *BMC Plant Biology*. 2022. Vol. 22, No. 1. DOI: 10.1186/s12870-022-03526-8.
21. Costa M. M., Melo M. P., Guimarães E. A., Pfenning L. H., Saleh A. A., Esele J. P., Zeller K. A., Leslie J. F., Summerell B. A. *Fusarium mirum* sp. Nov, intertwining *Fusarium madaense* and *Fusarium andiyazi*, pathogens of tropical grasses // *Fungal Biology*. 2022. Vol. 126, Iss. 3. Pp. 250–266. DOI: 10.1016/j.funbio.2021.12.002.
22. Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Gomzhina M. M., Gavrilova O. P. *Fusarium bilaiae*, a new cryptic species in the *Fusarium fujikuroi* complex associated with sunflower // *Mycologia*. 2023. Vol. 115, No. 6. Pp. 787–801. DOI: 10.1080/00275514.2023.2259277.
23. Haidoulis J. F., Nicholson P. Different effects of phytohormones on *Fusarium* head blight and *Fusarium* root rot resistance in *brachypodium distachyon* // *Journal of Plant Interactions*. 2020. Vol. 15, No. 1. Pp. 335–344. DOI: 10.1080/17429145.2020.1820592.
24. Park Ch., Kim H., Lee D. W., Kim J., Choi Y. Identification of antifungal constituents of essential oils extracted from *boesenbergia pulcherrima* against *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum*) // *Applied Biological Chemistry*. 2020. Vol. 63. No. 1. DOI: 10.1186/s13765-020-00518-w.
25. Podgórska-Kryszczuk I., Solarska E., Kordowska-Wiater M. Biological control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* by antagonistic yeasts // *Pathogens*. 2022. Vol. 11, No. 1. Article number 86. DOI: 10.3390/pathogens11010086.

Об авторах:

Екатерина Валерьевна Жилина, кандидат экономических наук, доцент кафедры гуманитарных и естественно-научных дисциплин, Башкирский кооперативный институт (филиал) АНО ВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», Уфа, Россия; ORCID 0000-0002-9020-3287, AuthorID 704403. *E-mail: Ekaterina_zhilina@inbox.ru*

Илюза Марваровна Ханова, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики городского хозяйства и сферы обслуживания, ЧОУ ВО «Московский университет имени С. Ю. Витте», Москва, Россия; ORCID 0000-0001-8886-1224, AuthorID 664400. *E-mail: iluza_7@yandex.ru*

References

1. Arinichev I. V., Sidorov V. A. Innovative development of the agricultural industry: digital technologies in the management of business processes of grain production. *Bulletin of Kursk State Agrarian University*. 2024; 1: 187–192. (In Russ.)
2. Babanov A. M., Kvach E. S. IS-THE graphs usage to analyze hierarchical data structures. *Tomsk State University Journal of Control and Computer Science*. 2024; 66: 87–96. DOI: 10.17223/19988605/66/9. (In Russ.)
3. Valishina N. R., Garifullina A. F. Digital state: actual problems and ways to solve them. *Municipal Academy*. 2024; 2: 248–253. DOI: 10.52176/2304831X_2024_02_248. (In Russ.)
4. Vorobyev A. V., Vorobyeva G. R. Approach to dynamic visualization of large volumes of spatial information based on geostatistical analysis. *Tomsk State University Journal of Control and Computer Science*. 2024; 66: 23–35. DOI: 10.17223/19988605/66/3. (In Russ.)
5. Garifullina A. F., Dulyasova M. V., Hannanova T. R., Stepanova R. R. Actual problems of the development of digital literacy of the population. *Economics and Management: a scientific and practical journal*. 2020; 3 (153): 31–33. DOI: 10.34773/EU.2020.3.5. (In Russ.)
6. Garifullina A. F., Knyaginina G. V., Khannanova T. R. Institute of Intellectual Property: analysis and prospects of development in the digital economy. *Vestnik of the Russian University of Cooperation*. 2021; 2 (44): 35–38. DOI: 10.52623/2227-4383-2-44-6. (In Russ.)
7. Ereshko F. I., Medennikov V. I., Kulba V. V. End-to-end technologies in agriculture based on digital standards. *Information Society*. 2020; 3: 25–33. (In Russ.)
8. Kivarina M. V. Regional digital platform of agriculture: efficiency assessment / M. V. Kivarina. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (02): 286–296. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-286-296. (In Russ.)
9. Kolomeeva E. S., Babanskaya A. S., Grudneva A. A., Migunov R. A., Pliev H. I. Innovative digital technologies in the retail trade of the agro-industrial complex. *Modern Economy Success*. 2021; 6: 225–230. (In Russ.)
10. Korotkov Yu. S., Tyugai K. L. Digital technologies in the agro-industrial complex as a way to increase the efficiency of activities agricultural organizations. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022; 6: 33–37. DOI: 10.32651/226-33. (In Russ.)
11. Kurbanov K. K. Digital and cluster technologies - important factors of innovative development of the agro-industrial complex of the subjects of the North Caucasus Federal District. *Economics and Business: Theory and Practice*. 2020; 12-2 (70): 67–69. DOI: 10.24411/2411-0450-2020-11074. (In Russ.)

12. *Science. Technologies. Innovations: 2024: a brief statistical collection*. V. V. Vlasova, L. M. Gokhberg, K. A. Ditkovsky, et al. Moscow: Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge of the Higher School of Economics, 2024. 104 p. (In Russ.)
13. Aleshina E. A., Serdobintsev D. V. Unified digital platform for system integration of agricultural, processing and marketing enterprises. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (02): 232–247. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-232-247. (In Russ.)
14. Skvortsov E. A., Nabokov V. I., Nekrasov K. V. Application of artificial intelligence technologies in agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; 8 (187): 91–98. DOI: 10.32417/article_5d908ed78f7fc7.89378141. (In Russ.)
15. Federal State Statistics Service [Internet] [cited 2024 Jun 24]. Available from: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/21308>. (In Russ.)
16. Vorobyev N. I., Pukhalskiy Ya. V., Astapova M. A., et al. Digital processing of photometric data of remote sensing of winter rye fields. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (02): 152–162. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-152-162. (In Russ.)
17. Effective domestic practices based on artificial intelligence technologies in agriculture. Analytical report 2023 [Internet] [cited 2024 Jun 24]. Available from: <https://d-economy.ru/research>. (In Russ.)
18. Abid A., Majeed M. T., Luni T. Analyzing ecological footprint through the lens of globalization, financial development, natural resources, human capital and urbanization. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*. 2021; 15 (4): 765–795.
19. ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use: International standard [Internet] [cited 2024 Jan 16]. Available from: <https://www.iso.org/standard/60857.html>.
20. Naik M. K., Telangre R., Sharma M. Distribution and pathogenic diversity in *Fusarium udum* butler isolates: the causal agent of pigeonpea *Fusarium* wilt. *BMC Plant Biology*. 2022; 22 (1). DOI: 10.1186/s12870-022-03526-8.
21. Costa M. M., Melo M. P., Guimarães E. A., Pfenning L. H., Saleh A. A., Esele J. P., Zeller K. A., Leslie J. F., Summerell B. A. *Fusarium mirum* sp. Nov, intertwining *Fusarium madaense* and *Fusarium andiyazi*, pathogens of tropical grasses. *Fungal Biology*. 2022; 126 (3): 250–266. DOI: 10.1016/j.funbio.2021.12.002.
22. Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Gomzhina M. M., Gavrilova O. P. *Fusarium bilaiae*, a new cryptic species in the *Fusarium fujikuroi* complex associated with sunflower. *Mycologia*. 2023; 115 (6): 787–801. DOI: 10.1080/00275514.2023.2259277.
23. Haidoulis J. F., Nicholson P. Different effects of phytohormones on *Fusarium* head blight and *Fusarium* root rot resistance in brachypodium distachyon. *Journal of Plant Interactions*. 2020; 15 (1): 335–344. DOI: 10.1080/17429145.2020.1820592.
24. Park Ch., Kim H., Lee D. W., Kim J., Choi Y. Identification of antifungal constituents of essential oils extracted from *boesenbergia pulcherrima* against *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum*). *Applied Biological Chemistry*. 2020; 63 (1). DOI: 10.1186/s13765-020-00518-w.
25. Podgórska-Kryszczuk I., Solarska E., Kordowska-Wiater M. Biological control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae* by antagonistic yeasts. *Pathogens*. 2022; 11 (1): 86. DOI: 10.3390/pathogens11010086.

Authors' information:

Ekaterina V. Zhilina, candidate of economic sciences, associate professor of the department of humanities and natural sciences, Bashkir Cooperative Institute – branch of the Central Union of the Russian Federation “Russian University of Cooperation”, Ufa, Russia; ORCID 0000-0002-9020-3287, AuthorID 704403.

E-mail: Ekaterina_zhilina@inbox.ru

Ilyuza M. Khanova, candidate of economic sciences, associate professor of the department of urban economics and service sector, Private Educational Institution of Higher Education “Moscow Witte University”, Moscow, Russia; ORCID 0000-0001-8886-1224, AuthorID 664400. *E-mail: ooo.cno@mail.ru*

Особенности развития сельского хозяйства в России 2019–2023 гг. в условиях санкций

Е. В. Килимник

Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации,
Екатеринбург, Россия

E-mail: kilimnik_06@mail.ru

Аннотация. Сельскохозяйственная отрасль России сегодня сталкивается с внешними и внутренними вызовами, оказывающими влияние на развитие импортозамещения, на наполнение рынка качественными и недорогими продуктами. Среди отрицательных факторов следует отметить санкции, рост мировой конкуренции, процессы глобализации, климатические условия, влияющие на урожайность, изменение покупательной способности, связанное с колебаниями цен на рынке, отток населения из села и нехватку специалистов, неполное инвестирование, недостаточное развитие социокультурной сферы, что оказывает влияние на обеспечение продовольственной безопасности, на социокультурное и экономическое благополучие сельского населения. **Цель** исследования – определение уровня развития сельского хозяйства страны в 2019–2023 гг. **Методы.** Основой послужил анализ и синтез научной литературы, сравнительный анализ статистической информации ежегодных данных по регионам России. Это позволило выявить результативность сельскохозяйственной деятельности, обобщить опыт ведения аграрного хозяйства. **Научная новизна.** Использование комплексного подхода, включающего экономические, природные и социокультурные факторы для определения результативности сельского хозяйства в стране. **Результаты.** Анализ производства в сельском хозяйстве в 2019–2023 гг. показывает, что его развитие варьируется в зависимости от региона страны. Самый значительный рост производительности происходит в наиболее климатически благоприятном ЮФО. Определено, что производство основных видов мяса в 2021 г. составило 10,8 млн тонн, опередив на 0,3 % по показателям 2020 г. Этот показатель достиг уровня 11,5 млн тонн, демонстрируя динамику дальнейшего производственного роста. Объем пшеницы увеличился с 31 814 989 тонн в 2019 г. до 54,9 млн тонн в 2023 г., что выводит Россию в число ведущих стран в мировом экспорте зерна. Рост сельского хозяйства во многом обусловлен государственной программой инвестиций, динамика которых оставила с 303,6 млрд руб. в 2019 г. до 540 млрд руб. в 2023 г. Определена комплексная программа мер, включающая экономические, технические, научные и социальные аспекты, направленные на развитие отечественного села.

Ключевые слова: сельское хозяйство, сельхозпродукция, показатели, динамика, территории, проблемы, асинхронность развития, санкции, Россия

Для цитирования: Килимник Е. В. Особенности развития сельского хозяйства в России 2019–2023 гг. в условиях санкций // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 04. С. 654–664. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-654-664>.

Дата поступления статьи: 28.10.2024, **дата рецензирования:** 25.11.2024, **дата принятия:** 23.01.2025.

Features of the development of agriculture in Russia 2019–2023 under sanctions

E. V. Kilimnik

Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Ekaterinburg, Russia

E-mail: kilimnik_06@mail.ru

Economy

Abstract. Today, the agricultural sector of Russia faces external and internal challenges that affect the development of import substitution and filling the market with high-quality and inexpensive products. Negative factors include sanctions, increased global competition, globalization processes, climatic conditions affecting crop yields, price changes in the market situation, outflow of population from the village and shortage of specialists, incomplete investment, insufficient development of the socio-cultural sphere, which affects food security, socio-cultural and economic well-being of the rural population. **The purpose** of the study is to determine the level of development of agriculture in the country in 2019–2023. **Methods.** The basis was the analysis and synthesis of scientific literature, the method of comparative analysis of statistical information of annual data on the regions of Russia. This made it possible to identify the effectiveness of agricultural activities, summarize the experience of running an agricultural business. **Scientific novelty.** Using an integrated approach that includes economic, natural and socio-cultural factors to determine the performance of agriculture in the country. **Results.** The analysis of agricultural production in 2019–2023 shows that its development varies depending on the region of the country. The most significant increase in productivity occurs in the most climatically favorable Southern Federal District. It was determined that the production of main types of meat in 2021 amounted to 10.8 million tons, ahead of the 2020 figures by 0.3 %. This figure reached 11.5 million tons, demonstrating the dynamics of further production growth. Wheat production increased from 31 814,989 tons in 2019 to 54.9 million tons in 2023, which puts Russia among the leading countries in global grain exports. The growth of agriculture is largely due to the state investment program, the dynamics of which has increased from 303.6 billion rubles in 2019 to 540 billion rubles in 2023. A comprehensive program of measures has been defined, including economic, technical, scientific and social aspects aimed at developing the domestic village.

Keywords: agriculture, agricultural products, indicators, dynamics, territories, problems, asynchrony of development, sanctions, Russia

For citation: Kilimnik E. V. Features of the development of agriculture in Russia 2019–2023 under sanctions. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 654–664. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-654-664>. (In Russ.)

Date of paper submission: 28.10.2024, **date of review:** 25.11.2024, **date of acceptance:** 23.01.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Актуальность исследования обстановки в сельском хозяйстве и продовольственной безопасности страны во многом продиктована возникшей непростой ситуацией, в которой оказалась Россия после введенной Западом политики санкционного давления, которая усилилась после февраля 2022 года. В этих условиях выполнение программы импортозамещения и развитие собственной региональной инфраструктуры села для полноценного функционирования и развития аграрного сектора экономики приобретает особую значимость в рамках обеспечения продовольственной безопасности в условиях усиления мировой конкуренции, борьбы за ресурсы и рынки сбыта, навязывания Западом искусственного изоляционизма и отсечения от приобретения новых технологий, получения кредитов и значимой для народного хозяйства страны продукции.

Актуализирует тему исследования и тот факт, что установление западных санкций после присоединения Крымского полуострова (март 2014 года) спровоцировал руководство страны на введение ответного запрета на ввоз некоторых агропродовольственных товаров из государств, которые организовали санкционную политику давления в отношении российской экономики. В результате правительство Соединенных Штатов, руководство стран Евросоюза, Канады, Австралии, Норвегии, а позже присоединившиеся к антироссийским санкциям правительства Албании, Черногории, Исландии, Лихтенштейна, приняли политико-экономический санкционный курс на ослабление российской экономики. Санкционные ограничения охватили поставки всего ассортимента мясных продуктов (говядина и свинина), товарную сетку мяса птицы, колбасно-копченые изделия, товары молочной продукции, включая сырое молоко, и, кроме того,

© Kilimnik E. V., 2025

рыбные продукты, овощную продукцию и фрукты. Подобные действия западных стран привели к тому, что деятельностью правительства Российской Федерации стала политика, направленная на увеличение помощи и поддержки отечественных товаропроизводителей сельскохозяйственной продукции и животноводства и на обеспечение вопроса продовольственной безопасности в стране. В результате, декабрь 2014 года был ознаменован внесенными коррективами государственной программы, охватывающей вопросы развития сельскохозяйственного производства в России. В соответствии с принятыми изменениями программы развития государственные траты возросли на 640 млрд рублей, что значительно превысило первоначально утвержденную Правительством РФ величину финансовых вложений в программу развития сельского хозяйства страны до суммы более 2 трлн рублей от объема всех расходов федерального бюджета. Ведущим направлением федеральной внутренней политики принимаемых мер стало обретение полной самодостаточности в области продовольственного обеспечения государства, что соответствует принятой концепции продовольственной безопасности (Минсельхоз РФ, 2015 год). Основные последствия этой экономической политики:

1. Стоимость объема агропродовольственного экспорта в страну из Евросоюза уменьшился на 43 %, т. е. на 11,0 млрд евро, в 2013–2014 годах по сравнению с менее чем 6,3 млрд евро в 2014–2017 годах [1].

2. Ограничения усилили общие инфляционные процессы, а также процессы в области продовольствия в России, снизив возможности получения продовольственных товаров гражданами страны. Одновременно с этим дополнительно увеличилась система приобретения товаров у Бразилии и ряда государств, которые не попадали под санкции. Также возникли дополнительные варианты и преимущества производства товаров продовольственного назначения и у российских товаропроизводителей.

3. Падение западного спроса в области энергетики потребовало от российского руководства увидеть в сельскохозяйственном секторе потенциал для нового экономического развития. В сложившейся ситуации потребовалось определять и видеть новые направления и возможности для экономического развития страны. Ими стали сельскохозяйственное производство, химическая, пищевая промышленность, а также сфера развития внутреннего туризма.

Рассмотренные выше положения правильны, если учитывать, что качественно сформированные и обладающие производственной эффективностью секторы агропродовольственной продукции и животноводства позволяют развивать новые направления производственного роста, а полученные по-

ложительные социальные и экономические результаты способствуют обеспечению как максимальной занятости в агропроизводстве граждан Российской Федерации, проживающих в сельской местности, так и достижению иных положительных результатов, среди которых следует отметить:

- укрепление экономики и аграрной сферы страны;

- стремление к достижению поставленной цели.

Эти факторы становятся важными элементами, формирующими благополучие в социуме.

Методология и методы исследования (Methods)

Методологическим фундаментом предложенного исследования стал анализ и синтез имеющейся профильной научной литературы. В работе был использован метод сравнительного анализа, охватывающий весь комплекс статистической информации ежегодных совокупных данных регионального хозяйствования страны. Проведенный анализ определил результативность аграрного сектора экономики.

Результаты (Results)

Программа проведенных реформ, которые были осуществлены руководством России в течение последних 10 лет в сфере производства пищевых товаров, позволила в итоге обеспечить продовольственную безопасность и добиться самостоятельности в вопросах продовольственного обеспечения перед лицом западных и восточных партнеров, а также производить дополнительно продукцию на экспорт, что дало, в свою очередь, валютные поступления в казну. В сложившейся новой политической и хозяйственной ситуации руководство страны решило сконцентрировать свое внимание на развитии агрохозяйства. В итоге развитие и результативность аграрной отрасли экономики приобрели ведущее значение. Это является особенно значимым в условиях обеспеченности страны энергоресурсами и обилием пахотных земель, что позволяет добиться полного обеспечения населения продовольствием и снизить, таким образом, уязвимость государства в условиях санкционного давления. Сегодня производство российского зерна сконцентрировано в основном в сельскохозяйственной зоне, представленной шестью хозяйственными областями. Именно ими выращивается более 95 % от общего количества производимой пшеницы в стране. Особенно следует подчеркнуть регион Северного Кавказа, дающий до 40 % пшеницы. После него следует отметить по производственному значению регионы Западной Сибири, Поволжья и Черноземных областей, которые производят порядка 15 % зерна каждый. По материалам Росстата в 2019 г., доля производства зерна в Уральском регионе и Центральных областях составила по 8,7 % с учетом общего количества производимой пшеницы в российских регионах [2].

В итоге самодостаточность Российской Федерации в области производимых продовольственных товаров, энергетических мощностей и производственных возможностей, а также имеющихся у России возможностей экспорта производимой пшеницы усиливают торговые позиции страны, что наиболее ярко просматривается в отношении стран MENA. Важность внешнеполитической позиции Российской Федерации подчеркивает тот факт, что товарная продукция страны занимает в экспортной политике второе место после поставок углеводородов (нефти и газа). В ходе ориентированной на национального товаропроизводителя политики, осуществляемой правительством страны, произошел непосредственный рост государственных инвестиций, направленных сельским производителям. При этом сам аграрный сектор экономики получил прямую выгоду от имеющегося удобного географического положения страны, обладающей плодородными черноземными областями в центральной и южной частях Российской Федерации, которые находятся возле экспортных черноморских портов, что существенно облегчает логистический путь зерна к перевалочным терминалам. Кроме того, существующие удобные торговые пути дают возможность России оперативно и с небольшими затратами экспортировать производимое зерно в регионы Северной Африки и Ближнего Востока.

Показателем Российской Федерации, как и многих государств, которые отличаются большим административно-территориальным делением, является сформировавшаяся неравномерность социального и хозяйственного развития ее областей. Подобная ситуация обусловлена наличием разнообразных природно-климатических и экологических особенностей России, имеющей большую дифференциацию в природных, а также ресурсных возможностях и человеческом потенциале. Это изначально формирует предпосылки, отражающие региональную социальную и хозяйственную неравномерность в развитии страны. Кроме того, небольшая эффективность многоуровневой политики в регионах Российской Федерации, которая проводилась в 1990–2000-е гг., усиливает дифференциацию по уровню и качеству жизни российских граждан, проживающих на различных по социально-экономическому уровню развития территориях, что способствует уменьшению производственного потенциала и снижению эффективности работы от имеющихся в регионах производственно-сельскохозяйственных комплексов, снижению использования сельскохозяйственных возможностей в ряде районов страны, которые имеют предрасположенность к этому из-за сложных природно-климатических условий своего хозяйствования. Кроме того, активно влияет на производственный рост селян уровень инфраструктурной наполненности (объекты здравоохранения, образования, культуры и пр.).

Трудность в решении существующей проблемы хозяйственного и природно-климатического неравенства регионов страны определяется имеющимся внутренним противоречием. Незначительное выравнивание территорий в социальном и экономическом плане ведет к увеличению напряженности в обществе, что наиболее ярко отражается в проблемных областях страны. Кроме того, значительное воздействие центральных органов власти на местах, которое нарушает принципы хозяйственно-экономических свобод и самостоятельности территорий, например Татарстана, Башкирии, Якутии, может отрицательно повлиять на местные интересы в ускоренном проведении политики экономического роста. Это ярко отражается в ведущих в стране областях и республиках, являющихся «экономическими лидерами и донорами».

Таким образом, отмеченное выше усиливает проблематику исследования в вопросах допустимости неравномерного социального и хозяйственно-экономического развития территорий страны и вызывает необходимость в оптимизации методологии по оценке уровня региональной дифференциации. Определяет круг поиска возможностей по формированию структуры наиболее оптимального выравнивания разных по имеющемуся промышленному, сельскохозяйственному, человеческому потенциалу районов Российской Федерации. Решение этого вопроса является актуальным с учетом мер руководства России, направленных на формирование в стране политики импортозамещения и полного обеспечения продовольственной безопасности. Актуальность этой задачи обусловлена «Государственной комплексной программой развития сельскохозяйственных территорий России 2020–2025 гг.». Ее положения отражают следующие государственные позиции:

- сохранение всего сельского населения Российской Федерации;
- достижение дохода жителей села не менее 80 % от городского;
- увеличение объемов благоустроенного жилья на селе до 50 % от общего жилого объема [3].

Для осуществления государственной программы развития территорий правительство страны выделило около 23 млрд руб. в 2020 году, более 36 млрд рублей в 2021 году, более 40 млрд рублей в 2022, 2023 и 2024 годах и почти 44 млрд рублей в 2025 году [3].

Осуществление принятой Государственной программы позволит в сельских регионах страны:

- сформировать дорожные и шоссейные транспортные линии, которые будут содействовать логистической доставке сельхозпродукции;
- модернизировать сельскую инфраструктуру; построить школы, больницы, культурные учреждения на местах;

– получить жилье нуждающимся (особенно для молодых семей и молодых специалистов).

– создать новые сельские поселки и агрогородки.

В результате в ситуации имеющегося асинхронного социального и хозяйственного развития регионов страны оптимизация имеющихся возможностей стратегии развития сельских территорий будет прямо отвечать государственным задачам выполнения политики импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности.

Решение этих вопросов напрямую зависит от точности исследования имеющегося положения дел в регионах, определения перспективных путей роста территорий, анализа промышленного и сельского производства, определения проблемных мест, замедляющих рост сельских территорий. Отмеченное напрямую определяет всю сложность решения Государственной программы и подчеркивает ее актуальность для экономики и социального положения населения в Российском государстве.

Необходимость в увеличении объемов сельскохозяйственной продукции в стране имеет большое стратегическое значение, поскольку изменения во внутренней политике Российской Федерации (импортозамещение) повлияли не только на экономическое и сельскохозяйственное развитие страны, но и на вклад России в мировую торговлю. Для некоторых продуктов, таких как зерно, рост его производства создал возможности экспортирования за рубеж избыточной массы этого продукта. Примером этого служит тот факт, по данным Минсельхоза, что производство зерна в 2019 году выросло до 120,6 млн тонн, что на 10,1 млн тонн (8,7 %) больше, чем в 2018 году [4]. При этом общий экспорт объема зерновых и зернобобовых культур из России по итогам 2019 года составил 40 527,1 тыс. тонн. Фактически за год поставки сократились на 27,8 % (на 15 643,4 тыс. тонн). Стоимость экспорта российского зерна находилась на уровне в 8265,2 млн \$, что на 23,3 % (на 2516,3 млн \$) меньше, чем в 2018 году [5]. В 2020–2021 годах средний объем поставок зерна Российской Федерации на международный рынок составил 25–26 млн тонн [6]. При этом к концу 2023 года поставки зерновых и зернобобовых на мировые рынки составили уже порядка 39 млн тонн, превысив аналогичные показатели 2020–2021 гг. на 19 %. В результате российская внешняя торговля зерном отошла от прежнего импорта в 43,3 млн тонн зерна (в том числе 34,5 млн тонн пшеницы) в 2019 году, став абсолютным лидером продаж, к чистому экспорту в 25–26 млн. тонн в 2021 году [7]. Это во многом объясняется тем, что невысокая цена на отечественное зерно в рамках существующей ценовой конкуренции на мировых рынках сельскохозяйственной продукции в начале торгового периода 2019–2020 годов послужила ведущим фактором, с одной стороны, уменьшения

количества государств-импортеров (со 100 до 79), а с другой – уменьшением объема приобретаемой пшеницы странами, которые служили для отечественного экспорта постоянными клиентами. В текущий период экспортный рост российского зерна приходится на страны, в которых российское зерно приобреталось в диапазоне от 2 до 15 % от общего объема. К этим клиентам России относятся Индонезия, Турция, Йемен, Судан. Приоритетными для поставок российского зерна являются также Алжир, Бразилия и Филиппины [7].

Таким образом, общий экспорт пшеницы из России составил в 2018 году 43 млн тонн, в 2019 году – 32 млн тонн, в 2020 году – 37 млн тонн, в 2021 году – 33 млн тонн, в 2022 году – 45,5 млн тонн (зерновые и зернобобовые), в 2023 году – 51,7 млн тонн.

В 2010 году Российская Федерация занимала четвертую позицию среди других стран по экспорту собранной пшеницы после Соединенных Штатов, Канады и стран Евросоюза [8]. За последние 10 лет Россия в ходе своего развития занимает ведущее место среди стран, поставляющих пшеницу на мировой рынок (35 млн тонн в 2020 году и 51,7 млн тонн в 2023 году). В результате Россия стала опережать объемы поставок ЕС – 32 млн тонн тонн, США – более 27 млн тонн тонн, Канаду – 23 млн тонн. При этом общий объем мирового рынка продажи зерна составил 184 млн тонн. Прирост продаж российского зерна составил 30 млн тонн, увеличившись на 20 % в течение, например, только 2011–2019 годов [8].

В 2019–2023 годах для других продуктов, таких как мясная продукция, Россия оставалась одним из основных импортеров. Например, импорт в Российскую Федерацию товарной продукции из группы «мясо и продукты из мяса» в период 2019–2020 годов (отрицательная тенденция сохраняется и на период 2023–2024 гг.) составил 3,33 млрд. \$, достигнув общего веса 1299 тыс. тонн. В основном в Россию импортировалось замороженное мясо крупного рогатого скота, составившее порядка 46 % от общей массы, и мясо домашней птицы – 21 % от общего количества. Ведущими странами – импортерами мясных товаропродуктов стали Беларусь (34 %) и Бразилия (25 %) [9].

Можно предположить, что рост производительности труда стал основным фактором подъема российского сельского хозяйства с 2000-х годов, что способствовало росту экспорта зерна и сокращению импорта мяса для внутреннего рынка страны. Чтобы проверить эту гипотезу, следует оценить рост сельскохозяйственного производства, а также ресурсов, направленных на развитие сельского хозяйства, и общую производительность в России в 2000–2023 годах на региональном и национальном уровнях, используя показатели, которые в значительной степени основаны на информации, опу-

бликованной Министерством сельского хозяйства России, как всеобъемлющем факторе эффективности сельского хозяйства, поскольку он учитывает вклад всех традиционных ресурсов (земли, рабочей силы, капитала, материалов), используемых в производстве сельскохозяйственной продукции, в том числе сельскохозяйственных культур и домашнего животноводства.

В результате это исследование включает в себя использование крупнейшей в России базы данных по сельскому хозяйству (источники Росстата) с определением товаров и регионов, демонстрирующих восстановление российского сельскохозяйственного производства, а также анализ использования российских ресурсов в сельском хозяйстве и его рост, а кроме того, проведение оценки и рассмотрение тенденций развития.

Анализ ситуации в сельском хозяйстве показывает, что в 2000–2015 годах рост производства в нем постепенно восстановился по всем областям страны. При этом следует отметить, что средний показатель роста сельхозпроизводства в целом по России маскирует имеющиеся важные социально-экономические, природно-климатические различия, прямо относящиеся к особенностям развития российских территорий. Так, основой к восстановлению результатов сельского хозяйства в России стали экономические показатели Южного федерального округа. С хозяйствами и фермами, специализирующимися на пшенице, кукурузе, овощах и птице, Южный федеральный округ к 2023 году достиг экономического роста, который превысил средний показатель в целом по стране. В результате крупные сельхозпроизводства и фермерские сельские хозяйства на юге России извлекли максимальную выгоду из имеющихся у них сравнительных территориальных преимуществ в почве и климате, географии, инфраструктуре и господдержке. Помимо Центрального федерального округа, другие территории России отстали в росте объемов сельскохозяйственной продукции и снизили, таким образом, общий средний показатель результатов производства по стране.

Анализ аграрной политики в России. Переход к рыночной экономике в начале 1990-х годов привел к сокращению прямых и косвенных субсидий, выделяемых отечественному сельскому хозяйству, что в значительной степени способствовало снижению производства сельскохозяйственной продукции, особенно в подсекторе животноводства. Российское производство зерна и мяса резко снизилось в течение 1990-х годов, при этом уровень производства обоих продуктов достиг своего увеличения лишь в конце второго десятилетия XXI века (таблицы 1, 2).

На основе материалов Федеральной таможенной службы, например, в 2021 году в Российскую Федерацию из-за рубежа было импортировано 223 тыс. тонн мяса, что на 17,2 % меньше, чем годом ранее.

Ведущими поставщиками мясной продукции в Россию стали Беларусь (42,8 %), Парагвай (22,9 %), Бразилия (15,2 %), Аргентина (6,6 %), Казахстан (4,7 %) [9]. В 2023 году из-за рубежа было импортировано 586 тыс. тонн, при этом около половины всего объема поставок было произведено из Беларуси.

Валютно-финансовый кризис в России и падение цен на нефть в 2014 году привели к снижению ВВП впервые с 2009 года, обусловленному снижением притока инвестиций, что привело к падению урожайности в сельском хозяйстве, поскольку субсидии сократились, как и кредиты. В этих условиях на конец года цены в России выросли в 1,8–2,1 раза. В результате российское правительство стало рассматривать это падение как ситуацию, которую необходимо исправлять. Поэтому неудивительно, что государственная политика России вновь вернулась к системной поддержке производителей сельскохозяйственной и животноводческой продукции. Так, до 2015 года главным инструментом развития сельских территорий являлась федеральная целевая программа «Социальное развитие села до 2013 года», утвержденная постановлением Правительства России от 3 декабря 2002 г. № 858 «О федеральной целевой программе „Социальное развитие села до 2013 г.“» [12]. С 2019 года реализация основных направлений развития российских регионов осуществлялась по утвержденной программе «Комплексное развитие сельских территорий» [13]. В результате правительство России определило сельское хозяйство как национальную приоритетную область, которая получила увеличенное финансирование. Последующие расходы на эту государственную программу составили в федеральном бюджете на 2019 год 303,6 млрд руб., в 2020 году – 294,8 млрд руб., в 2021 году – 312,3 млрд руб., в 2022 году – 285,1 млрд руб., в 2023 году – 540 млрд руб. [14]. Общие государственные расходы на сельское хозяйство за эти 2 года выросли с 5,3 % до 9,8 %. Помимо этого, некоторые правительственные меры были направлены на улучшение качества животноводческого поголовья в основном за счет импорта элитного племенного скота [15]. Общие государственные расходы на сельское хозяйство и его развитие в стране составили 5300 \$ на один кв. км территории страны. В качестве сравнения: в США на подобные задачи выделяется 23 000 \$, в ЕС – 58 000 \$.

В принятой руководством страны государственной программе развития сельского хозяйства и упорядочивания деятельности в стране рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на период 2013–2025 гг. (№ 717 от 14.07.2012 г.) предусматривалось предоставление финансовой помощи и ассигнований из государственного бюджета бюджетным фондам республик, краев и областей России. Так, например, в 2019 году было выде-

лено средств в размере 134,3 млрд руб., в 2020 году предоставлено 127,9 млрд руб., 2021 году – 116,8 млрд руб., в 2023 году – 540 млрд руб. На улучшение условий жилищного сектора всем гражданам, живущим в селах и деревнях, в рамках запланированных мер федерального правительства для республик, краев и областей России, направленных на планомерное развитие сельских регионов страны, из государственного бюджета планируется направить в 2023–2025 годах порядка 850 млн руб.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате принятого правительством России комплекса мер поддержки отечественного села эффективность федеральной политики в области развития сельского хозяйства страны в области растениеводства и животноводства определяется следующими основными показателями:

- постепенный ежегодный рост производства сельхозпродукции;

Таблица 1
Российское производство и экспорт пшеницы в 2018–2023 гг., тыс. тонн [10]

Показатели по годам	2018	2019	2020	2021	2023
Общий объем	43 336 289 ▲	31 814 989 ▼	37 077 918 ▲	32 661 528 ▼	51 700 000 ▲

Table 1
Russian production and export of wheat in 2018–2023, thousand tons [10]

Indicators by year	2018	2019	2020	2021	2023
Total volume	43 336 289 ▲	31 814 989 ▼	37 077 918 ▲	32 661 528 ▼	51 700 000 ▲

Таблица 2
Российский импорт мяса и продуктов из мяса, тыс. тонн [11]

Показатели по годам	2018	2019	2020	2023
Всего	750	715	584	586

Table 2
Russian imports of meat and meat products, thousand tons [11]

Indicators by year	2018	2019	2020	2023
Total	750	715	584	586

Таблица 3
Развитие растениеводства и животноводства в 2019–2022 гг. [14]

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие сельского хозяйства по источникам финансирования (млрд руб.)	469,7	465,6	520,9	565,7
Посевные площади сельскохозяйственных культур (в хозяйствах всех категорий; тыс. га)	79888	79948	80383	82290
Валовой сбор продуктов растениеводства (в хозяйствах всех категорий; млн тонн)	121,2	133,5	121,4	157,6
Урожайность сельскохозяйственных культур (в хозяйствах всех категорий; ц/га уборной площади)	26,7	28,6	26,7	33,6
Поголовье крупного рогатого скота по категориям хозяйств (на конец года; тыс. голов)	18126	18027	17650	17489
Поголовье птицы в хозяйствах всех категорий (на конец года; млн голов)	545	520	539	551

Table 3
Development of crop and livestock production in 2019–2022 [14]

Indicators	2019	2020	2021	2022
Investments in fixed capital aimed at the development of agriculture by sources of financing (billions rubles)	469.7	465.6	520.9	565.7
Cultivated areas of agricultural crops (in farms of all categories; thousands of hectares)	79888	79948	80383	82290
Gross harvest of plant products (in farms of all categories; million tons)	121.2	133.5	121.4	157.6
Crop yields (in farms of all categories; centners per hectare of harvested area)	26.7	28.6	26.7	33.6
Cattle population by farm category (at the end of the year; thousands of heads)	18126	18027	17650	17489
Poultry population in farms of all categories (at the end of the year; million heads)	545	520	539	551

- увеличение посевных площадей;
- повышение объемов государственных инвестиций в аграрный сектор страны.

В условиях увеличения объемов растениеводческой продукции наблюдаются снижение поголовья крупного рогатого скота и небольшой прирост птицы, что снижает результативность мер в области импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности населения (таблица 3).

Следует отметить, что анализ статистических показателей за 2019–2022 годы не показывает особой динамики роста вложенных федеральных инвестиций в сельское хозяйство, что требует государственного решения в области аграрного сектора экономики страны.

В целом производство растениеводческой продукции сельского хозяйства в России начиная с 2000 годов значительно возросло. В условиях политики импортозамещения увеличение товарной продукции из мяса позволит значительно сократить поставки мясных экспортных товаров из Беларуси, Парагвая и Бразилии, повысит продовольственную безопасность страны и даст дальнейший рост российскому экспорту.

Системный рост АПК страны и увеличение выпуска агропродукции являются важной задачей обеспечения безопасности страны, поэтому становится необходимым на федеральном уровне развитие программы, направленной на улучшение социально-экономической ситуации в сельской местности.

С этой целью требуется принятие комплексной программы мер, охватывающей следующие вопросы:

- обновление и усовершенствование сельскохозяйственных машин и оборудования;
- уменьшение различных издержек в сельскохозяйственном производстве;
- рост федерального заказа;
- развитие института страхования агрохозяйств;
- увеличение в стране субъектов агрохозяйствования;
- федеральная помощь Минсельхоза аграриям в организации итоговой цены на пищевую продукцию;
- государственная политика в области уменьшения ценовой вилки между товарами сельскохозяйственного значения и промышленной продукцией с целью повышения доходов селян;
- выравнивание системы доходов между городскими и сельскими жителями, повышение доходов сельских товаропроизводителей;
- производственно-экономическому росту и повышению рентабельности в области АПК страны будет способствовать оптимальная система госзаказа на организацию и осуществление научных исследований;
- в условиях глобализационных процессов, которые затронули мировую рыночную сеть по реали-

зации пищевых товаров, а также активизации осуществления импортозамещения сельскохозяйственной продукции в России, необходимо расширение исследований, связанных с прогнозированием развития мирового сельского хозяйства, например, в направлении фитосанитарной ситуации; в определении состояния дел в сфере ветеринарии; в сфере повышения объемов производимых ГМ-культур и того риска, который они представляют для потенциальных потребителей; рассмотрения изменения климата и его влияние на сельское хозяйство; увеличения исследований в сфере био- и информационных технологий;

- дальнейшая оптимизация российского законодательства с целью оказания нормативной помощи в области увеличения производительности среди агрохозяйств страны;

- увеличение объемов научных исследований, носящих практическое применение и обеспечение материальной основы для них, с целью развития АПК;

- увеличение объемов исследований в области сельского хозяйства (например, селекционно-семеноводческого характера) в крупных отечественных НИИ;

- формирование программы федеральной помощи (кредиты, инвестиции) субъектам хозяйствования (фермерам и владельцам ЛПХ) с целью увеличения малых и средних товаропроизводителей в стране;

- осуществление продуманной кадровой политики на селе с целью насыщения квалифицированными специалистами аграрного сектора экономики;

- сохранение земельных угодий и недопущение их выхода из севооборота страны;

- повышение обеспеченности селян в области создания дорожного сообщения;

- увеличение количества больничных помещений, образовательных, культурных центров, домов бытового обслуживания на селе;

- расширение системы теплоснабжения, электро- и водоснабжения села.

В предложенной статье применен комплексный междисциплинарный методологический инструментарий, который синтезирует актуальные экономические, технические, научные и социальные вопросы в системе управления сельским хозяйством страны. Проведен критический анализ существующих показателей эффективности работы в сельском хозяйстве за 2019–2023 годы. Предложен комплекс мер, направленных на оптимизацию работы аграрного сектора экономики.

На основе проведенного анализа были определены основные факторы в системе государственного управления, которые могут оказать положительный эффект в области сельского хозяйства России, сделав его более рентабельным и конкурентоспособным на мировом рынке, позволив повысить экспортные возможности страны.

Библиографический список

1. Russia's relative competitiveness in wheat export markets // In: Kingwell R., Carter K., Elliott P., White P., eds. Russia's wheat industry: implications for Australia. Sydney: Australian Grains Export Innovation Centre (AEGIC), 2017. Pp. 77–83.
2. Росстат: «Россия в цифрах». 2019 год [Электронный ресурс]. URL: <https://nangs.org/analytics/rosstat-rossiya-v-tsifrakh> (дата обращения: 09.08.2024).
3. Государственная программа «Комплексное развитие сельских территорий» на 2020–2025 годы. Постановление Правительства РФ от 31 мая 2019 г. № 696 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72260516/> (дата обращения: 09.08.2024).
4. Росстат повысил оценку урожая зерна в 2019 году [Электронный ресурс]. URL: <https://finance.rambler.ru/economics/43407801-gosstat-povyсил-otsenku-urozhaya-zerna-v-2019-godu/> (дата обращения: 10.08.2024).
5. Экспорт зерна из России. Итоги за 2019 год [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/news/eksport-zerna-iz-rossii-itogi-za-2019-god?ysclid=m975ctllv 51 5128064> (дата обращения: 12.08.2024).
6. Крупнейшие экспортеры зерна (пшеницы) в мире: топ 10 стран лидеров отрасли [Электронный ресурс]. URL: <https://lindeal.com/news/krupnejshie-ehksportery-zerna-pshenicy-v-mire-top-10-stran-liderov-otrasl> (дата обращения: 12.08.2024).
7. Доля России в мировом экспорте пшеницы в текущем зерновом сезоне составит 19,3 % [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rzd-partner.ru/logistics/interview/dolya-rossii-v-mirovom-eksporte-pshenitsy-v-tekushchem-zernovom-sezone-sostavit-19-3/> (дата обращения: 14.08.2024).
8. Экспорт и импорт зерна в России [Электронный ресурс]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Экспорт_и_импорт_зерна_в_России (дата обращения: 14.08.2024).
9. Импорт в Россию: «мясо и продукты из мяса» [Электронный ресурс]. URL: <https://ru-stat.su/date-Q202001-202101/RU/import/world/0102> (дата обращения: 14.08.2024).
10. Решения для агробизнеса [Электронный ресурс]. URL: <https://www.befl.ru/services/list.php?sID=5> (дата обращения: 15.08.2024).
11. Импорт мяса в Россию в 2021 году снизился на 17,2 % [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/13634831> (дата обращения: 13.08.2024).
12. О федеральной целевой программе «Социальное развитие села до 2013 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901834635> (дата обращения: 15.08.2024).
13. Постановление Правительства РФ от 31.05.2019 № 696 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72260516/> (дата обращения: 14.08.2024).
14. Обзор сельскохозяйственной отрасли за 2023 год [Электронный ресурс]. URL: <https://afkrukon.ru/analitika/post-1686/?ysclid=m98tv6pkc5260196644> (дата обращения: 09.08.2024).
15. Карлова Н., Мокшина П., Серова Е., Тихонова Т., Шик О. Раздел 3. Реальный сектор экономики. Подраздел 3.4: Основные тенденции в развитии агропродовольственного сектора. Российская экономика в 2005 году. Тенденции и перспективы. Москва: Институт экономики переходного периода, 2006. Вып. 27. С. 266–289.
16. Расходы бюджета на сельское хозяйство в РФ и странах ОЭСР [Электронный ресурс]. URL: https://inagres.hse.ru/data/2020/05/09/1546683557/Olga%20Shik_Russian%20budget%20and%20OECD%20indicators.pdf (дата обращения: 12.08.2024).
17. Чернышкова В. В. Анализ состояния сельскохозяйственной отрасли в России [Электронный ресурс]. URL: <https://novainfo.ru/article/14632?Ysclid=m976kodb35856473668> (дата обращения: 09.08.2024).
18. Минсельхоз РФ: доля фермеров в производстве сельхозпродукции выросла почти до 14 % [Электронный ресурс]. URL: https://dairynews.ru/news/minselkhoz-rf-dolya-fermerov-v-proizvodstve-selkho.html?sphrase_id=7075832 (дата обращения: 14.08.2024).
19. В РФ с 2019 по 2024 г. может быть создано более 18 тыс. предприятий малого агробизнеса [Электронный ресурс]. URL: <https://milknews.ru/index/malyj-agrobiznes-proekt.html> (дата обращения: 10.08.2024).
20. Число объектов и общая площадь сельскохозяйственных угодий в расчете на один объект переписи по категориям хозяйств по результатам переписей 2016 и 2021 гг. [Электронный ресурс]. URL: [https://77.gosstat.gov.ru/storage/mediabank/oper_itogi_SXMP_2021\(4\).pdf?ysclid=m9770a9fef126209556](https://77.gosstat.gov.ru/storage/mediabank/oper_itogi_SXMP_2021(4).pdf?ysclid=m9770a9fef126209556) (дата обращения: 09.08.2024).
21. О поставках семян кукурузы для посева в Россию в 2001–2021 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/corn/o-postavkakh-semyan-kukuruzu-dlya-poseva-v-rossiyu-v-2001-2021-gg.html?ysclid=m9772vgco1924036771> (дата обращения: 16.08.2024).
22. Рекорды земледелия России: обновление 2019–2021 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/145254/> (дата обращения: 16.08.2024).

23. Russia's agriculture in transition: factor markets and constraints on growth [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/304989028_Russia's_Agriculture_in_Transition_Factor_Markets_and_Constraints_on_Growth (дата обращения: 16.08.2024).

24. От коллективных хозяйств до холдингов [Электронный ресурс]. URL: <https://b1.ru/local/assets/surveys/b1-agro-business-tendencies-in-russia-review.pdf> (дата обращения: 16.08.2024).

25 Производство индейки в России в 2021 году и рейтинг крупнейших производителей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.moshol14.ru/press-centr/novosti-gynka/indeyka-2021/> (дата обращения: 16.08.2024).

26. Итоги 2021 года: по объему производства лидирует мясо птицы, свинина дешевле [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tsenovik.ru/articles/obzory-i-prognozy/itogi-2021-goda-po-obemu-proizvodstva-lidiruet-myaso-ptitsy-svinina-deshevet/> (дата обращения: 11.08.2024).

Об авторе:

Евгений Витальевич Килимник, член-корреспондент Российской академии естествознания, доктор искусствоведения, профессор кафедры философии, психологии и гуманитарных дисциплин, Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2949-465X, AuthorID 679025. E-mail: kilimnik_06@mail.ru

References

1. Russia's relative competitiveness in wheat export markets. In: Kingwell R., Carter K., Elliott P., White P., eds. *Russia's wheat industry: implications for Australia*. Sydney: Australian Grains Export Innovation Centre (AEGIC), 2017. Pp. 77–83.

2. Rosstat: "Russia in Figures". 2019 [Internet] [cited 2024 Sep 08]. Available from: <https://nangs.org/analytics/rosstat-rossiya-v-tsifrakh>. (In Russ.)

3. State Program "Integrated Development of Rural Areas" for 2020–2025. Resolution of the Government of the Russian Federation of May 31, 2019 No. 696 [Internet] [cited 2024 Sep 08]. Available from: <https://base.garant.ru/72260516/>. (In Russ.)

4. Rosstat increases grain harvest estimate for 2019 [Internet] [cited 2024 Aug 10]. Available from: <https://finance.rambler.ru/economics/43407801-rosstat-povysil-otsenku-urozhaya-zerna-v-2019-godu>. (In Russ.)

5. Grain export from Russia. Results for 2019 [Internet] [cited 2024 Aug 12]. Available from: <https://ab-centre.ru/news/eksport-zerna-iz-rossii-itogi-za-2019-god?ysclid=m975ctllv515128064>. (In Russ.)

6. The largest grain (wheat) exporters in the world: top 10 industry leaders [Internet] [cited 2024 Aug 12]. Available from: <https://lindeal.com/news/krupnejshie-ehksportery-zerna-pshenicy-v-mire-top-10-stran-liderov-trasl>. (In Russ.)

7. Russia's share in global wheat exports in the current grain season will be 19.3 % [Internet] [cited 2024 Aug 14]. Available from: <https://www.rzd-partner.ru/logistics/interview/dolya-rossii-v-mirovom-eksporte-pshenitsy-v-tekushchem-zernovom-sezone-sostavit-19-3>. (In Russ.)

8. Export and import of grain in Russia [Internet] [cited 2024 Aug 14]. Available from: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Экспорт_и_импорт_зерна_в_России. (In Russ.)

9. Import to Russia: "meat and meat products" [Internet] [cited 2024 Aug 14]. Available from: <https://ru-stat.su/date-Q202001-202101/RU/import/world/0102>. (In Russ.)

10. Solutions for agribusiness [Internet] [cited 2024 Aug 15]. Available from: <https://www.befl.ru/services/list.php?sID=5>. (In Russ.)

11. Meat import to Russia in 2021 decreased by 17.2 % [Internet]. [cited 2024 Aug 13]. Available from: <https://tass.ru/ekonomika/13634831>. (In Russ.)

12. About the federal target program "Social development of the village until 2013" [Internet] [cited 2024 Aug 15]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/901834635>. (In Russ.)

13. Resolution of the Government of the Russian Federation of 31.05.2019 No. 696 [Internet] [cited 2024 Aug 14]. Available from: <https://base.garant.ru/72260516/>. (In Russ.)

14. Agricultural sector review for 2023 [Internet] [cited 2024 Aug 09]. Available from: <https://afkrukon.ru/analitika/post-1686/?ysclid=m98tv6pkc5260196644>. (In Russ.)

15. Karlova N., Mokshina P., Serova E., Tikhonova T., Shik O. Section 3. *Real sector of the economy. Subsection 3.4: Main trends in the development of the agri-food sector. Russian economy in 2005. Trends and prospects*. Moscow: Institute for the Economy in Transition, 2006. Iss. 27. Pp. 266–289. (In Russ.)

16. Budget expenditures on agriculture in the Russian Federation and OECD countries [Internet] [cited [cited 2024 Aug 12]. Available from: https://inagres.hse.ru/data/2020/05/09/1546683557/Olga%20Shik_Russian%20budget%20and%20OECD%20indicators.pdf. (In Russ.)

17. Chernyshkova V. V. Analysis of the state of the agricultural sector in Russia [Internet] [cited 2024 Aug 09]. Available from: <https://novainfo.ru/article/14632?ysclid=m9776kodb35856473668>. (In Russ.)
18. Russian Ministry of Agriculture: the share of farmers in agricultural production has grown to almost 14 % [Internet] [cited 2024 Aug 14]. Available from: https://dairynews.ru/news/minselkhoz-rf-dolya-fermerov-v-proizvodstve-selkho.html?sphrase_id=7075832. (In Russ.)
19. More than 18 thousand small agribusiness enterprises may be created in the Russian Federation from 2019 to 2024 [Internet] [cited 2024 Aug 10]. Available from: <https://milknews.ru/index/malyj-agrobiznes-proekt.html>. (In Russ.)
20. The number of objects and the total area of agricultural land per one census object by farm categories based on the results of the 2016 and 2021 censuses [Internet] [cited 2024 Aug 09]. Available from: [https://77.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oper_itogi_SXMP_2021\(4\).pdf?ysclid=m9770a9fep126209556](https://77.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oper_itogi_SXMP_2021(4).pdf?ysclid=m9770a9fep126209556). (In Russ.)
21. On the supply of corn seeds for sowing in Russia in 2001–2021 [Internet] [cited 2024 Aug 16]. Available from: <https://agrovesti.net/lib/industries/corn/o-postavkakh-semyan-kukuruzy-dlya-poseva-v-rossiyu-v-2001-2021-gg.html?ysclid=m9772vgco1924036771>. (In Russ.)
22. Records of Russian agriculture: update 2019–2021 [Internet] [cited 2024 Aug 16]; <https://sdelanou.nas.ru/blogs/145254>. (In Russ.)
23. Russia's agriculture in transition: factor markets and constraints on growth [Internet] [cited 2024 Aug 16]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/304989028_Russia's_Agriculture_in_Transition_Factor_Markets_and_Constraintson_Growth. (In Russ.)
24. From collective farms to holdings [Internet] [cited 2024 Aug 16]. Available from: <https://b1.ru/local/assets/surveys/b1-agro-business-tendencies-in-russia-review.pdf>. (In Russ.)
25. Turkey production in Russia in 2021 and rating of the largest producers [Internet] [cited 2024 Aug 16]; 2. Available from: <https://www.moshol14.ru/press-centr/novosti-rynka/indeyka-2021>. (In Russ.)
26. 2021 results: poultry meat leads in production volume, pork becomes cheaper [Internet] [cited 2024 Aug 11]. Available from: <https://www.tsenovik.ru/articles/obzory-i-prognozy/itogi-2021-goda-po-obemu-proizvodstva-lidiruet-myaso-ptitsy-svinina-desheveet>. (In Russ.)

Author's information:

Evgeniy V. Kilimnik, corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences, doctor of art history, professor of the department of philosophy, psychology and humanities, Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2949-465X, AuthorID 679025.
E-mail: kilimnik_06@mail.ru

Кредитный риск сельскохозяйственной организации: анализ и способы управления

О. В. Новичкова[✉], А. В. Носов, О. А. Тагирова

Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

[✉]E-mail: novichkova.o.v@pgau.ru

Аннотация. В условиях ограниченности свободных финансовых ресурсов хозяйствующих субъектов при осуществлении текущей деятельности возникает необходимость формирования грамотной кредитной политики при взаимодействии с контрагентами. Особенно актуально контролировать уровень кредитного риска организациям аграрной отрасли в силу ряда объективных причин, связанных со спецификой деятельности данной отрасли народного хозяйства. Особое значение имеет кассовый разрыв, т. к. получение основного дохода по произведенной продукции может быть отложено на неопределенный срок в связи с особенностями сложившейся ценовой политики. **Цель** настоящего исследования – разработка способов снижения кредитного риска в сельхозорганизации на основе оценки особенностей его формирования. **Методы.** В исследовании применены теоретические и эмпирические методы, включающие анализ, обобщение, изучение результатов деятельности. Результаты исследования были проанализированы и проинтерпретированы с учетом предыдущего анализа литературы и методологии. Были сделаны выводы о влиянии различных факторов на рассматриваемую проблему. На основе анализа данных и интерпретации результатов были сформулированы общие выводы, а также предложены рекомендации для практического применения исследования. **Результаты.** Изучены особенности возникновения дебиторской задолженности в организациях аграрной отрасли. На примере сельскохозяйственной организации региона изучены особенности формирования дебиторской задолженности, проведен анализ в разрезе основных контрагентов, с учетом основных показателей хозяйственной деятельности определены рейтинги дебиторов организации. На основе проведенного анализа предложены основные способы инкассации дебиторской задолженности с целью снижения уровня кредитного риска. **Научная новизна.** В статье представлен комплексный алгоритм формирования кредитной политики организации с учетом особенностей хозяйствования контрагентов.

Ключевые слова: кредитная политика, кредитный риск, дебиторская задолженность, аграрная отрасль, кредитный рейтинг дебиторов, расчеты с покупателями и заказчиками, кредитный лимит, инкассация дебиторской задолженности

Для цитирования: Новичкова О. В., Носов А. В., Тагирова О. А. Кредитный риск сельскохозяйственной организации: анализ и способы управления // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 4. С. 665–676. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-665-676>.

Дата поступления статьи: 27.09.2024, **дата рецензирования:** 27.12.2024, **дата принятия:** 21.01.2025.

Agricultural organization credit risk: analysis and management methods

O. V. Novichkova[✉], A. V. Nosov, O. A. Tagirova

Penza State Agrarian University, Penza, Russia

[✉]E-mail: novichkova.o.v@pgau.ru

Abstract. In the conditions of limited free financial resources of economic entities in the implementation of current activities, there is a need to form a competent credit policy when interacting with counterparties. It is especially important to control the level of credit risk for organizations in the agricultural sector due to a number of objective reasons related to the specifics of the activities of this sector of the national economy. Of particular importance is

the cash gap, since the receipt of the main income from manufactured products can be postponed indefinitely due to the peculiarities of the current pricing policy. **The purpose** of the study is a developing ways to reduce credit risk in an agricultural organization based on an assessment of the features of its formation. **Methods.** The study uses theoretical and empirical methods, including analysis, generalization, and study of the results of activities. The results of the study were analyzed and interpreted taking into account the previous analysis of the literature and methodology. Conclusions were made about the influence of various factors on the problem under consideration. Based on the analysis of the data and interpretation of the results, general conclusions were formulated, and recommendations for the practical application of the study were proposed. **Results.** The features of the emergence of accounts receivable in organizations in the agricultural sector were studied. Using the example of an agricultural organization in the region, the features of the formation of accounts receivable were studied, an analysis was carried out in the context of the main counterparties, and the ratings of the organization's debtors were determined taking into account the main indicators of economic activity. Based on the analysis, the main methods of collecting accounts receivable were proposed in order to reduce the level of credit risk. **Scientific novelty.** The article presents a comprehensive algorithm for forming the credit policy of an organization taking into account the specifics of the business of counterparties.

Keywords: credit policy, credit risk, accounts receivable, agricultural sector, credit rating of debtors, settlements with buyers and customers, credit limit, collection of accounts receivable.

For citation: Novichkova O. V., Nosov A. V., Tagirova O. A. Agricultural organization credit risk: analysis and management methods. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (04): 665–676. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-04-665-676>. (In Russ.)

Date of paper submission: 27.09.2024, **date of review:** 27.12.2024, **date of acceptance:** 21.01.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Значимость вопросов управления уровнем дебиторской задолженности хозяйствующего субъекта и контроля над этим уровнем обусловлена необходимостью постоянного осуществления ряда обязательных платежей, не зависящих от финансового результата его деятельности. Соответственно, отсутствие своевременно поступивших от покупателей платежей может поставить под угрозу нормальное функционирование предприятия-поставщика. Особенно актуально этот вопрос встает в организациях сельскохозяйственной отрасли, где велик кассовый разрыв в силу объективных причин. Рассмотрим динамику состояния платежей и расчетов в сельхозорганизациях Пензенской области за период 2021–2023 гг. (таблица 1) [1].

Данные таблицы 1 свидетельствуют о достаточной неплохой платежной дисциплине, однако дебиторская задолженность существенно превышает кредиторскую к концу анализируемого периода, следовательно, происходит отвлечение денежных средств из хозяйственного оборота, что может привести к нарушению финансовой устойчивости организаций в силу возникновения необходимости привлечения внешних финансовых ресурсов в больших объемах [2; 3].

Методология и методы исследования (Methods)

При проведении исследования были использованы статистические данные сборников о состоянии платежной дисциплины сельскохозяйственных организаций Пензенской области в период 2021–2023 гг. На основе данных государственного

информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности для выбранной в качестве объекта исследования организации были рассмотрены основные параметры кредитной политики в части работы с основными контрагентами за период 2021–2023 гг. Основой исследования послужили данные о динамике изменения дебиторской задолженности организации.

Применена комплексная методика анализа риска дебиторской задолженности исследуемой организации. Анализ проводился поэтапно. На первом этапе была проведена оценка состава, структуры дебиторской задолженности за период 2021–2023 гг., уровень дебиторской задолженности сопоставлялся с уровнем кредиторской задолженности с целью определения эффективности использования имеющихся в организации средств, произведена оценка уровня кредитного риска на основе ранжирования имеющейся дебиторской задолженности по срокам погашения, рассчитаны основные показатели эффективности кредитной политики.

На втором этапе были отобраны основные дебиторы исследуемой организации. Группа основных контрагентов состоит из восьми организаций. По каждой из них проведена интегральная оценка в разрезе финансового состояния, хозяйственной деятельности, условий предыдущей работы с данными контрагентами. На третьем этапе на основании данных, полученных на предыдущих этапах, контрагентам присвоены рейтинги, которые отражают уровень рисков предприятия при реализации им товаров в кредит.

Таблица 1
Динамика дебиторской и кредиторской задолженности в сельскохозяйственных организациях Пензенской области, млн руб.

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Отклонение (+, -)
Кредиторская задолженность, всего	17 946	17 410,4	13 660	-4 286
в т. ч. просроченная	161,5	135,8	97	-64,5
Дебиторская задолженность, всего	29 742,1	31 984	40 383,9	10 641,8
в т. ч. просроченная	356,9	319,8	30,2	-326,7
Коэффициент соотношения дебиторской и кредиторской задолженности	1,7	1,8	3,0	1,3
Финансовый результат, всего	291,5	578,7	1 560,9	1 269,4

Table 1
Dynamics of accounts receivable and accounts payable in agricultural organizations of the Penza region, million rubles

Indicator	2021	2022	2023	Deviation (+, -)
Accounts payable, total	17 946	17 410.4	13 660	-4 286
including overdue	161.5	135.8	97	-64.5
Accounts receivable, total	29 742.1	31 984	40 383.9	10 641.8
including overdue	356.9	319.8	30.2	-326.7
Accounts receivable to accounts payable ratio	1.7	1.8	3.0	1.3
Financial result, total	291.5	578.7	1 560.9	1 269.4

Таблица 2
Состав дебиторской задолженности организации за 2021–2023 гг., тыс. руб.

Показатель	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Отклонение (+, -) 2023 г. от 2021 г.
	Сумма	% к итогу	Сумма	% к итогу	Сумма	% к итогу	
Дебиторская задолженность, всего	185 484	100	313 142	100	274 349	100	88 865
в т. ч. краткосрочная дебиторская задолженность	185 484	100	313 142	100	274 349	100	88 865
в т. ч. расчеты с покупателями и заказчиками	5 111	2,8	67 075	21,4	123 694	45,1	118 583
Прочая дебиторская задолженность	180 373	97,2	246 067	78,6	150 655	54,9	29 718

Table 2
Composition of the organization's accounts receivable for 2021-2023, thousand rubles

Indicator	2021		2022		2023		Deviation (+, -) 2023 from 2021
	Amount	% to total	Amount	% to total	Amount	% to total	
Accounts receivable, total	185 484	100	313 142	100	274 349	100	88 865
including short-term accounts receivable	185 484	100	313 142	100	274 349	100	88 865
including settlements with buyers and customers	5 111	2,8	67 075	21,4	123 694	45,1	118 583
Other accounts receivable	180 373	97,2	246 067	78,6	150 655	54,9	29 718

В рамках оптимизации кредитной политики по каждому дебитору с учетом полученных рейтингов определены кредитные лимиты с целью контроля над денежными поступлениями и недопущением серьезных кассовых разрывов, предложены варианты инкассации дебиторской задолженности. Определены возможные результаты от использования предложенных мер.

Результаты (Results)

Проведем анализ особенностей кредитной политики в одном сельскохозяйственном предприятии Пензенской области, специализирующемся на

выращивании зерновых культур (АО «Башмаковский хлеб»), результатом которого является выстраивание интегральной рейтинговой системы оценивания дебиторов [4; 5].

Рассмотрим состав и структуру дебиторской задолженности организации по источникам возникновения за 2021–2023 гг. (таблица 2).

Данные таблицы 2 свидетельствуют о большом удельном весе в общей сумме дебиторской задолженности АО «Башмаковский хлеб» прочей дебиторской задолженности (76,9 % в среднем за три года). В состав данной группы входят переплата

налогов в бюджет, расчеты по «входному» НДС, задолженность страховых взносов, если суммы пособий по больничному листу и в связи с материнством превышают начисленные страховые взносы, задолженность по выданным займам, задолженность по расчетам с лицами, которые должны компенсировать ущерб, прочая задолженность предприятию.

Однако к концу анализируемого периода наблюдается рост задолженности расчетов с покупателями и заказчиками (рост составил 42,3 %). Доля прочей дебиторской задолженности снизилась с 97,2 % в 2021 году до 54,9 % в 2023 году.

Оценим качество кредитного портфеля АО «Башмаковский хлеб» в 2023 году, т. е. уровень риска по всему кредитному портфелю организации [6; 7]. Данные расчета представлены в таблице 3.

Таким образом, на основании проведенной оценки риска можно сделать вывод, что общая сумма безнадежных долгов организации составляет более 72 млн руб. Общий уровень риска кредитного портфеля компании составляет 6,8 %. Для данной организации это довольно высокий показатель. Данный риск можно сдерживать, проводя эффективную кредитную политику [8; 9].

Далее необходимо рассчитать соотношение дебиторской и кредиторской задолженности в АО «Башмаковский хлеб» за 2021–2023 годы. Сравнение состояния дебиторской и кредиторской задолженности (таблица 4) позволяет сделать следующий вывод: на протяжении анализируемого периода сумма дебиторской задолженности преобладает над кредиторской.

Таблица 3
Уровень риска кредитного портфеля АО «Башмаковский хлеб» в 2023 году

Дебиторская задолженность по срокам погашения, дней	Сумма, тыс. руб.	Удельный вес в общей сумме, %	Вероятность невозврата долга, %	Возможная сумма безнадежных долгов, тыс. руб.	Уровень кредитного риска, %
0–30	27 105,7	9,88	0	0	–
30–60	94 869,9	34,58	15	14 230,5	–
60–90	117 256,8	42,74	30	35 177,0	–
Свыше 90	35 116,7	12,8	65	22 825,8	–
Итого	27 4349	100	–	72 233,3	6,8

Table 3
Risk level of the organization's credit portfolio in 2023

Accounts receivable by maturity, days	Amount, thousand rubles	Share in the total amount, %	Probability of non-repayment of debt, %	Possible amount of bad debts, thousand rubles	Credit risk level, %
0–30	27 105.7	9.88	0	0	–
30–60	94 869.9	34.58	15	14 230.5	–
60–90	117 256.8	42.74	30	35 177.0	–
Over 90	35 116.7	12.8	65	22 825.8	–
Total	27 4349	100	–	72 233.3	6.8

Таблица 4
Динамика соотношения дебиторской и кредиторской задолженности в организации, тыс. руб.

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Темп роста, %	Абсолютное отклонение (+, –)
Дебиторская задолженность, всего	185 486	313 142	274 349,0	147,9	88 863,0
Кредиторская задолженность, всего	8 517	23 104	33 774,0	396,5	25 257,0
Отношение дебиторской задолженности к кредиторской	0,24	13,55	8,12	–	7,88

Table 4
Dynamics of the ratio of accounts receivable and accounts payable in the organization, thousand rubles

Indicator	2021	2022	2023	Growth rate, %	Absolute deviation (+, –)
Accounts receivable, total	185 486	313 142	274 349,0	147,9	88 863,0
Accounts payable, total	8 517	23 104	33 774,0	396,5	25 257,0
Ratio of accounts receivable to accounts payable	0,24	13,55	8,12	–	7,88

Динамика эффективности использования дебиторской задолженности в АО «Башмаковский хлеб» за 2021–2023 гг.

Показатель	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Изменение (+, –)
Оборачиваемость дебиторской задолженности, оборотов	5,4	3,0	5,3	–0,1
Период погашения дебиторской задолженности, дней	67,7	122,8	68,4	1
Отношение дебиторской задолженности к объёму выручки, %	18,6	33,7	18,7	0,2
Доля дебиторской задолженности в общем объеме оборотных активов, %	20,6	27,7	25,1	4
Доля просроченной дебиторской задолженности в общем объеме дебиторской задолженности, %	11,6	12,80	13,60	2
Коэффициент отвлечения оборотных активов в текущую дебиторскую задолженность	0,21	0,28	0,25	0,04
Коэффициент возможной инкассации текущей дебиторской задолженности	0,73	0,85	0,66	–0,07
Средний период инкассации текущей дебиторской задолженности, дней	46,0	78,5	55,6	10
Эффект, полученный от инвестирования средств в дебиторскую задолженность	43 067,1	51 988,82	46 523,4	3 456

Table 5
Dynamics of the efficiency of using accounts receivable in “Bashmakovskiy Khleb” JSC for 2021–2023

Indicator	2021	2022	2023	Change (+, –)
Accounts receivable turnover, turns	5.4	3.0	5.3	–0.1
Accounts receivable collection period, days	67.7	122.8	68.4	1
Accounts receivable to revenue ratio, %	18.6	33.7	18.7	0.2
Share of accounts receivable in total current assets, %	20.6	27.7	25.1	4
Share of overdue accounts receivable in total accounts receivable, %	11.6	12.80	13.60	2
Ratio of current assets diversion to current accounts receivable	0.21	0.28	0.25	0.04
Ratio of possible collection of current accounts receivable	0.73	0.85	0.66	–0.07
Average collection period of current accounts receivable, days	46.0	78.5	55.6	10
Effect obtained from investing funds in accounts receivable	43 067.1	51 988.82	46 523.4	3 456

Полученные значения коэффициента в течении анализируемого периода не соответствуют рекомендуемому, это может говорить о неоптимальном выборе контрагентов (контрагенты в большинстве своем неспособны либо отказываются выполнять обязательства по оплате в срок) [10; 11].

Результаты расчетов эффективности использования дебиторской задолженности в АО «Башмаковский хлеб» представлены в таблице 5.

Уровень оборачиваемости дебиторской задолженности в течение трех лет меняется незначительно. Срок погашения дебиторской задолженности в 2023 году по сравнению с 2022 годом существенно снизился. Причина снижения – рост выручки на фоне снижения размера дебиторской задолженности. Также наблюдается снижение доли дебиторской задолженности в общем объеме выручки от продажи товаров (с 33,7 % в 2022 году до 18,7 % в 2023 году) и в общем объеме оборотных активов (с 27,7 % до 25,1 %).

Коэффициент отвлечения оборотных активов в дебиторскую задолженность увеличился на 0,04 пункта и в 2023 году составил 0,25, что свидетельствует об изменении структуры оборотных активов, поскольку происходит отток средств в дебиторскую задолженность.

Период инкассации вырос на 10 дней и в 2023 году составил 55,6 дня. При этом снижается эффект, полученный от инвестирования средств в дебиторскую задолженность, с 51 988,82 тыс. руб. в 2022 году до 46 523,4 тыс. руб. в 2023 году.

Однако результаты кредитной политики отрицательно сказываются на показателях хозяйственной деятельности предприятия. Высокий уровень дебиторской задолженности говорит о плохо развитой политике работы с дебиторами. К тому же необходимо постоянно проводить анализ эффективности привлечения заемных ресурсов с целью снижения риска потери платежеспособности [12].

Таблица 6

Состав основных дебиторов АО «Башмаковский хлеб» в 2023 году

Дебитор	Величина кредиторской задолженности на конец года, тыс. руб.	Доля в общей структуре дебиторской задолженности АО «Башмаковский хлеб», %
ООО «Агромакс»	21 022	7,66
АО «Башмаковский элеватор»	11 964	4,36
ООО «Пензахлеб»	21 011	7,66
ООО «А-Форум»	733	0,27
АО «Нижнеломовский хлебокомбинат»	10 136	3,69
АО «Петровский хлеб»	9 998	3,64
АО «Пензенский хлебозавод № 2»	11 122,4	4,05
ООО «Александровский спиртзавод № 14»	37 707,6	13,74

ЭКОНОМИКА

Table 6

Composition of the main debtors of "Bashmakovskiy Khleb" JSC in 2023

Debtor	Customer value of payables debts at the end of the year, thousand rubles	Share in total structure receivables "Bashmakovskiy Khleb" JSC, %
"Agromaks" LLC	21 022	7.66
"Bashmakovskiy elevator" JSC	11 964	4.36
"Penzakhleb" LLC	21 011	7.66
"A-Forum" LLC	733	0.27
"Nizhnelomovskiy khlebokombinat" JSC	10 136	3.69
"Petrovskiy khleb" JSC	9 998	3.64
"Penzenskiy khlebozavod № 2" JSC	11 122.4	4.05
"Aleksandrovskiy spirtzavod № 14" LLC	37 707.6	13.74

Таблица 7

Оценка основных параметров финансового состояния дебиторов АО «Башмаковский хлеб» за 2023 год

Дебиторы	Коэффициент автономии	Коэффициент быстрой ликвидности	Коэффициент текущей ликвидности	Коэффициент рентабельности продаж	Баллы
ООО «Агромакс»	0,44	0,01	1,01	0,12	5
АО «Башмаковский элеватор»	0,63	1,23	1,60	0,20	25
ООО «Пензахлеб»	-0,03	0,01	0,01	-0,28	0
ООО «А-Форум»	0,73	-	-	0,07	5
АО «Нижнеломовский хлебокомбинат»	-0,97	0,0004	0,30	-0,43	0
АО «Петровский хлеб»	0,70	1,17	3,57	0,47	25
АО «Пензенский хлебозавод № 2»	0,15	0,18	0,75	-0,02	0
ООО «Александровский спиртзавод № 14»	0,79	0,19	1,89	0,20	10

Table 7

Assessment of the main parameters of the financial condition of debtors of "Bashmakovsky Khleb" JSC for 2023

Debtors	Autonomy ratio	Quick liquidity ratio	Current liquidity ratio	Sales return ratio	Points
"Agromaks" LLC	0.44	0.01	1.01	0.12	5
"Bashmakovskiy elevator" JSC	0.63	1.23	1.60	0.20	25
"Penzakhleb" LLC	-0.03	0.01	0.01	-0.28	0
"A-Forum" LLC	0.73	-	-	0.07	5
"Nizhnelomovskiy khlebokombinat" JSC	-0.97	0.0004	0.30	-0.43	0
"Petrovskiy khleb" JSC	0.70	1.17	3.57	0.47	25
"Penzenskiy khlebozavod № 2" JSC	0.15	0.18	0.75	-0.02	0
"Aleksandrovskiy spirtzavod № 14" LLC	0.79	0.19	1.89	0.20	10

Балльная оценка базовых условий хозяйственной деятельности основных дебиторов АО «Башмаковский хлеб»

Дебитор	Количество основных видов деятельности	Баллы	Период деятельности	Баллы
ООО «Агромакс»	Основной вид деятельности – 1	10	7 лет	10
АО «Башмаковский элеватор»	Основной вид деятельности – 1	10	25 лет	10
ООО «Пензахлеб»	Основной вид деятельности – 1	10	17 лет	10
ООО «А-Форум»	Основной вид деятельности – 1	10	12 лет	10
АО «Нижнеломовский хлебокомбинат»	Основной вид деятельности – 1	10	26 лет	10
АО «Петровский хлеб»	Основной вид деятельности – 1	10	11 лет	10
АО «Пензенский хлебозавод № 2»	Основной вид деятельности – 1	10	31 год	10
ООО «Александровский спиртзавод № 14»	Основной вид деятельности – 1	10	14 лет	10

Table 8

Score assessment of the basic conditions of economic activity of the main debtors of "Bashmakovskiy Khleb" JSC

Debtors	Number of main activities	Points	Period of activity	Points
"Agromaks" LLC	Main activity – 1	10	7 years	10
"Bashmakovskiy elevator" JSC	Main activity – 1	10	25 years	10
"Penzakhleb" LLC	Main activity – 1	10	17 years	10
"A-Forum" LLC	Main activity – 1	10	12 years	10
"Nizhnelomovskiy khlebokombinat" JSC	Main activity – 1	10	26 years	10
"Petrovskiy khleb" JSC	Main activity – 1	10	11 years	10
"Penzenskiy khlebozavod № 2" JSC	Main activity – 1	10	31 years	10
"Aleksandrovskiy spirtzavod № 14" LLC	Main activity – 1	10	14 years	10

Проведем оценку риска дебиторской задолженности по основным контрагентам АО «Башмаковский хлеб» на основе данных таблицы 6.

На момент оценки наибольший удельный вес в структуре дебиторской задолженности в разрезе организаций занимают ООО «Агромакс», ООО «Александровский спиртзавод № 14» и ООО «Пензахлеб», доля которых в совокупности составила более 29 % задолженности.

Результаты проведения интегральной оценки контрагентов [4; 13] представлены в таблице 7.

Большее количество баллов набрали лишь две организации: АО «Башмаковский элеватор» и АО «Петровский хлеб». Это свидетельствует о том, что у организаций не возникает проблем с выполнением обязательств по оплате счетов по отгруженной продукции. Однако вызывают опасения платежные способности ООО «Пензахлеб», АО «Нижнеломовский хлебокомбинат», АО «Пензенский хлебозавод № 2», набравших 0 баллов.

Базовые условия хозяйственной деятельности основных контрагентов представлены в таблице 8.

Все дебиторы набрали максимальное количество баллов, так как удовлетворяют основным критериям по количеству основных видов деятельности и периоду функционирования.

На основе балльной оценки результатов работы с контрагентами получены следующие данные (таблица 9).

По критерию объема продаж все организации надежны, т. к. для всех организаций объемы поставок от АО «Башмаковский хлеб» максимальны, по критерию сроков погашения задолженности максимально безопасно АО «Петровский хлеб» (10 баллов), далее на одном уровне (5 баллов) находятся АО «Башмаковский элеватор», ООО «А-Форум», АО «Пензенский хлебозавод № 2», ООО «Александровский спиртзавод № 14». Оставшиеся контрагенты, набравшие 0 баллов, дольше всех не производят оплату задолженности. Это свидетельствует об увеличении риска перехода в категорию «безнадежная задолженность» сумм, на которые предоставлен торговый кредит этим организациям. На момент оценки «рисковая» сумма составляет 33,9 млн руб.

Общие результаты балльной оценки представлены в таблице 10.

По результатам интегральной оценки максимальный рейтинг не получил ни один дебитор, в категорию «В» (с низким уровнем риска) отнесены АО «Башмаковский элеватор», АО «Петровский хлеб». На приемлемом уровне риска находятся кредитные отношения с ООО «А-Форум», ООО «Александровский спиртзавод № 14», высокий уровень несвоевременных платежей от ООО «Агромакс», ООО «Пензахлеб», АО «Пензенский хлебозавод № 2», очень высокий уровень риска невозврата дебиторской задолженности у АО «Нижнеломовский хлебокомбинат».

Таблица 9

Балльная оценка результатов работы с основными дебиторами АО «Башмаковский хлеб»

ЭКОНОМИКА

Дебитор	Объемы продаж, тыс. руб.	Баллы	Сроки погашения, дней	Баллы	Частота просрочек, ед.	Баллы	Частота заказов, ед.	Баллы
ООО «Агромакс»	21 022	10	Более 90	0	0	10	4	5
АО «Башмаковский элеватор»	11 964	10	40	5	1	5	10	10
ООО «Пензахлеб»	21 011	10	Более 90	0	2	5	5	5
ООО «А-Форум»	733	10	60	5	0	10	8	10
АО «Нижнеломовский хлебокомбинат»	10 136	10	Более 90	0	3	0	4	5
АО «Петровский хлеб»	9 998	10	30	10	0	10	5	5
АО «Пензенский хлебозавод № 2»	11 122,4	10	65	5	1	5	4	5
ООО «Александровский спиртзавод № 14»	37 707,6	10	35	5	0	10	9	10

Table 9

Scoring of results of work with main debtors of “Bashmakovsky Khleb” JSC

Debtors	Sales volumes, thousand rubles	Points	Terms of repayment, days	Points	Frequency of overdue payments, units	Points	Frequency of orders, units	Points
“Agromaks” LLC	21 022	10	More than 90	0	0	10	4	5
“Bashmakovskiy elevator” JSC	11 964	10	40	5	1	5	10	10
“Penzakhleb” LLC	21 011	10	More than 90	0	2	5	5	5
“A-Forum” LLC	733	10	60	5	0	10	8	10
“Nizhnelomovskiy khlebokombinat” JSC	10 136	10	More than 90	0	3	0	4	5
“Petrovskiy khleb” JSC	9 998	10	30	10	0	10	5	5
“Penzenskiy khlebozavod № 2” JSC	11 122,4	10	65	5	1	5	4	5
“Aleksandrovskiy spirtzavod № 14” LLC	37 707,6	10	35	5	0	10	9	10

Таблица 10

Итоговые результаты интегральной оценки контрагентов АО «Башмаковский хлеб»

Дебитор	Общее количество баллов	Рейтинг дебитора	Уровень риска	Размер предоплаты в соответствии с установленным рейтингом
ООО «Агромакс»	30	D	Высокий уровень риска	Более 50%
АО «Башмаковский элеватор»	60	B	Низкий уровень риска	Не более 20 %
ООО «Пензахлеб»	30	D	Высокий уровень риска	Более 50%
ООО «А-Форум»	45	C	Приемлемый уровень риска	Более 20 %
АО «Нижнеломовский хлебокомбинат»	25	E	Очень высокий уровень риска	100 %
АО «Петровский хлеб»	60	B	Низкий уровень риска	Не более 20 %
АО «Пензенский хлебозавод № 2»	30	D	Высокий уровень риска	Более 50%
ООО «Александровский спиртзавод № 14»	50	C	Приемлемый уровень риска	Более 20 %

Table 10

Final results of the integrated assessment of counterparties "Bashmakovskiy Khleb" JSC

Debtors	Total points	Debtor rating	Risk level	Advance payment amount in accordance with the established rating
"Agromaks" LLC	30	D	High risk level	Over 50 %
"Bashmakovskiy elevator" JSC	60	B	Low risk level	No more than 20 %
"Penzakhleb" LLC	30	D	High risk level	Over 50 %
"A-Forum" LLC	45	C	Acceptable risk level	Over 20 %
"Nizhnelomovskiy khlebokombinat" JSC	25	E	Very high risk level	100 %
"Petrovskiy khleb" JSC	60	B	Low risk level	No more than 20 %
"Penzenskiy khlebozavod № 2" JSC	30	D	High risk level	Over 50 %
"Aleksandrovskiy spirtzavod № 14" LLC	50	C	Acceptable risk level	Over 20 %

Economy

Таблица 11

Результаты расчета кредитного лимита по основным дебиторам АО «Башмаковский хлеб»

Дебитор	Среднемесячный объем продаж, тыс. руб.	Периодичность отгрузок	Планируемый темп прироста продаж	Индивидуальная отсрочка платежа в соответствии с установленным рейтингом	Отсрочка платежа	Доля продаж на условии отсрочки платежа	Кредитный лимит, тыс. руб.	Фактический объем продаж в кредит, тыс. руб.
ООО «Агромакс»	1 751,8	0,33	11	15	0,5	0,04	11 667,2	21 022
АО «Башмаковский элеватор»	997,0	1,00	15	40	1,3	0,15	22 931,0	11 964
ООО «Пензахлеб»	1 750,9	0,42	3	15	0,5	0,02	43 28,3	21 011
ООО «А-Форум»	61,1	1,00	10	30	1,0	0,08	537,5	733
АО «Нижнеломовский хлебокомбинат»	844,7	0,33	1	10	0,3	0,05	4 265,6	10 136
АО «Петровский хлеб»	833,2	1,00	20	40	1,3	0,15	19 996,0	9 998
АО «Пензенский хлебозавод № 2»	926,9	0,33	12	15	0,5	0,07	10 900,0	11 122,4
ООО «Александровский спиртзавод № 14»	3 142,3	1,00	15	30	1,0	0,15	54 204,7	37 707,6

Table 11

Results of calculating the credit limit for the main debtors of "Bashmakovskiy Khleb" JSC

Debtors	Average monthly sales volume, thousand rubles	Frequency of shipments	Planned sales growth rate	Individual payment deferment in accordance with the established rating	Payment deferment	Share of sales on the condition of payment deferment	Credit limit, thousand rubles	Actual sales volume on credit, thousand rubles
"Agromaks" LLC	1 751.8	0.33	11	15	0.5	0.04	11 667.2	21 022
"Bashmakovskiy elevator" JSC	997.0	1.00	15	40	1.3	0.15	22 931.0	11 964
"Penzakhleb" LLC	1 750.9	0.42	3	15	0.5	0.02	43 28.3	21 011
"A-Forum" LLC	61.1	1.00	10	30	1.0	0.08	537.5	733
"Nizhnelomovskiy khlebokombinat" JSC	844.7	0.33	1	10	0.3	0.05	4 265.6	10 136
"Petrovskiy khleb" JSC	833.2	1.00	20	40	1.3	0.15	19 996.0	9 998
"Penzenskiy khlebozavod № 2" JSC	926.9	0.33	12	15	0.5	0.07	10 900.0	11 122.4
"Aleksandrovskiy spirtzavod № 14" LLC	3 142.3	1.00	15	30	1.0	0.15	54 204.7	37 707.6

Таблица 12

Результаты предложенных мер по улучшению кредитной политики АО «Башмаковский хлеб»

Показатель	Фактически	План	Отклонение (+, -)
Дебиторская задолженность, тыс. руб.	274 349	197 997,1	-76 352
в том числе			
дебиторская задолженность покупателей и заказчиков, тыс. руб.	123 694	47 342,1	-76 352
Кредиторская задолженность, тыс. руб.	33 774	28 624	-5 150
Оборачиваемость дебиторской задолженности, обороты	5,3	7,4	2,1
Срок погашения дебиторской задолженности, дней	67,9	48,7	-19,2
Доля дебиторской задолженности в выручке, %	18,7	13,5	-5,2
Доля дебиторской задолженности в оборотных активах, %	27,7	25,3	-2,4

Table 12

Results of the proposed measures to improve the credit policy "Bashmakovsky Khleb" JSC

Indicator	Actual	Plan	Deviation (+, -)
Accounts receivable, thousand rubles	274 349	197 997,1	-76 352
including			
accounts receivable from customers and clients, thousand rubles	123 694	47 342,1	-76 352
Accounts payable, thousand rubles	33 774	28 624	-5 150
Accounts receivable turnover, turnovers	5,3	7,4	2,1
Accounts receivable maturity, days	67,9	48,7	-19,2
Share of accounts receivable min revenue, %	18,7	13,5	-5,2
Share of accounts receivable in current assets, %	27,7	25,3	-2,4

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Интегральная оценка риска дебиторской задолженности исследуемой организации свидетельствует о высоком кредитном риске, о чем говорят сложившийся уровень риска кредитного портфеля и невысокие кредитные рейтинги основных дебиторов. Соответственно, необходимо использовать меры по совершенствованию кредитной политики.

Рекомендовано применять следующие подходы к снижению сложившихся кредитных рисков:

1) обеспечение авансового платежа со стороны поставщика (поручительство кредитоспособных лиц, страхование, залог, банковская гарантия);

2) ограничение принимаемого компанией кредитного риска на контрагента кредитным лимитом.

С целью минимизации риска невозврата сумм по предоставленному товарному кредиту нами был определен кредитный лимит в разрезе каждого дебитора [14]. Результаты расчетов представлены в таблице 11.

Расчеты показали, что для пяти из восьми исследуемых контрагентов превышен кредитный лимит на общую сумму 32 325,9 тыс. рублей, что составляет более 26,1 % от общего объема дебиторской задолженности покупателей и заказчиков. Следовательно, с учетом результатов интегральной оценки контрагентов следует применять методы управления дебиторской задолженностью, которые способствуют минимизации риска потери денежных средств о предоставления товарного кредита контрагентам [7].

В сложившихся экономических условиях для сельскохозяйственных организаций в первую очередь просроченная дебиторская задолженность даже краткосрочного характера (свыше 90 дней) негативно отражается на хозяйственной деятельности. В связи с этим необходимо применять систему мер по организации процесса ее инкассации в АО «Башмаковский хлеб».

Возможные варианты инкассации дебиторской задолженности покупателей и заказчиков [15]:

1. В рамках текущего управления дебиторской задолженностью предлагается сокращение дебиторской задолженности с помощью взаимозачетов с одним из контрагентов.

2. Передача ценных бумаг в качестве погашения дебиторской задолженности.

3. Факторинг.

Возможные результаты использования методов управления дебиторской задолженностью представлены в таблице 12.

С учетом предложенных направлений инкассации дебиторской задолженности может быть увеличена скорость оборота дебиторской задолженности на 2,1 пункта, средства к высвобождению могут составить более 76,3 млн руб., что позволит направить их на обеспечение текущих обязательств исследуемой организации.

В целом мероприятия будут способствовать снижению кредитного риска и повышению ликвидности хозяйствующего субъекта.

Библиографический список

1. Социально-экономическое положение Пензенской области в январе-сентябре 2024 года: доклад (официальное издание). Пенза: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области, 2024. 63 с.
2. Федотова М. Ю., Тагирова О. А. Политика управления оборотным капиталом сельскохозяйственных организаций и ее совершенствование // Финансовый менеджмент. 2021. № 6. С. 15–23.
3. Новичкова О. В., Тагирова О. А., Носов А. В., Федотова М. Ю. Оценка эффективности функционирования системы управления финансовыми результатами аграрного предприятия // Финансовый менеджмент. 2021. № 3. С. 26–34.
4. Суркова Ю. С. Управление риском дебиторской задолженности [Электронный ресурс] // Актуальные исследования: электронный научный журнал. 2024. URL: <https://apni.ru/article/8727-upravlenie-riskom-debitorskoj-zadolzhennosti> (дата обращения: 16.09.2024).
5. Новичкова О. В. Инструменты управления кредитной политикой компании // Актуальные проблемы финансирования и налогообложения АПК в условиях глобализации экономики: сборник статей VII Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2020. С. 84–87.
6. Nosov A., Tagirova O., Fedotova M., Novichkova O. Forecasting as a way to reduce the risks of a cash flow deficit in agricultural organizations // Scientific Papers. Series: Management, Economic Engineering and Rural Development. 2021. Vol. 21, No. 2. Pp. 417–424.
7. Migunov R. A., Syutkina A. A., Zaruk N. F. Global Challenges and Barriers to Sustainable Economic Growth in the Agribusiness Sector // WSEAS Transactions on Business and Economics. 2023. Vol. 20. Pp. 923–930. DOI: 10.37394/23207.2023.20.85.
8. Велижанская С. С. Анализ и контроль дебиторской задолженности [Электронный ресурс] // Планово-экономический отдел: электронный научный журнал. 2019. № 5. URL: https://www.profiz.ru/peo/5_2019/analiz_zadolzhennosti/ (дата обращения: 18.09.2024).
9. Оборин М. С. Методические подходы к рейтинговой оценке сельского хозяйства регионов России // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 95–104. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-95-104.
10. Fedotova M., Tagirova O., Novichkova O., Tryamkina T. Identification of commercial organisation financial risks and mechanisms to neutralise them // Scientific Papers. Management, Economic Engineering and Rural Development. 2022. Vol. 22, No. 2. Pp. 311–316.
11. Самыгин Д. Ю., Холодова М. А., Келейникова С. В. Стратегические параметры воспроизводства в агропродовольственном секторе региона // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 10. С. 1371–1382. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-10-1371-1382.
12. Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Russian agriculture: growth and institutional challenges // Land Use Policy. 2019. Vol. 83. Pp. 475–487.
13. Советов И. Н., Лазарева О. С. Формирование стратегии роста компании // Финансовый менеджмент. 2024. № 5. С. 121–129.
14. Родионова И. А., Болохонов М. А., Васильева О. А., Торопова В. В. Оценка и направления повышения инвестиционной привлекательности сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 03. С. 430–439. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-430-439.
15. Bondina N., Bondin I., Pavlova I. Methodological justification and analytical support for cash flow forecasting // Management, economic engineering in agriculture and rural Development. 2021. No. 21 (2). Pp. 111–118.

Об авторах:

Ольга Вячеславовна Новичкова, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и информатизация бизнеса», Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия; ORCID 0000-0002-5373-5591, AuthorID 397275. E-mail: novichkova.o.v@pgau.ru

Алексей Викторович Носов, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и информатизация бизнеса», Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия; ORCID 0000-0002-1112-3116, AuthorID 662303. E-mail: nosov.a.v@pgau.ru

Ольга Алексеевна Тагирова, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и информатизация бизнеса», Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия; ORCID 0000-0002-1733-9559, AuthorID 447458. E-mail: tagirova2008@mail.ru

References

1. Socio-economic situation of the Penza region in January-September 2024: Report (official publication). Penza: Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Penza region, 2024. 63 p.

2. Fedotova M. Yu., Tagirova O. A. Working capital management policy of agricultural organizations and its improvement *Financial Management*. 2021; 6: 15–23. (In Russ.)
3. Novichkova O. V., Tagirova O. A., Nosov A. V., Fedotova M. Yu. Evaluation of the efficiency of the financial performance management system of an agricultural enterprise. *Financial Management*. 2021; 3: 26–34. (In Russ.)
4. Surkova Yu. S. Accounts receivable risk management *Current research: electronic scientific journal* [Internet]. 2024 [cited 2024 Sep 16]. Available from: <https://apni.ru/article/8727-upravlenie-riskom-debitorskoj-zadolzhennosti>. (In Russ.)
5. Novichkova O. V. Tools for managing the company's credit policy. *Actual problems of financing and taxation of the agro-industrial complex in the context of economic globalization: collection of articles of the VII All-Russian scientific and practical conference*. Penza, 2020. Pp. 84–87. (In Russ.)
6. Nosov A., Tagirova O., Fedotova M., Novichkova O. Forecasting as a way to reduce the risks of a cash flow deficit in agricultural organizations. *Scientific Papers. Series: Management, Economic Engineering and Rural Development*. 2021; 21 (2): 417–424.
7. Migunov R. A., Syutkina A. A., Zaruk N. F. Global Challenges and Barriers to Sustainable Economic Growth in the Agribusiness Sector. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 2023; 20: 923–930. DOI: 10.37394/23207.2023.20.85.
8. Velizhanskaya S. S. Analysis and control of accounts receivable. *Planning and economic department: electronic scientific journal* [Internet]. 2019 [cited 2024 Sep 18]; 5. Available from: https://www.profiz.ru/peo/5_2019/analiz_zadolzhennosti/. (In Russ.)
9. Oborin M. S. Methodical approaches to the rating assessment of agriculture in the regions of Russia *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 03 (218): 95–104. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-95-104. (In Russ.)
10. Fedotova M., Tagirova O., Novichkova O., Tryamkina T. Identification of commercial organisation financial risks and mechanisms to neutralise them *Scientific Papers. Management, Economic Engineering and Rural Development*. 2022; 22 (2): 311–316.
11. Samygin D. Yu., Kholodova M. A., Keleynikova S. V. Strategic parameters of reproduction in the agro-food sector of the region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (10): 1371–1382. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-10-1371-1382. (In Russ.)
12. Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Russian agriculture: Growth and institutional challenges. *Land Use Policy*. 2019; 83: 475–487.
13. Sovetov I. N., Lazareva O. S. Formation of a company growth strategy *Financial Management*. 2024; 5: 121–129. (In Russ.)
14. Rodionova I. A., Bolokhonov M. A., Vasilyeva O. A., Toropova V. V. Assessment and directions of increasing the investment attractiveness of agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (03): 430–439. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-430-439. (In Russ.)
15. Bondina N., Bondin I., Pavlova I. Methodological justification and analytical support for cash flow forecasting. *Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021; 21 (2): 111–118.

Authors' information:

Olga V. Novichkova, candidate of economic sciences, associate professor of the department of finance and informatization of business, Penza State Agrarian University, Penza, Russia; ORCID 0000-0002-5373-5591, AuthorID 397275. *E-mail: novichkova.o.v@pgau.ru*

Aleksey V. Nosov, candidate of economic sciences, associate professor of the department of finance and informatization of business, Penza State Agrarian University, Penza, Russia; ORCID 0000-0002-1112-3116, AuthorID 662303. *E-mail: nosov.a.v@pgau.ru*

Olga A. Tagirova, candidate of economic sciences, associate professor of the department of finance and informatization of business, Penza State Agrarian University, Penza, Russia; ORCID 0000-0002-1733-9559, AuthorID 447458. *E-mail: tagirova2008@mail.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: 30.04.2025 г. Усл. печ. л. 17,2. Авт. л. 14,5.

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

