



Уральский государственный  
аграрный университет

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

# АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN  
OF THE URALS**

**T. 24, № 04  
Vol. 24, No. 04**

**2024**

**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. Исмурагов**, 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. Кошасев**, академик РАН, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)

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

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

**М. С. Норов**, Таджикский аграрный университет имени Шириншох 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. Самоделькин**, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)

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

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

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

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

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

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

**Editorial board**

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

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

**Péter Sótonyi** (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)

**Umiddjon R. Matyakubov**, Urgench State University (Urgench, Uzbekistan)

**Vladimir S. Mymrin**, “Uralplementsentr” (Ekaterinburg, Russia)

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

**Vladimir S. Pashetskii**, 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. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

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

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

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

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

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

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

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

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

Содержание

Contents

*Агротехнологии*

*Agrotechnologies*

<i>Х. Т. Дзедаев, И. О. Газданова, З. И. Ревазова, Б. В. Бекмурзов</i> Биоконтроль обыкновенной парши при выращивании картофеля	451	<i>Kh. T. Dzedaev, I. O. Gazdanova, Z. I. Revazova, B. V. Bekmurzov</i> Biocontrol of common scab in potato cultivation
<i>С. М. Лукин, А. М. Тысленко, Е. В. Марчук, Е. И. Золкина, Ю. М. Климкина</i> Судогда – новый сорт озимой тритикале для кормопроизводства	460	<i>S. M. Lukin, A. M. Tyslenko, E. V. Marchuk, E. I. Zolkina, Yu. M. Klimkina</i> Sudogda is a new variety of winter triticale for fodder production
<i>Г. В. Тоболова, Ю. П. Логинов</i> Качество зерна яровой мягкой пшеницы в Северо-Казахстанской области Республики Казахстан	472	<i>G. V. Tobolova, Yu. P. Loginov</i> Grain quality of spring soft wheat in the North Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan
 <i>Биология и биотехнологии</i>		
<i>О. В. Зинина, Е. А. Вишнякова, О. П. Неверова</i> Влияние пищевого биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри	482	<i>O. V. Zinina, E. A. Vishnyakova, O. P. Neverova</i> The effect of food bioactive coating based on alginate on the safety of cherry tomatoes
<i>М. Я. Курилкина, Ш. Г. Рахматуллин, Г. К. Дускаев</i> Изучение эффективности влияния кверцетина на биохимические показатели тушки цыплят-бройлеров	493	<i>M. Ya. Kurilkina, Sh. G. Rakhmatullin, G. K. Duskaev</i> Studying the effectiveness of quercetin influence on the biochemical parameters of broiler chicken carcasses
<i>В. С. Матюков, Я. А. Жариков, Л. А. Канева</i> Микросателлитный профиль, гетерозиготность и фертильность овец	510	<i>V. S. Matyukov, Ya. A. Zharikov, L. A. Kaneva</i> Microsatellite profile, heterozygosity and fertility of sheep
 <i>Экономика</i>		
<i>С. П. Воробьев, В. В. Воробьева</i> Ресурсы молока и молочной продукции России в условиях экспортоориентированной модели развития АПК	522	<i>S. P. Vorobyev, V. V. Vorobyeva</i> The resources of milk and dairy products in Russia in the context of an export-oriented model of agricultural development
<i>Д. А. Зюкин</i> Факторы конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке и перспективы развития зернового хозяйства в контексте наращивания экспортного потенциала	531	<i>D. A. Zyukin</i> Factors of competitiveness of Russian grain on the world market and prospects for the development of grain farming in the context of increasing export potential
<i>Е. Н. Криулина, Л. Р. Оганян</i> Тенденции и перспективы развития многоукладной аграрной экономики региона	542	<i>E. N. Kriulina, L. R. Oganyan</i> Trends and Prospects for the development of the diversified agrarian economy of the region
<i>А. М. Терехов, А. О. Овчаров, Н. Е. Назарова</i> Факторный анализ волатильности производства сельскохозяйственной продукции в РФ как индикатора экономического кризиса	559	<i>A. M. Terekhov, A. O. Ovcharov, N. E. Nazarova</i> Factor analysis of the volatility of agricultural production in the Russian Federation as an indicator of the economic crisis
<i>Н. А. Яковенко, И. С. Иваненко</i> Возможности и ограничения развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях санкционного давления	567	<i>N. A. Yakovenko, I. S. Ivanenko</i> Russian meat and meat products market opportunities and limits under sanctions pressure



## Биоконтроль обыкновенной парши при выращивании картофеля

Х. Т. Дзедаев<sup>✉</sup>, И. О. Газданова, З. И. Ревазова, Б. В. Бекмурзов

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

<sup>✉</sup>E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

**Аннотация.** Проведена оценка фитосанитарного состояния и урожайности картофеля при обработке клубней биологическими фунгицидами в РСО-Алания. Сделаны предварительные выводы о снижении развития клубневой инфекции и повышении урожайности картофеля под действием испытанных биопрепаратов. Применение агентов биологической борьбы увеличивает биологическую активность фитопатогенных организмов за счет введения конкурента или ингибитора. Фитосанитарный биоконтроль имеет важные преимущества в производстве сельскохозяйственного производства, включая сокращение использования химических пестицидов в производстве продуктов питания, а также повышение устойчивости производственных площадей за счет увеличения микробной популяции, снижение производственных затрат и стимулирование роста растений. *Bacillus subtilis* является наиболее изученным микроорганизмом в сельском хозяйстве для борьбы с болезнями растений. Влияние протравливания клубней и опрыскивания растений биопрепаратами «БисолбиСан», «Фитодок» и «Бактофит» на зараженность клубней картофеля *Streptomyces scabies* было изучено в 2021–2023 гг. В качестве стандартного фунгицида использовался «Синклер СК».

**Научная новизна** заключается в том, что биологические препараты продемонстрировали отличные полевые показатели против парши обыкновенной в предгорной зоне РСО-Алания. Поэтому **целью** нашего исследования было оценить действие биологических агентов в борьбе с обыкновенной паршой. **В задачи** входило получение данных о влиянии протравливания клубней и опрыскивание растений биопрепаратами на зараженность картофельной парши в период вегетации. Исследования проводили по **методикам**, принятым в картофелеводстве по рекомендациям ВНИИКХ, ВИР и ВИЗР. **Результаты**, полученные в полевых опытах, показывают, что во все четыре года исследований указанные препараты значительно снижали зараженность клубней *Streptomyces scabies*. Биопрепарат «БисолбиСан», который применялся для протравливания клубней и опрыскивания растений четыре раза за период вегетаций, показал наилучший защитный эффект против *Streptomyces scabies*.

**Ключевые слова:** картофель, парша обыкновенная, биопрепараты, *Streptomyces scabies*, *Bacillus subtilis*, развитие, урожайность

**Для цитирования:** Дзедаев Х. Т., Газданова И. О., Ревазова З. И., Бекмурзов Б. В. Биоконтроль обыкновенной парши при выращивании картофеля // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 451–459. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-451-459>.

**Дата поступления статьи:** 15.01.24, **дата рецензирования:** 30.01.2024, **дата принятия:** 22.02.2024.

## Biocontrol of common scab in potato cultivation

Kh. T. Dzedaev<sup>✉</sup>, I. O. Gazdanova, Z. I. Revazova, B. V. Bekmurzov

Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

**Abstract.** An assessment was made of the phytosanitary condition and yield of potatoes when treating tubers with biological fungicides in the Republic of North Ossetia – Alania. Preliminary conclusions have been made about a reduction in the development of tuber infections and an increase in potato yields under the influence of

tested biological products. The use of biological control agents increases the biological activity of phytopathogenic organisms by introducing a competitor or inhibitor. This includes reducing the use of chemical pesticides in food production, as well as increasing the sustainability of production areas by increasing microbial populations, reducing production costs and stimulating plant growth. *Bacillus subtilis* is the most studied microorganism in agriculture for the control of plant diseases. The effect of treating tubers and spraying plants with biological preparations “BisolbiSan”, “Fitodok” and “Baktofit” on the infection of potato tubers with *Streptomyces scabies*. Was studied in 2021–2023. “Sinkler SK” was used as the standard fungicide. **Scientific novelty** is that biological preparations showed excellent field performance against common scab in the foothill zone of RNO-Alania. Therefore, the **objective** of our study was to evaluate the effect of biological agents in the control of common scab. **The tasks** included obtaining data on the effects of tuber dressing and spraying plants with biopreparations on potato scab infestation during the vegetation period. The tasks included obtaining data on the effects of tuber dressing and spraying plants with biopreparations on potato scab infestation during the vegetation period. Research were carried out according to the **methods** accepted in potato breeding according to the recommendations of VNIKH, VIR and VIZR. **The results** obtained in field experiments show that in all four years of research these preparations significantly reduced the infestation of tubers with *Streptomyces scabies* “BisolbiSan” biopreparation, which was used for tuber dressing and spraying of plants four times during the growing season, showed the best protective effect against *Streptomyces scabies*.

**Keywords:** potato, common scab, biopreparations, *Streptomyces scabies*, *Bacillus subtilis*, development, yields

**For citation:** Dzedaev Kh. T., Gazdanova I. O., Revazova Z. I., Bekmurzov B. V. Biocontrol of common scab in potato cultivation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 451–459. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-451-459>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 15.01.24, **date of review:** 30.01.2024, **date of acceptance:** 22.02.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является важной овощной культурой, которая играет ключевую роль в мире, особенно учитывая ее потенциал для обеспечения продовольствием населения мира и использования в качестве основного продукта питания во многих развивающихся странах. Ежегодно значительные потери урожая вызывают вирусные заболевания из-за отсутствия эффективных агрохимических обработок, поскольку с помощью инсектицидов можно бороться только с передачей насекомыми-переносчиками, а это является важным фактором, сдерживающим производство картофеля. На его рост, развитие и продуктивность существенное влияние оказывают климатические и почвенные составляющие, а также высокая поражаемость патогенами.

Парша обыкновенная (*Streptomyces scabies*) является одним из наиболее часто встречаемых заболеваний на коже клубней картофеля. Вредность рассматриваемого заболевания заключается в снижении рыночной стоимости съедобного картофеля, снижении качества сырья, поставляемого для перерабатывающей промышленности, и семенной ценности клубней. *Streptomyces scabies*, *Streptomyces acidiscabies*, *Streptomyces aureofaciens* и *Streptomyces caviscabies* относятся к основным видам, вызывающим симптомы парши на картофеле [2]. Устойчивость к парше обыкновенной является сортовой характеристикой, которая может быть нарушена значительным влиянием факторов окружающей

среды, особенно погодными условиями во время закладки клубней. В большинстве случаев парша обыкновенная не представляет проблемы на почвах с pH ниже 5,5. Рассматриваемый патоген встречается с особой интенсивностью на легких, сухих и теплых песках, с почвенным раствором нейтральной и щелочной реакции [1]. Более того, такие предшествующие культуры, как томат, сахарная свекла, капуста, рапс, горох, фасоль, мак и кукуруза, оказывают влияние на более сильное поражение клубней паршой обыкновенной [1; 16]. Парша обыкновенная может сохраняться в течение многих лет в почвах, в которые обильно вносили навоз или где находились скотные дворы. Орошение на стадии завязывания клубней может способствовать развитию бактерий-антагонистов. Обыкновенная парша картофеля может появляться на различных органах этого растения: на клубнях, столонах и корнях. Наиболее распространенной и неудобной формой обсуждаемого заболевания является парша, возникающая на коже клубней. На коже парша образует неровные коричневые струпья, отделенные от здоровой ткани слоем суберизированных клеток [14]. Источником инфекции является инокулом бактерий, колонизирующих почву, и бактерии, появляющиеся на пораженных клубнях. Поражения на восприимчивых сортах обычно глубокие и могут простираться на ¼ дюйма вглубь клубня [7]. Сорта характеризуются разной степенью восприимчивости к заболеванию, и выбор сорта, подходящего для конкретных почвенных условий, является мерой

борьбы с обыкновенной паршой картофеля [13]. Восприимчивые сорта нельзя сажать на участках с регулярным и частым поражением паршой обыкновенной. Использование восприимчивых сортов картофеля и зараженного семенного картофеля, непрерывная посадка на зараженные почвы, уплотнение почвы и изменения в микробиоте почвы, возникающие в результате неизбирательного применения пестицидов, способствуют заболеваемости паршой обыкновенной [4]. Поражения на устойчивых сортах обычно бывает поверхностным. Зарубежные исследователи [1; 3] предположили, что все сорта подвержены заражению, но иммунитет у всех разный. Многие авторы считают, что большое влияние на заражение клубней стрептомицетами оказывают почвенно-климатические условия, особенно осадки в период образования клубней [11]. Однако современные наукоемкие методы разработки биологических препаратов предлагают решение для защиты картофеля от обыкновенной паршой картофеля. Биологические препараты представляют собой формулы, содержащие живые микроорганизмы или их метаболиты, которые подавляют рост и развитие болезнетворных организмов, такие как *Streptomyces scabies*. Биологические препараты на основе микроорганизмов, принадлежащих к роду *Bacillus*, демонстрируют высокую эффективность в борьбе с обыкновенной паршой картофеля. Эти микроорганизмы производят специальные антибиотики и биологически активные вещества, которые ингибируют рост и развитие *Streptomyces scabies*, обеспечивая защиту картофеля от болезни [15]. Применение биологических препаратов для защиты культуры картофеля имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционными химическими пестицидами. Во-первых, биологические препараты безопасны для окружающей среды и не наносят вреда полезным насекомым, птицам, почвенным микроорганизмам и другим животным. Во-вторых, они не сохраняют остатков в продукции и не вызывают резистентности вредителей. В-третьих, использование биологических препаратов поддерживает естественное равновесное биоразнообразие в почве и повышает устойчивость картофеля к другим патогенам. Химическая борьба с использованием химического фунгицида «Синклер СК» оказалась недостаточно эффективна в борьбе с этим заболеванием. Таким образом, агенты биологической борьбы изучались и использовались в качестве альтернативных или дополнительных инструментов для других стратегий фитосанитарной борьбы. *Bacillus subtilis* являются наиболее часто используемыми агентами биологической борьбы с грибами и бактериями соответственно из-за их высокой приспособляемости и устойчивости в почве в различных условиях окружающей среды [6; 12]. Биологические препараты, полученные на основе этих видов, защищают рас-

тения картофеля не только от обыкновенной парши, но также от основных заболеваний, таких как альтернариоз и фитофтороз [8]. Более того, обладание несколькими механизмами биологического контроля позволяет им преодолевать фитопатогенные защиты [9; 10]. Недавно сообщалось, что коммерческий продукт на основе *Bacillus subtilis* снижает распространенность парши картофеля, следовательно, увеличивает производство товарных клубней [5] и предоставляет доказательства эффективности биологических агентов в борьбе с повреждениями, вызванными паршой. Инфицирование клубней можно частично снизить за счет сохранения сбалансированной микробиологической активности почвы с использованием оптимальных агротехнических приемов и сбалансированного питания без прямого известкования. Ответственное использование биологических методов может помочь снизить урожайные потери, связанные с обыкновенной паршой и в то же время сохранить окружающую среду и здоровье человека. Таким образом, эта работа предоставляет возможность того, что биологическая борьба с обыкновенной паршой картофеля является жизнеспособной альтернативой борьбы с болезнью. Цель работы – оценить действие биологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* в борьбе с обыкновенной паршой картофеля.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Полевой эксперимент проводился на опытном поле с. Михайловское в 2021–2023 гг. В годы проведения исследований содержание гумуса составляло 1,8–1,9 %, подвижного фосфора – 160–180 мг/кг, калия – 150–165 мг/кг, рН 5,8 (таблица 1).

В рамках данного исследования проведена агрохимическая характеристика почвы на опытном участке с целью более глубокого понимания ее состава и свойств.

Предшественником был картофель. Обработка почвы, культивация и внесение удобрений проводились в соответствии с рекомендациями надлежущей агротехники.

Объектом изучения в проведенных исследованиях является сорт местной селекции Горского государственного аграрного университета (г. Владикавказ) Горский 17. Исследования проводились в учебно-опытном поле Владикавказского научно-исследовательского центра Российской академии наук (ВНИЦ РАН) Пригородного района Республики Северная Осетия – Алания в 2021–2023 гг.

Объектом исследований являлись препараты биологического применения на основе бактерий: *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13 («БисолбиСан»), *Bacillus subtilis*, штамм ИПМ 215 («Бактофит») и *Bacillus subtilis* BS26 («Фитодок»). В качестве химического стандарта использовался фунгицид «Синклер СК» от компании «Август» (таблица 2).

На основе штамма *Bacillus subtilis* действие биопрепаратов в вегетативную фазу развития растений заключается в том, что суспензия микроорганизмов и продукты их метаболизма растут и попадают на поверхность развивающихся растений, помогая им управлять жизнедеятельностью и защитно-адаптивными реакциями.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности биопрепаратов на основе штамма *Bacillus subtilis* в повышении роста и продуктивности растений картофеля. Кроме того, подчеркивается важность учета различных факторов при применении биопрепаратов в сельскохозяйственной отрасли.

Все вышеуказанные концентрации источников биологических и химических фунгицидов позволяют обеспечить достаточную эффективность контроля грибковых инфекций при соблюдении рекомендаций по применению и безопасности. Однако перед использованием фунгицидов рекомендуется

проводить соответствующие исследования и консультироваться с экспертами, чтобы достичь оптимальных результатов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Рекомендуемые дозы минеральных удобрений были внесены в количестве  $N_{120}P_{120}K_{180}$  кг/га. Все фосфорные и калийные удобрения были внесены во время подготовки земли, половина азотных удобрений была внесена при посадке, а оставшаяся половина – во время первых всходов.

В эксперименте было 4 обработки без учета контроля. В каждой обработке было четыре ряда длиной 4 м. Расстояние между рядами составляло 75 см, расстояние между растениями – 25 см. Семенные клубни картофеля перед посевом подвергались следующим обработкам:

1. Контроль без обработки клубней картофеля (К).
2. Обработка клубней биопрепаратом «Бисолби-Сан».

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика почвы опытного участка**

Показатель	Содержание		
	2021	2022	2023
Пахотный слой, см	20	20	20
pH (KCl), ГОСТ 26483-85	5,8	5,8	5,8
Гумус, % (по Тюрину), ГОСТ 26213-19	2,3	2,4	2,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг, ГОСТ 26207-91	160	175	180
K <sub>2</sub> O, мг/кг, ГОСТ 26207-91	150	165	165

Table 1

**Agrochemical characterization of the soil of the experimental plot**

Index	Contents		
	2021	2022	2023
Tillage layer, cm	20	20	20
pH (KCl), GOST 26483-85	5.8	5.8	5.8
Humus, % (according to Tyurin), GOST 26213-19	2.3	2.4	2.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg, GOST 26207-91	160	175	180
K <sub>2</sub> O, mg/kg, GOST 26207-91	150	165	165

Таблица 2

**Источники биологических и химических фунгицидов и их проверенные концентрации**

Общее название препаратов	Активное вещество	Концентрация, мг/кг	Производители
БисолбиСан	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм Ч-13	100	Бисолби-Интер
Фитодок	<i>Bacillus subtilis</i> штамм BS26	100	БиоТехнологии
Бактофит	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ИПМ 215	200	Сиббиофарм
Синклер СК	Флудиоксонил	10	Август

Table 2

**Sources of biological and chemical fungicides and their tested concentrations**

Common name of preparations	Active ingredient	Concentrations, mg/kg	Producers
BisolbiSan	<i>Bacillus subtilis</i> , strain, CH-13	100	Bisolbi-Inter
Fitodok	<i>Bacillus subtilis</i> , strain BS26	100	BioTechnology
Baktofit	<i>Bacillus subtilis</i> , strain IPM 215	200	Sibbiopharm
Sinkler SK	Fludioxonil	10	August



Таблица 3  
Шкала оценки болезней при обыкновенной парше картофеля

Балл	Описание симптомов	Реакция на заболевание
1.0	Здоровые клубни	Устойчив (У)
2.0	Поражено 1–10 % поверхности клубня	Умеренно устойчив (УУ)
3.0	Поражено 11–25 % поверхности клубня	Умеренно восприимчив (УВ)
4.0	Поражено 25–50 % поверхности клубня	Восприимчив (В)
5.0	Поражено более 50 % поверхности клубня	Высокая восприимчивость (ВВ)

Table 3  
Disease rating scale for common potato scab

Rating	Description of symptoms	Disease reaction
1.0	Healthy tubers	Resistant (R)
2.0	1–10 % tuber surface was affected	Moderately Resistant (MR)
3.0	11–25 % tuber surface was affected	Moderately Susceptible (MS)
4.0	26–50 % tuber surface was affected	Susceptible (S)
5.0	Above 50 % tuber surface was affected	Highly Susceptible (HS)

Таблица 4  
Влияние обработок различными фунгицидами биологического и химического происхождения на урожайность клубней и распространенность парши обыкновенной (средние показатели за 2021–2023 гг.)

Варианты опыта	Количество зараженных клубней, шт.	Общий вес клубней, г	Средняя масса клубня, г	Заболеваемость паршой, %	Индекс парши, %
Контроль	9,9	853,8	79,80	8,25	15,70
БисолбиСан	9,3	784,3	81,70	7,75	14,60
Фитодок	8,2	701,2	82,50	6,83	13,30
Бактофит	8,5	718,2	80,70	7,08	13,50
Синклер СК	9,5	794,9	80,30	7,92	14,10

Table 4  
The influence of treatments with various fungicides of biological and chemical origin on the yield of tubers and the prevalence of common scab (average for 2021–2023)

Treatment options	Number of infected tubers, pcs.	Total weight of tubers, g	Average tuber weight, g	Scab incidence, %	Scab index, %
Control	9.9	853.8	79.80	8.25	15.70
BisolbiSan	9.3	784.3	81.70	7.75	14.60
Fitodok	8.2	701.2	82.50	6.83	13.30
Baktofit	8.5	718.2	80.70	7.08	13.50
Sinkler SK	9.5	794.9	80.30	7.92	14.10

3. Обработка клубней биопрепаратом «Фитодок».
4. Обработка клубней биопрепаратом «Бактофит».
5. Обработка клубней химическим фунгицидом «Синклер СК».

Были измерены такие параметры болезни, как индекс парши и заболеваемость паршой. Клубни картофеля оценивали на наличие парши индивидуально в соответствии со шкалой (таблица 3).

Использование данной шкалы оценки болезней при обыкновенной парше картофеля позволяет фермерам точно определить степень поражения растений и принять соответствующие меры по борьбе с болезнью. Регулярное наблюдение за состояни-

ем растений и своевременные профилактические меры помогут сохранить урожайность и качество картофельного урожая, способствуя успешному развитию аграрной отрасли.

Также мы оценивали клубни по типу поражения по трехбалльной шкале:

- 1 – поверхностный струп;
- 2 – парша средней глубины или приподнятая;
- 3 – глубокий струп.

Значение **индекса парши** рассчитывалось для каждого клубня по формуле:

$$\text{Индекс парши} = \frac{\text{процент покрытой поверхности} \times \text{тип поражения}}{\text{общее количество клубней}} \times 100.$$



Таблица 5  
Влияние биологических и химических фунгицидов на размер клубней картофеля разной фракции (средние показатели за 2021–2023 гг.)

Варианты опыты	Размер клубней, мм							
	< 47,5	50,5	57,5	63,5	68,8	75,5	80,8	> 85,5
Контроль	18	15	15	26	15	14	9	8
БисолбиСан	15	13	12	25	17	15	11	12
Фитодок	14	12	13	23	16	17	12	13
Бактофит	14	13	11	23	19	16	12	12
Синклер СК	15	14	12	24	18	16	11	10

Table 5  
Effect of biological and chemical fungicides size on potato tubers of different fractions (average for 2021–2023)

Experimental options	Tuber size, mm							
	< 47.5	50.5	57.5	63.5	68.8	75.4	80.8	> 85.5
Control	18	15	15	26	15	14	9	8
BisolbiSan	15	13	12	25	17	15	11	12
Fitodok	14	12	13	23	16	17	12	13
Baktofit	14	13	11	23	19	16	12	12
Sinkler SK	15	14	12	24	18	16	11	10

Индекс парши:

8–15 – сорт наименее восприимчивый.

15–20 – средневосприимчивый.

20–24 – высоковосприимчивый.

> 24 – очень высокая восприимчивость.

**Заболееваемость паршой** также рассчитывали по формуле:

$$\text{Заболееваемость паршой} = \frac{\text{общее количество зараженных клубней}}{\text{общее количество клубней}} \times 100.$$

Анализ зараженности клубней *Streptomyces scabies* производился сразу после сбора урожая, и было отобрано по 120 клубней. Доля больных клубней в образцах и средняя степень заражения были определены и записаны.

### Результаты (Results)

В данной научной исследовательской работе мы рассмотрели основные аспекты биологического контроля обыкновенной парши (*Streptomyces scabies*) при выращивании картофеля, включая использование естественных растительных механизмов защиты и комбинированные подходы.

Результаты трехлетних полевых опытов свидетельствуют о благоприятном влиянии протравливания клубней, а также четырехкратного опрыскивания растений испытуемыми препаратами на заражение клубней *Streptomyces scabies*.

Исследование проводилось в течение трех лет, с 2021 по 2023 год, с целью изучения влияния обработок различными фунгицидами на урожайность клубней и распространенность парши обыкновенной. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что использованные биопрепараты обладают различной активностью ингибирования парши обыкновенной. Наиболее ярко фунгицидная активность проявилась при использовании препа-

рата «Фитодок»: в сравнении с контрольным вариантом количество зараженных клубней снизилось на 17,2 %. Немного ему уступил по данному показателю биопрепарат «Бактофит» (14,2 %). Менее выраженный защитный эффект использованных пестицидов был отмечен на биопрепарате «БисолбиСан» и фунгициде химического происхождения «Синклер СК» – 6,1 % и 4,1 % соответственно.

В своих исследованиях мы также проверяли влияние биологических и химических фунгицидов на массу клубней картофеля различных размеров (таблица 5).

Семенные клубни, обработанные биологическим препаратом «Фитодок», дали значительно большее количество клубней (13 штук) размером 85,5 мм по сравнению с необработанным контролем, зараженным обыкновенной паршой (8 штук). Обработка семян биологическими фунгицидами привела к значительному увеличению количества клубней размером 75,5, 80,8 и 85,5 мм по сравнению с контрольным вариантом. Применение «Фитодока» и «БисолбиСана» привело к увеличению клубней картофеля размером 57,5 мм и составило 12-13 штук по сравнению с клубнями, обработанными Бактофитом – 11 штук. Аналогично вес клубней размером 85,5 мм (13 штук) был выше у картофеля, обработанного «Фитодок». Несмотря на то, что химический фунгицид «Синклер СК» дал лучший результат относительно контрольного варианта, он все же уступил биологическим фунгицидам, хоть и незначительно. В результате исследования мы обнаружили, что применение биологических фунгицидов имеет положительное влияние на размер клубней картофеля всех фракций. В течение трех лет наблюдалось стабильное увеличение раз-

мера клубней в сравнении с контрольной группой, где фунгициды не использовались. Острота данного эффекта с каждым годом усиливалась, что может свидетельствовать о кумулятивном действии биологических фунгицидов. Статистический анализ показывает, что на протяжении всего эксперимента доля зараженных клубней *Streptomyces scabies* были значительно ниже по сравнению с контролем в комбинации, где действовали биологические и химические препараты.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Биологические фунгициды основаны на использовании живых организмов, таких как бактерии, грибы или вирусы, для сдерживания развития патогенных организмов. Химические фунгициды, в свою очередь, представляют собой химические соединения, способные уничтожить патогенные организмы. В ходе нашего исследования были проанализированы результаты использования биологических и химических фунгицидов против обыкновенной парши картофеля в предгорной зоне Республики Северная Осетия – Алания. Были собраны данные об эффективности и степени защиты клубней при использовании различных фунгицидов. В результате исследования было выяснено, что биологические фунгициды показали эффективность в сдерживании развития обыкновенной парши картофеля, что подтверждает их потенциал в борьбе с этим заболеванием. Однако особое внимание следует уделить выбору правильного биологического фунгицида, учитывая его специфичность и совместимость с другими средствами защиты. Помимо этого, химические фунгициды проявляют значительную эффективность в борьбе с обыкновенной паршой картофеля. Однако необходимо учитывать их потенциальные негативные последствия для окружающей среды и здоровья человека. Таким образом, наше исследование подтвердило эффективность как биологических, так и химических фунгицидов в борьбе с обыкновенной паршой картофеля в предгорной зоне Северной Осетии. Однако принятие решения о выборе конкретного фунгицида

должно быть основано на комплексном подходе с учетом потенциальных последствий и специфичности каждого средства. Данное исследование было проведено с целью изучения влияния химического фунгицида «Синклер СК» и биопрепаратов «Бисол-биСан», «Бактофит» и «Фитодок» на основе бактерии *Bacillus subtilis* против *Streptomyces scabies*. До сих пор не было сообщений об использовании вида *Bacillus* в качестве штамма для борьбы с обыкновенной паршой, поэтому мы сообщаем об использовании *Bacillus subtilis* в качестве биоконтрольного агента. Рассмотрены меры борьбы, рекомендуемые для снижения заболеваемости паршой обыкновенной, их принципы, целесообразность и практическая эффективность. Все применяемые препараты значительно снижали долю и степень поражения клубней *Streptomyces scabies* (по сравнению с контролем). Полученные результаты говорят в пользу эффективности биологического фунгицида на основе *Bacillus subtilis* для увеличения размера клубней картофеля. Вероятно, это связано с более мягким и безопасным воздействием данного препарата на растения, что способствует их более активному росту. Это может оказать положительный эффект на коммерческую ценность картофеля и улучшить его рыночный потенциал. В то же время химический фунгицид на основе металаксила не проявил такой же эффективности.

В заключение отметим, что биологические препараты представляют собой перспективное решение для защиты картофеля от обыкновенной парши. Их применение может существенно снизить уровень заболеваемости растений, увеличить урожайность и качество продукции. Наши исследования также указывают на необходимость дальнейшего изучения и разработки новых, более эффективных, безопасных и экологически устойчивых фунгицидов для борьбы с обыкновенной паршой картофеля. Это позволит фермерам и садоводам в Республике Северная Осетия – Алания обеспечить стабильный урожай и повысить качество продукции.

#### Библиографический список

1. Corrêa D. B. A., Amaral D. T., Silva M. J., Destéfano S. A. L. *Streptomyces Brasiliscabiei*, a New Species Causing Potato Scab in South Brazil // International Journal of General and Molecular Microbiology. 2021. No. 114. Pp. 913–931. DOI: 10.1007/s10482-021-01566-y.
2. Chien Y. C., Huang C. H. Biocontrol of Bacterial Spot on Tomato by Foliar Spray and Growth Medium Application of *Bacillus Amyloliquefaciens* and *Trichoderma Asperellum* // European Journal of Plant Pathology. 2020. No. 156. Pp. 995–1003. DOI: 10.1007/s10658-020-01947-5.
3. Lankau E. W., Xue D., Christensen R., Gevens A. J., Lankau R. A. Management and soil conditions influence common scab severity on potato tubers via indirect effects on soil microbial communities // Phytopathology. 2020. No. 110. Pp. 1049–1055. DOI: 10.1094/PHYTO-06-19-0223-R.
4. Khan R. A. A., Najeeb S., Hussain S., Xie B., Li Y. Bioactive Secondary Metabolites from *Trichoderma* spp. against Phytopathogenic Fungi // Microorganisms. 2020. No. 8. Article number 817. DOI: 10.3390/microorganisms8060817.

5. Hunjan M. S., Sabhikhi H. S. Designing a Crop Rotation Strategy to Manage *Streptomyces Scabies* Causing Potato Scab in North India // *Journal of Phytopathology*. 2020. No. 168. Pp. 469–477. DOI:10.1111/jph.12911
6. Yáñez-Mendizábal V., Falconí C. E. *Bacillus Subtilis* CtpxS2-1 Induces Systemic Resistance against Anthracnose in Andean Lupin by Lipopeptide Production // *Biotechnology Letters*. 2021. No. 43. Pp. 719–728. DOI:10.1007/s10529-020-03066-x
7. Li B., Wang B., Pan P., Li P., Qi Z., Zhang Q., Shi C., Hao W., Zhou B., Lin R. *Bacillus Altitudinis* Strain AMCC 101304: A Novel Potential Biocontrol Agent for Potato Common Scab // *Biocontrol Science and Technology*. 2020. No. 29. Pp. 1009–1022. DOI: 10.1080/09583157.2019.1641791.
8. Молявко А. А., Борисова Н. П., Марухленко А. В., Белоус Н. М., Ториков В. Е. Стимуляторы роста и фунгициды при возделывании и хранении картофеля. // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 2 (78). С. 15–19.
9. Газданова И. О., Дзедаев Х. Т., Моргоев Т. А. Биологическая защита картофеля в Республике Северная Осетия-Алания // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 1 (178). С. 76–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82.
10. Гериева Ф. Т., Газданова И. О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 3 (206). С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9.
11. Feng R.-Y., Chen Y.-H., Lin C., Tsai C.-H., Yang Y.-L., Chen Y.-L. Surfactin secreted by *Bacillus amylo-liquefaciens* Ba01 is required to combat *Streptomyces scabies* causing potato common scab // *Frontiers in Plant Science*. 2022. No. 13. Article number 998707. DOI: 10.3389/fpls.2022.998707
12. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 9 (87). Ч. 2. С. 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031.
13. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality // *Plant, Soil and Environment*. 2022. No. 8 (68). Pp. 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
14. Weisberg A. J., Kramer C. G., Kotha R. R., Luthria D. L., Chang, J., Clarke C. R. A novel species-level group of *Streptomyces* exhibits variation in phytopathogenicity despite conservation of virulence loci. // *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2021. Vol. 34. Pp. 39–48. DOI: 10.1094/MPMI-06-20-0164-R.
15. Dieckmann M. A., Beyvers S., Nkouamedjo-Fankep R. C., Hanel P. H. G., Jelonek L., Blom J., Goesmann A. EDGAR 3.0: comparative genomics and phylogenomics on a scalable infrastructure // *Nucleic Acids Research*. 2021. Vol. 49, Iss. W1. DOI: 10.1093/nar/gkab341.
16. Hudec C., Novinscak A., Filion M. Diversity and virulence of *Streptomyces* spp. causing potato common scab in Prince Edward Island, Canada // *Phytopathology*. 2021. No. 111. Pp. 617–626. DOI: 10.1094/PHYTO-08-20-0339-R.

#### Об авторах:

**Хетаг Тотразович Дзедаев**, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0000-0001-5688-9564, AuthorID 1095112. E-mail: Dzedev.kh@mail.ru

**Ирина Олеговна Газданова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581; E-mail: Gazdanovaira2020@gmail.com

**Зарина Ибрагимовна Ревазова**, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0009-0001-5992-1475, AuthorID 1186527

**Батраз Валерьевич Бекмурзов**, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943

#### References

1. Corrêa D. B. A., Amaral D. T., Silva M. J., Destéfano S. A. L. *Streptomyces Brasiliscabiei*, a New Species Causing Potato Scab in South Brazil. *International Journal of General and Molecular Microbiology*. 2021; 114: 913–931. DOI: 10.1007/s10482-021-01566-y.
2. Chien Y. C., Huang C. H. Biocontrol of Bacterial Spot on Tomato by Foliar Spray and Growth Medium Application of *Bacillus Amyloliqefaciens* and *Trichoderma Asperellum*. *European Journal of Plant Pathology*. 2020; 156: 995–1003. DOI: 10.1007/s10658-020-01947-5.

3. Lankau E. W., Xue D., Christensen R., Gevens A. J., Lankau R. A. Management and soil conditions influence common scab severity on potato tubers via indirect effects on soil microbial communities. *Phytopathology*. 2020; 110: 1049–1055. DOI: 10.1094/PHYTO-06-19-0223-R.
4. Khan R. A. A., Najeeb S., Hussain S., Xie B., Li Y. Bioactive Secondary Metabolites from *Trichoderma* spp. against Phytopathogenic Fungi. *Microorganisms*. 2020; 8: 817. DOI: 10.3390/microorganisms8060817.
5. Hunjan M. S., Sabhikhi H. S. Designing a Crop Rotation Strategy to Manage *Streptomyces* Scabies Causing Potato Scab in North India. *Journal of Phytopathology*. 2020; 168: 469–477. DOI: 10.1111/jph.12911
6. Yáñez-Mendizábal V., Falconí C. E. *Bacillus Subtilis* CtpxS2-1 Induces Systemic Resistance against Anthracnose in Andean Lupin by Lipopeptide Production. *Biotechnology Letters*. 2021; 43: 719–728. DOI: 10.1007/s10529-020-03066-x
7. Li B., Wang B., Pan P., Li P., Qi Z., Zhang Q., Shi C., Hao W., Zhou B., Lin R. *Bacillus Altitudinis* Strain AMCC 101304: A Novel Potential Biocontrol Agent for Potato Common Scab. *Biocontrol Science and Technology*. 2020; 29: 1009–1022. DOI: 10.1080/09583157.2019.1641791
8. Molyavko A. A., Borisova N. P., Marukhlenko A. V., Belous N. M., Torikov V. E. Growth stimulants and fungicides during cultivation and storage of potatoes. *Vestnik of the Bryansk State Agrarian University*. 2020; 78: 15–19. (In Russ.)
9. Gazdanova I. O., Dzedaev Kh. T., Morgoev T. A. Potato biological protection in the Republic of North Ossetia – Alania. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2022; 1 (178). 76–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82. (In Russ.)
10. Gerieva F. T., Gazdanova I. O. The effectiveness of the use of promising new generation biological products in the conditions of the North Caucasus region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 3 (206): 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9. (In Russ.)
11. Feng R.-Y., Chen Y.-H., Lin C., Tsai C.-H., Yang Y.-L., Chen Y.-L. Surfactin secreted by *Bacillus amylo-liquefaciens* Ba01 is required to combat *Streptomyces scabies* causing potato common scab. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 998707. DOI: 10.3389/fpls.2022.998707.
12. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. Effectiveness of action of biological preparation and fungicidal agents against plant diseases, potatoes tuber and their influence on productivity of land. *International Research Journal*. 2019; 9 (87): 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031. (In Russ.)
13. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality. *Plant, Soil and Environment*. 2022; 8 (68): 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
14. Weisberg A. J., Kramer C. G., Kotha R. R., Luthria D. L., Chang, J., Clarke C. R. A novel species-level group of *Streptomyces* exhibits variation in phytopathogenicity despite conservation of virulence loci. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2021; 34: 39–48. DOI: 10.1094/MPMI-06-20-0164-R.
15. Dieckmann M. A., Beyvers S., Nkouamedjo-Fankep R. C., Hanel P. H. G., Jelonek L., Blom J., Goesmann A. EDGAR 3.0: comparative genomics and phylogenomics on a scalable infrastructure. *Nucleic Acids Research*. 2021; 49 (W1). DOI: 10.1093/nar/gkab341.
16. Hudec C., Novinscak A., Filion M. Diversity and virulence of *Streptomyces* spp. causing potato common scab in Prince Edward Island, Canada. *Phytopathology*. 2021; 111: 617–626. DOI: 10.1094/PHYTO-08-20-0339-R.

#### Authors' information:

**Khetag T. Dzedaev**, junior researcher of the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0000-0001-5688-9564, AuthorID 1095112; E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

**Irina O. Gazdanova**, candidate of agricultural sciences, researcher of the laboratory of molecular genetic studies of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581. E-mail: Gazdanovaira2020@gmail.com

**Zarina I. Revazova**, junior researcher of the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0009-0001-5992-1475, AuthorID 1186527

**Batraz V. Bekmurzov**, junior researcher of the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943



## Судогда – новый сорт озимой тритикале для кормопроизводства

С. М. Лукин, А. М. Тысленко<sup>✉</sup>, Е. В. Марчук, Е. И. Золкина, Ю. М. Климкина

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, д. Вяткино, Владимирская область, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: [tslo@bk.ru](mailto:tslo@bk.ru)

**Аннотация.** Цель исследования – оценка нового сорта озимой тритикале Судогда по хозяйственно-биологическим признакам и свойствам. **Методы.** Сорт создан методом массового отбора высокопродуктивных растений, устойчивых к полеганию, бурой и стеблевой ржавчинам из селекционной линии Л6, полученной из Воронежского федерального аграрного научного центра им. В. В. Докучаева. Отбор материала и его изучение проводились в почвенно-климатических условиях Центрально-Нечерноземной зоны по общепринятой схеме селекционного процесса для озимых зерновых культур. **Результаты.** Дано подробное морфологическое описание, представлены результаты изучения нового сорта Судогда в конкурсном сортоиспытании на легких дерново-подзолистых слабокислых почвах с низким содержанием органического вещества (1,3 %). Средняя урожайность сорта Судогда составила 4,68 т/га (+0,54 т/га к стандарту Доктрина 110), максимальная урожайность в благоприятном 2017 г. на дерново-подзолистых почвах достигала 5,5 т/га, на серых лесных – 6,5 т/га, минимальная – в засушливом 2016 г. (3,5 т/га, или +0,47 т/га к стандарту). Сорт характеризуется высокими показателями зимостойкости (95 %), устойчивости к полеганию (5,0 балла), засухоустойчивости (4,5 балла). В годы сортоиспытания сорт проявил толерантность к бурой и стеблевой ржавчинами, в средней степени на уровне стандарта поражен септориозом листьев. Отличается высокими показателями физических качеств зерна: масса 1000 зерен – 40,4 г, натура зерна – 704 г/л, стекловидность – 79 %, содержание белка в зерне – 15 %, что выше стандарта на 0,5 %. Сорт зернофуражного назначения. Допущен к использованию по Северо-Западному региону, где показал максимальную урожайность 6,96 т/га. **Научная новизна.** Создан новый среднеспелый, стрессоустойчивый сорт озимой тритикале, отличающийся способностью формировать высокий урожай зерна на легких дерново-подзолистых, слабокислых почвах Северо-Западного региона РФ.

**Ключевые слова:** новый сорт, озимая тритикале, устойчивость, качество зерна, структура урожая

**Для цитирования:** Лукин С. М., Тысленко А. М., Марчук Е. В., Золкина Е. И., Климкина Ю. М. Судогда – новый сорт озимой тритикале для кормопроизводства // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 460–471. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-460-471>.

**Благодарности.** Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по направлению «Разработать теоретические основы и технологии повышения продуктивности культур и оптимизации плодородия почв в полевых и кормовых севооборотах при биологизации земледелия» (шифр темы № 0617-2019-0010). Авторы выражают благодарность рецензентам статьи.

**Дата поступления статьи:** 19.07.2023, **дата рецензирования:** 10.11.2023, **дата принятия:** 15.01.2024.

## Sudogda is a new variety of winter triticale for fodder production

S. M. Lukin, A. M. Tyslenko✉, E. V. Marchuk, E. I. Zolkina, Yu. M. Klimkina

All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, Vyatkino village, Vladimir region, Russia

✉E-mail: tslo@bk.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to evaluate a new variety of winter triticale Sudogda according to economic and biological characteristics and properties. The variety was created by the method of mass selection of highly productive plants resistant to lodging, brown and stem rusts from the breeding line L6, obtained from the Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V. V. Dokuchaev. The selection of material and its study were carried out in the soil and climatic conditions of the Central Non-Chernozem zone according to the generally accepted scheme of the breeding process for winter crops. **Results.** A detailed morphological description is given and the results of the study of the new variety Sudogda in competitive variety testing on light soddy-podzolic, slightly acidic soils with a low content of organic matter (1.3 %) are presented. The average yield of the Sudogda variety was 4.68 t/ha (+0.54 t/ha to the Doktrina 110 standard), the maximum yield in the favorable year of 2017 on soddy-podzolic soils reached 5.5 t/ha, on gray forest soils 6.5 t/ha, the minimum – in the dry year of 2016 3.5 t/ha (+0.47 t/ha to the standard). The variety is characterized by high winter hardiness (95 %), resistance to lodging (5.0 points), drought resistance (4.5 points). During the years of variety testing, the variety showed tolerance to brown and stem rusts, and was moderately affected by leaf septoria at the standard level. It is distinguished by high indicators of the physical qualities of grain: the weight of 1000 grains is on average 40.4 g, the nature of the grain is 704 g/l, the vitreousness is 79 %. The protein content in the grain is 15 %, which is 0.5 % higher than the standard. The variety is intended for use in grain fodder. It is recommended for cultivation on all types of soils, but tolerates light slightly acidic soddy-podzolic sandy loamy soils better than other varieties. The new variety Sudogda has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation since 2021 and approved for use in the North-West region (1)(2), where it showed a maximum yield of 6.96 t/ha. **Scientific novelty.** A new plastic, mid-season, stress-resistant variety of winter triticale has been created, which is distinguished by the ability to form a high grain yield on light soddy-podzolic, slightly acidic soils of the North-West region of the Russian Federation.

**Keywords:** new variety, winter triticale, stability, grain quality, crop structure

**Acknowledgements.** The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in the direction of “Developing theoretical foundations and technologies for increasing crop productivity and optimizing soil fertility in field and forage crop rotations during biologization of agriculture” (topic code No. 0617-2019-0010). The authors express their gratitude to the reviewers of the article.

**For citation:** Lukin S. M., Tyslenko A. M., Marchuk E. V., Zolkina E. I., Klimkina Yu. M. Sudogda is a new variety of winter triticale for fodder production. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 460–471. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-460-471>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 19.07.2023, **date of review:** 10.11.2023, **date of acceptance:** 15.01.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Успешное развитие животноводства гарантируется наличием достаточного количества сбалансированных кормов и оптимальной кормовой базы [1]. Важная роль в ее укреплении принадлежит зерновым культурам, обеспечивающим животноводство высококачественным фуражным зерном и комбикормами [2; 3]. В Российской Федерации для приготовления комбикормов и зернофуража расходуется свыше 50 % общего количества перерабатываемого зерна, в том числе зерно пшеницы [4].

Повышение эффективности кормопроизводства требует уменьшения объема использования в нем продовольственного пшеничного зерна и увеличения производства зернофуража (ячменя, кукурузы, зернобобовых). В последние годы резервом укрепления кормовой базы и организации полноценного кормления животных становится зерно гексаплоидной тритикале – перспективной зерновой культуры, искусственно созданной человеком путем скрещивания озимой ржи и пшеницы [5–7]. Высокая адаптивная способность стабильно давать вы-

сокие урожаи, зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, невысокая требовательность к уровню почвенного плодородия и более эффективное использование элементов питания из почвы и минеральных удобрений, агротехническая значимость в севообороте характеризуют тритикале как культуру пониженного экономического риска [8–10]. В России урожайность озимой тритикале на 4–5 ц/га больше, чем у ячменя и пшеницы, а сроки ее уборки позволяют получать качественное зерно. Кроме того, это высокобелковая зерновая культура, превосходящая другие злаковые по таким лимитирующим аминокислотам, как лизин и триптофан, с низким содержанием клетчатки [11; 12]. Мировые площади, занятые культурой тритикале, составляют около 5 млн га, в то же время в России в 2021 году они насчитывали 147 тыс. га [13]. Озимые и яровые сорта тритикале выращивают во многих хозяйствах страны, однако до сих пор культура не получила такого распространения в кормопроизводстве, которое вполне заслуживает по своим кормовым достоинствам. Для того чтобы новая культура заняла достойное место в аграрном секторе, необходимо создать высокопродуктивные и адаптированные сорта, отвечающие требованиям рынка, способные реализовать свой высокий потенциал в различных условиях [14; 15]. При этом вновь созданные сорта озимых тритикале должны быть конкурентоспособными с традиционными озимыми культурами (пшеница, рожь) в определенных условиях возделывания [16].

Во Всероссийском научно-исследовательском институте органических удобрений и торфа – филиале Верхневолжского федерального аграрного научного центра экологическая селекция озимой тритикале ведется с 2012 года методами внутривидовой гибридизации. За десять лет создан новый селекционный материал, обеспечивающий потенциальную урожайность на низкоплодородных дерново-подзолистых почвах 7–8 т зерна с 1 га, высокую степень зимостойкости, устойчивости к полеганию, основным болезням, высокое качество фуражного зерна. На базе исходного материала, предоставленного Воронежским ФАНЦ им. В. В. Докучаева, был создан и включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ сорт озимого тритикале Судогда. При выведении сорта решалась проблема повышения урожайности и зимостойкости растений.

Цель исследований – оценка нового сорта озимой тритикале Судогда по хозяйственно ценным признакам и свойствам в природно-климатических условиях Владимирской области.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Объект исследований – новый сорт озимой тритикале Судогда, который изучали в конкурсном сортоиспытании в 2014–2017 гг. Закладку питомника

проводили на опытном поле ВНИИОУ в первой декаде сентября по предшественнику чистый пар селекционной сеялкой ССКФ-7М. Почва опытного участка легкая супесчаная дерново-подзолистая, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями:  $pH_{\text{сол}}$  (ГОСТ 26483-85) – 5,7 ед.; содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 1,30 %; подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 140,0 мг/кг почвы, обменного калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 100,0 мг/кг почвы.

Учетная площадь делянки – 20 м<sup>2</sup>, повторность опыта четырехкратная. Норма высева 5,0 млн всхожих семян на 1 га. В качестве стандарта использовали сорт Доктрина 110, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ с 2006 года. Посев сортов конкурсного сортоиспытания осуществляли в оптимальные сроки – первой декаде сентября. Перед посевом вносили минеральные удобрения в дозе  $N_{30}P_{60}K_{60}$  кг д. в. на 1 га, проводили предпосевную культивацию на глубину 5–6 см. Весной, в фазу отрастания (кущения), производили подкормку растений аммиачной селитрой в дозе  $N_{70}$  кг д. в. на 1 га.

Фенологические наблюдения за развитием растений, полевые и лабораторные оценки, структурный анализ и учеты урожая выполнены в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [17].

Статистическая обработка результатов исследований проводилась по методике полевого опыта Б. А. Доспехова [18].

Продолжительность вегетационного периода озимой тритикале от посева до уборки в почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны составляет 328–334 дня, в том числе осенней вегетации 33–40 дней, весенне-летней вегетации – 112–119 дней. Изменение длительности осенней вегетации связано с различными сроками посева культуры. Продолжительность весенне-летнего периода вегетации зависит от температурного режима второй – третьей декады апреля, влияющего на срок возобновления активной вегетации растений [19; 20].

Метеоусловия годов исследований существенно различались между собой по значениям агроклиматических показателей. Анализ динамики температуры воздуха весенне-летнего периода показал, что температурный режим 2015 года был близок к климатической норме. В 2016 году температура воздуха весенне-летнего периода была выше среднеемноголетних значений на 0,5–1,7 °С. Температуры воздуха в мае – июле 2017 года были значительно ниже по сравнению со среднеемноголетними значениями, отклонение от нормы составило 1,4–3,0 °С (рис. 1).

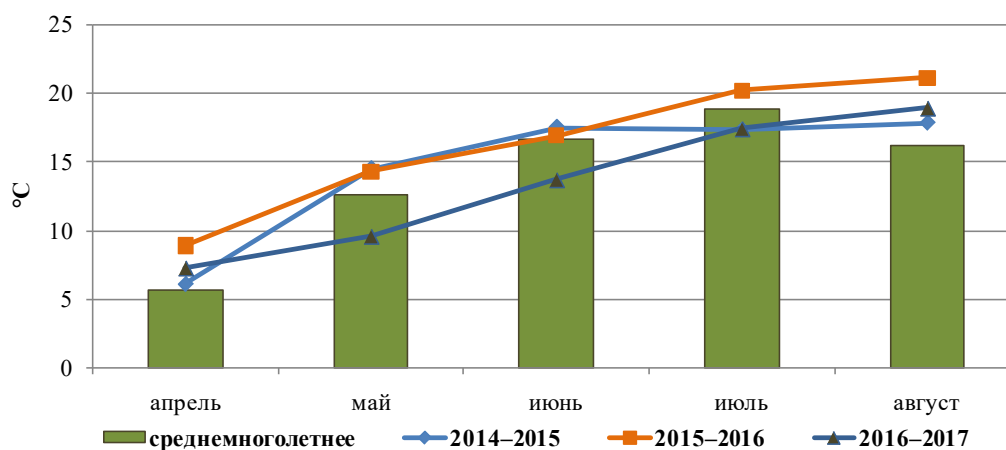


Рис. 1. Среднемесячная температура, °C

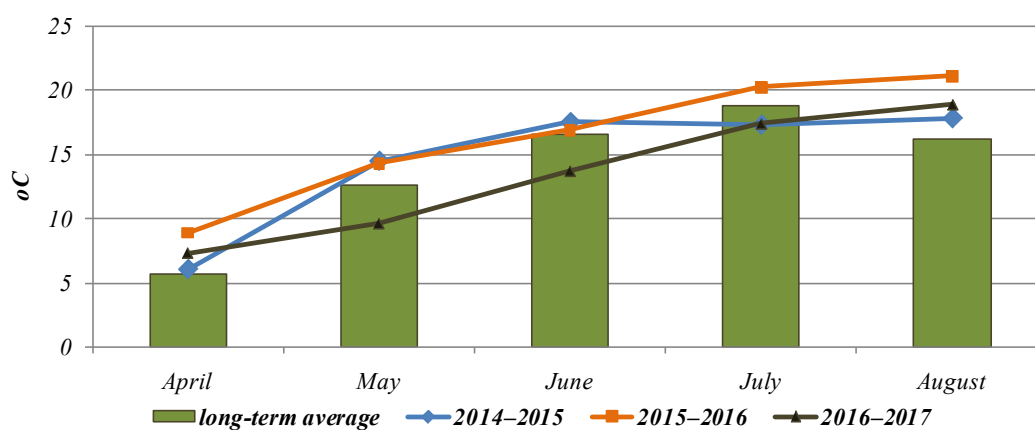


Fig. 1. Average monthly temperature, °C

Таблица 1  
Количество осадков и сумма активных температур  
за вегетационные периоды 2014–2015, 2015–2016 и 2016–2017 гг.

Года возделывания	Количество осадков за вегетацию, мм			Сумма активных температур за вегетацию, °C		
	Осеннюю	Весенне-летнюю	Всего	Осеннюю	Весенне-летнюю	Всего
2014–2015	32	284	316	307	1741	2048
2015–2016	32	226	258	468	1798	2266
2016–2017	75	292	367	340	1511	1851

Table 1.  
The amount of precipitation and the sum of active temperatures  
for the growing seasons 2014–2015, 2015–2016 and 2016–2017

Years of research	The amount of precipitation during the growing season, mm			The sum of active temperatures during the growing season, °C		
	Autumn	Spring-summer	Total	Autumn	Spring-summer	Total
2014–2015	32	284	316	307	1741	2048
2015–2016	32	226	258	468	1798	2266
2016–2017	75	292	367	340	1511	1851

Сумма активных температур за весенне-летний период вегетации озимой тритикале изменялась по годам от 1551 до 1798 °C. За весь период вегетации сумма активных температур составила 1851–2266 °C, что по сравнению со среднеголетним значением (1883 °C) составило 98–120% (таблица 1).

Оценка водного режима условий вегетации по среднемесячному количеству атмосферных осадков показала превышение климатической нормы в 2015 и 2017 годах: в мае на 29–38 %, в июне – на 18–63 %. В 2016 году количество осадков в мае – июне было ниже среднеголетних значений на 22–37 % (рис. 2).



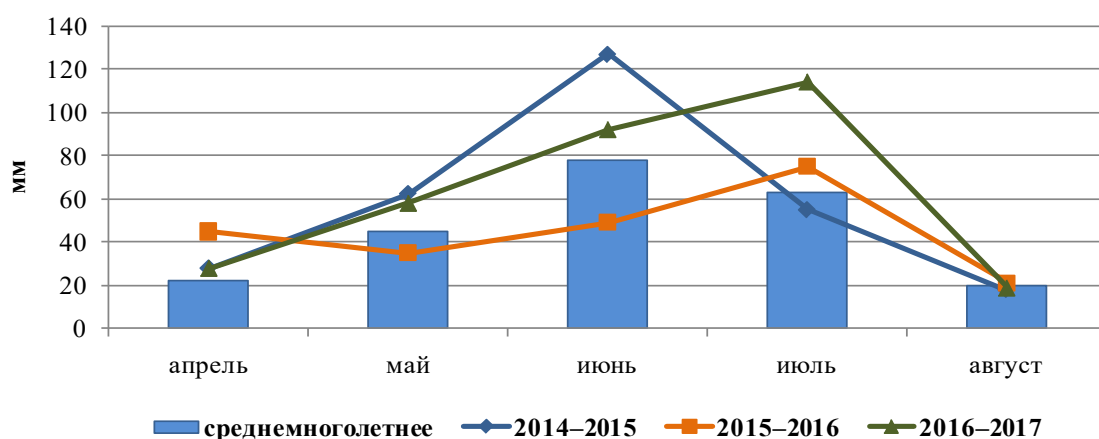


Рис. 2. Среднемесячное количество осадков, мм

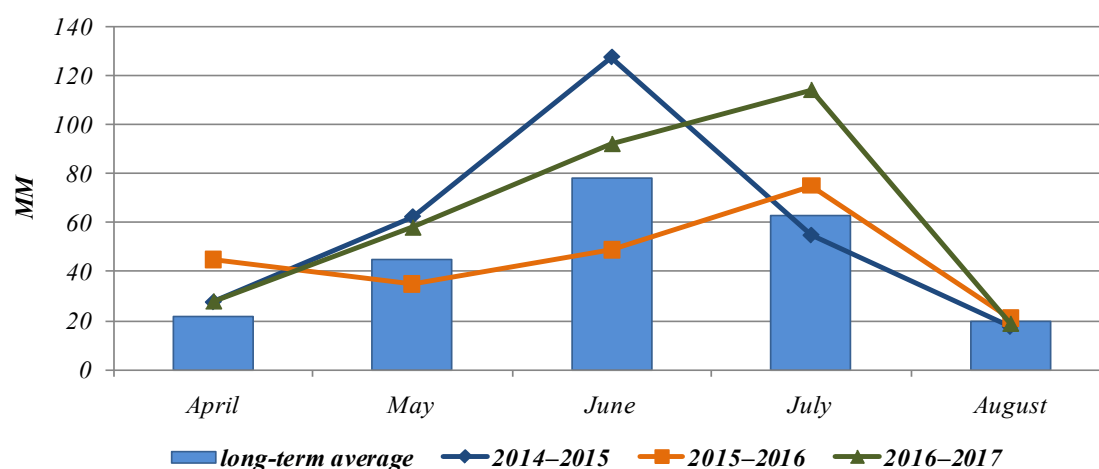


Fig. 2. Average monthly precipitation, mm

Таблица 2

Гидротермические условия вегетации озимой тритикале (ГТК по Селянинову)

Годы исследований	Периоды развития растений*					
	1	2	3	4	5	6
2014–2015	1,15	1,39	2,42	1,02	1,94	1,67
2015–2016	1,26	0,78	0,97	1,20	0,88	1,16
2016–2017	2,19	1,94	2,24	2,11	2,15	2,12

\* 1 – весеннее кущение – конец кущения; 2 – конец кущения – колошение; 3 – колошение – молочная спелость; 4 – молочная спелость – созревание; 5 – конец кущения – молочная спелость, 6 – весеннее кущение – созревание.

Table 2

Hydrothermal conditions of winter triticale vegetation (HTC according to Selyaninov)

Years of research	Periods of plant development*					
	1	2	3	4	5	6
2014–2015	1.15	1.39	2.42	1.02	1.94	1.67
2015–2016	1.26	0.78	0.97	1.20	0.88	1.16
2016–2017	2.19	1.94	2.24	2.11	2.15	2.12

\* 1 – spring tillering – end of tillering; 2 – end tillering – earing; 3 – earing – milky ripeness; 4 – milky ripeness – ripening; 5 – for the period end of tillering – milky ripeness, 6 – for the period of spring tillering – ripening.

Всего за период весенне-летней вегетации 2015–2017 годов выпало 226–292 мм осадков. В сумме за весь период активной вегетации (посев – осеннее окончание вегетации и весеннее возобновление активной вегетации – уборка) выпало 258–367 мм осадков, что составило 47–67 % от среднегодового количества осадков (551 мм) (таблица 1).

Благоприятные условия для роста озимой тритикале и формирования соответствующе высокой урожайности культуры сложились в весенне-летние периоды 2015 и 2017 годов. В эти годы погодные условия характеризовались как влажные (ГТК 1,4–2,0) и избыточно влажные (ГТК выше 2,0), без резких изменений по фазам развития культуры (таблица 2).

## Урожайность сорта озимой тритикале Судогда в конкурсном сортоиспытании 2015–2017 гг., т/га

Сорт	Годы			Средняя
	2015	2016	2017	
Доктрина 110 (стандарт)	4,6	3,0	4,8	4,1
Судогда	5,2	3,5	5,5	4,7
Прибавка к стандарту	0,6	0,5	0,7	0,6
HCP <sub>05</sub>	0,14	0,12	0,18	

Table 3

## Productivity of winter triticale variety Sudogda in competitive variety testing 2015-2017, t/ha

Grade	Years			Average
	2015	2016	2017	
<i>Doktrina 110 (standard)</i>	4.6	3.0	4.8	4.1
<i>Sudogda</i>	5.2	3.5	5.5	4.7
<i>Increase to the standard, t/ha</i>	0.6	0.5	0.7	0.6
<i>LSD<sub>05</sub></i>	0.14	0.12	0.18	

В критический по условиям увлажнения межфазный период «конец кушения – молочная спелость», приходящийся на май – июнь, значение гидротермического коэффициента составило 1,9 и 2,2 в 2015 и 2017 годах соответственно. В 2016 году ГТК за май – июнь был равен 0,9, что говорит о существенном недостатке влаги в этот период. Корреляционный анализ влияния гидротермических условий периода «конец кушения – молочная спелость» на урожайность озимой тритикале показал тесную связь между формируемой урожайностью и ГТК (коэффициент парной корреляции 0,99).

#### Результаты (Results)

Новый сорт тритикале озимой Судогда создан во ВНИИОУ – филиале Верхневолжского федерального аграрного научного центра методом массового отбора высокопродуктивных, стрессоустойчивых растений из гетерозиготной гексаплоидной  $2 \times \text{ГК-615}] \times \text{Доктрина 110}$ , полученной в Воронежском федеральном аграрном научном центре им. В. В. Докучаева. Отбор элитных растений проведен в 2012 году. Отбирали колосья разновидности эритроспермум, близкие по морфологическим признакам: длина (9–11 см), число зерен (не менее 60 шт.), масса зерна (не менее 2,5 г), устойчивые к полеганию, бурой и стеблевой ржавчинам, – и объединяли в популяции. Начиная с контрольного питомника проводили оценку селекционных образцов по количественным признакам – озерненности колоса, массе 1000 зерен, массе зерна с колоса, наиболее тесно ( $r = 0,63 \dots 0,70$ ) коррелирующих с урожайностью. В результате целенаправленной кропотливой работы был выделен высокоурожайный, устойчивый к биотическим и абиотическим стрессорам селекционный номер Л6/9, который под названием Судогда передан на государственное сортоиспытание с 2018 года.

Сорт тритикале озимой Судогда относится к северо-русской экологической группе, адаптирован к почвенно-климатическим и агроэкологическим условиям Центрально-Нечерноземного и Северо-Западного регионов РФ. Сорт зернокармального назначения, пригоден для использования на зернофураж, зерносеяж и приготовления гранул.

Ботаническая разновидность сорта – эритроспермум (*erythrospermum*). Тип куста промежуточный. Время колошения раннее-среднее. Листовая пластинка флагового листа короткая, средней ширины. Восковой налет на колосе слабый. Густота опушения шейки стебля сильная. Выполненность на срезе соломины полая. При созревании цвет колоса белый, остистый, не опушенный, средней плотности, средней длины (9–10 см), ости средней длины, полурасходящиеся, зазубренные, жесткие, над кончиком колоса средние. Колосковая чешуя ланцетная, средней длины (9–10 мм), нервация хорошо выражена. Первый зубец нижней колосковой чешуи очень короткий, размер второго зубца отсутствует или очень маленький. Зерно крупное (до 8 мм), слегка опушенное, полуудлиненное, бороздка неглубокая, окраска красная, пшеничного типа [21].

Сорт среднеспелый, близкий по длине вегетационного периода к стандарту Доктрина 110 – 300–306 дней. Во все годы конкурсного сортоиспытания Судогда показывала достоверную прибавку урожая над стандартом 0,5–0,7 т/га. В благоприятные по гидротермическому режиму годы (2015, 2017) урожайность сорта варьировала от 5,3 до 5,5 т/га, в засушливый год (2016) снижалась до 3,5 т/га, но была достоверно выше стандарта на 0,5 т/га (таблица 3).

Увеличение урожайности нового сорта в сравнении со стандартом было обусловлено элементами его структуры. Сорт Судогда относится к короткостебельной группе, высота его растений 75–90 см, отличается выравненным стеблестоем,

достаточно высокой устойчивостью к полеганию (4,5 балла по 5-балльной шкале). У нового сорта в отличие от стандарта более длинный колос (9,2 см) и выше озерненность (34,6 шт.), что на 0,8 см и 1,3 шт. превосходит соответствующие показатели стандартного сорта. У сорта Судогда крупное зерно, средняя масса 1000 зерен равна 40,4 г, что выше стандарта на 3,1 г. Новый сорт отличается плотным колосом (26 колосков на 10 см колосового стержня). Все это оказывает заметное влияние на величину урожая (таблица 4).

По результатам конкурсного сортоиспытания во ВНИИОУ и государственных испытаниях на сортоучастках Северо-Западного и Центрального регионов Российской Федерации у сорта Судогда зафиксирована повышенная устойчивость к прорастанию зерна на корню (4,5 балла) и к осыпанию. Новый сорт также отличался высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью в сравнение со стандартом (таблица 5).

В годы конкурсного сортоиспытания новый сорт формировал высококонатурное зерно, по данному показателю Судогда превысила стандартный сорт Доктрина 110 на 2,3 %. Сорт также отличался высокой стекловидностью (79 %), повышенным содержанием в зерне белка (15 %) и крахмала (65 %), превысив по этим показателям стандартный сорт (таблица 6).

В течение 2018–2020 гг. сорт Судогда проходил государственные испытания на сортоучастках Центрального и Северо-Западного регионов РФ, где его средняя урожайность составила 3,78 т/га. Макси-

мальная (6,96 т/га) получена на Гатчинском государственном сортоучастке (Ленинградская область). Сорт устойчив к пыльной и твердой головне, слабо восприимчив к бурой и стеблевой ржавчинам, мучнистой росе. В полевых условиях на уровне стандартного сорта поражен септориозом листьев.

Сравнительный анализ сорта Судогда со стандартом Доктрина 110 показал, что даже в засушливых условиях 2016 года у нового сорта урожайность в конкурсном сортоиспытании была выше на 11,2 %, что указывает на высокую результативность селекции по повышению его стрессоустойчивости.

Внедрение в производство новых сортов озимой тритикале неразрывно связано с их эффективностью, при оценке которой в первую очередь учитывается окупаемость затрат на их возделывание [22]. В таблице 7 представлен расчет экономической эффективности возделывания сорта Судогда исходя из современной рыночной стоимости продукции, производственных затрат и урожайности. В сравнение со стандартным сортом Доктрина 110 новый обеспечивал условно чистый доход 40 520 руб/га, рентабельность выше сорта-стандарта Доктрина 110 на 19,6 % (таблица 7).

Сорт озимой тритикале Судогда допущен к использованию по Северо-Западному региону с 2021 года. Получен патент № 12408 от 14.11.2022 г.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

С использованием методов экологической селекции в Верхневолжском ФАНЦ выведен новый стрессоустойчивый, высокоурожайный сорт тритикале озимой Судогда зернокормового назначения.

Таблица 4

#### Показатели основных признаков продуктивности сорта озимой тритикале Судогда

Показатель	Доктрина 110, стандарт	Судогда	± к стандарту
Высота, см	81	77	-4
Длина колоса, см	8,4	9,2	+0,8
Продуктивная кустистость, шт.	1,2	1,3	+0,1
Число колосков в колосе, шт.	20,1	23,9	+3,8
Число зерен в колоса, шт.	33,3	34,6	+1,3
Масса 1000 зерен, г	36,9	40,4	+3,1
Плотность колоса, количество колосков на 10 см колосового стержня	24	26	+2

Table 4

#### Indicators of the main signs of productivity of the winter triticale variety Sudogda

Indicator	Doktrina 110, standard	Sudogda	± to the standard
Height, cm	81	77	-4
Ear length, cm	8.4	9.2	+0.8
Productive bushiness, pcs.	1.2	1.3	+0.1
Umber of spikelets in the ear, pcs.	20.1	23.9	+3.8
Umber of grains per ear, pcs.	33.3	34.6	+1.3
Weight of 1000 grains, g	36.9	40.4	+3.1
Ear density, the number of spikelets per 10 cm of the ear shaft	24	26	+2

Таблица 5

Биологическая характеристика сорта озимой тритикале Судогда в конкурсном сортоиспытании, 2015–2017 гг.

Признак	Судогда		Доктрина 110 (стандарт)	
	min–max	Среднее	min–max	Среднее
Вегетационный период, дни	300–306	303	302–309	305
Зимостойкость, %	90–97	95	88–94	92
Засухоустойчивость, балл	4,5	4,5	4,3	4,3
Устойчивость к полеганию, балл	4,9–5,0	5,0	4,9–5,0	5,0
Осыпаемость, балл	1,0	1,0	1,0	1,0
Устойчивость к прорастанию зерна в колосе, балл	4,5	4,5	3,5	3,5
Поражение, %:				
бурой ржавчиной	10–20	–	10–20	–
септориозом	10–20	–	10–30	–
мучнистой росой	0	–	0	–

Agrotechnologies

Table 5

Biological characteristics of the winter triticale variety Sudogda in competitive variety testing, 2015–2017

Sign	Sudogda		Doktrina 110 (standard)	
	min–max	Average	min–max	Average
Growing season, days	300–306	303	302–309	305
Winter hardiness, %	90–97	95	88–94	92
Drought resistance, points	4.5	4.5	4.5	4.5
Resistance to lodging, points	4.9–5.0	5.0	4.9–5.0	5.0
Crumbing, points	1.0	1.0	1.0	1.0
Resistance to germination of grain in the ear, points	3.5	3.5	3.5	3.5
Defeat, %:				
brown rust	10–20	–	10–20	–
septoria	10–20	–	10–20	–
powdery mildew	0	–	0	–

Таблица 6

Качественные показатели зерна сорта озимой тритикале Судогда в конкурсном сортоиспытании, среднее, 2015–2017 гг.

Признак	Судогда		Доктрина 110 (стандарт)	
	min–max	Среднее	min–max	Среднее
Натура, г/л	690–714	704	679–690	688
Стекловидность, %	76–82	79	75–80	77
Содержание белка в зерне, %	14,8–15,4	15,0	14,2–14,7	14,5
Содержание крахмала, %	64,8–68,6	65,0	65,0–67,1	64,3

Table 6

Qualitative indicators of winter triticale Sudogda grain in competitive variety testing, average, 2015–2017

Sign	Sudogda		Doktrina 110 (standard)	
	min–max	Average	min–max	Average
Nature, g/l	690–717	704	679–690	688
Glassiness, %	76–82	79	75–80	77
Protein content in grain, %	14.8–15.4	15.0	14.2–14.7	14.5
Starch content, %	64.8–68.6	65.0	65.0–67.1	64.3



Таблица 7

Экономическая эффективность возделывания сорта озимой тритикале Судогда

Агротехнологии

Показатель	Доктрина 110, (стандарт)	Судогда
Урожайность, т/га	4,14	4,68
Прибавка урожайности, т/га	–	0,54
Средняя цена зерна, руб/т	14 000	14 000
Стоимость продукции, руб/га	57 960	65 520
Производственные затраты, руб/га	24 000	25 000
Себестоимость зерна, руб/т	5 797	5 342
Уровень снижения себестоимости, %	–	8,5
Условно чистый доход, руб/га	33 960	40 520
Уровень рентабельности, %	141,5	162,1

Table 7

Economic efficiency of cultivation of the winter triticale variety Sudogda

Indicator	Doktrina 110 (standard)	Sudogda
Yield, t/ha	4.14	4.68
Yield increase, t/ha	–	0.54
Average grain price, rub/t	14 000	14 000
Cost of production, rub/ha	57 960	65 520
Production costs, rub/ha	24 000	25 000
Cost of grain, rub/t	5 797	5 342
The level of cost reduction, %	–	8.5
Conditional net income, rub/ha	33 960	40 520
Profitability level, %	141.5	162.1

Новый сорт Судогда в конкурсном сортоиспытании (2015–2017 гг.) отличался высокой урожайностью зерна, достоверно превышал стандартный сорт Доктрина 110 в среднем на 0,54 т/га.

Сорт Судогда выделялся высокой зимостойкостью (95 %) и морозостойкостью, устойчивостью или слабой восприимчивостью к основным болезням зерновых культур, распространенных в центре и северо-западе России. Сорт толерантен к бурой и стеблевой ржавчинам, не поражается мучнистой

росой, в средней степени, на уровне стандарта Доктрина 110, поражается септориозом листьев (10–20 %).

Возделывание сорта яровой тритикале Судогда экономически выгодно, его уровень рентабельности составляет 162,1 %. Сорт может эффективно возделываться при низкокзатратных технологиях, без применения пестицидов, что благотворно сказывается на экологии окружающей среды.

#### Библиографический список

1. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России // Кормопроизводство. 2022. № 10. С. 3–8.
2. Гончаров Н. П., Косолапов В. М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 4. С. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039.
3. Loskutov I. G., Khlestkina E. K. Wheat, barley, and oat breeding for health benefit components in grain // Plants. 2021. № 1 (10). Article number 86. DOI: 10.3390/plants10010086.
4. Сельское хозяйство России [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf) (дата обращения: 06.08.2023).
5. Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Тритикале. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2019. 240 с.
6. Сидорова О. Т., Пилипенко Н. Г., Сидорова Л. П., Харченко Н. Ю. Урожайность и кормовые качества тритикале в смешанных посевах с зернобобовыми культурами в Забайкальском крае // Кормопроизводство. 2019. № 9. С. 22–26. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.38416.
7. Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Фомин С. И. Кормовая ценность сортов озимой тритикале в Средневолжском регионе // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 47–51. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10711.
8. Ayalew H., Kumssa T. T., Butler T., Ma X. F. Triticale improvement for forage and cover crop uses in the Southern Great Plains of the United States // Frontiers in plant science. 2018. No. 9. Article number 1130.

9. Glamoclija N., Starcevic M., Ciric J., Sefer D., Glisic M., Baltic M., Glamoclija D. The importance of triticale in animal nutrition // Ветеринарски журнал Републике Српске. 2018. No. 18 (1). Pp. 84–94.
10. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses // Food Chemistry. 2018. No. 241. Pp. 468–479.
11. Медведев А. М., Пома Н. Г., Осипов В. В., Осипова О. В., Лисеенко Е. Н., Серебренникова И. Н. К вопросу создания сортов озимой тритикале с высокими показателями продуктивности и качества зерна в Центральном районе Нечерноземной зоны России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 1 (29). С. 89–93. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11078.
12. Ковтуненко В. Я., Панченко В. В., Калмыш А. П. Новый сорт яровой тритикале Савва // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы V Международной научно-практической конференции. Киров, 2019. С. 81–84.
13. Посевные площади тритикале в России. Итоги 2019 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnyie-ploshchadi-tritikale-v-rossii-itogi-2019-goda.html> (дата обращения: 07.04.2023).
14. Скатова С. Е., Тысленко А. М., Зуев Д. В. Методика полевого опыта в селекции ярового тритикале в Центре Нечерноземной зоны // Владимирский земледелец. 2019. № 2. С. 41–45. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10066.
15. Suresh N., Bishnoi O. P., Belh R. K., Munjal R. Study on potentials of triticale as an alternative of wheat in India // Journal of Pharmacognosy and Rhytochemistry. 2020. No. 9 (1). Pp. 898–901.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. Москва: Госсортокмиссия, 2019. 329 с.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Альянс, 2014. 351 с.
18. Гриб С. И., Буштевич В. Н. Приоритетные направления и результаты селекции тритикале в Беларуси. Тритикале // Селекция, генетика, агротехника и технология переработки сырья: материалы заседания секции тритикале ОСХН РАН онлайн. Ростов-на-Дону, 2021. С. 19–33. DOI: 10.34924/FRARC.2020.35.87.002.
19. Абделькави Р. Н., Соловьев А. А. Оценка генотипов яровой тритикале по продолжительности фенотипов, урожайности и качеству зерна // Кормопроизводство. 2019. № 10. С. 27–31. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.43412.
20. Степочкин П. И., Емцева М. В. Изучение межфазного периода «всходы-колошение» у исходных родительских форм и гибридов тритикале с разными генами VRN // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 5. С. 530–533. DOI: 10.18699/VJ17-22-0.
21. Характеристики сортов растений, впервые включенных в 2021 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: официальное издание. Москва: Росинформагротех, 2021. 404 с.
22. Левакова О. В., Костаньянц М. И., Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 1. С. 36–43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43.

#### Об авторах:

**Сергей Михайлович Лукин**, доктор биологических наук, директор филиала, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, д. Вяткино, Владимирская область, Россия; ORCID 0000-0002-1643-8109, AuthorID 123229. *E-mail: vnion@vtsnet.ru*

**Анатолий Михайлович Тысленко**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, д. Вяткино, Владимирская область, Россия; ORCID 0000-0002-9493-7691, AuthorID 128558. *E-mail: tslo@bk.ru*

**Елена Владиславовна Марчук**, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, д. Вяткино, Владимирская область, Россия; ORCID 0009-0007-4463-2404, AuthorID 609923. *E-mail: e.mar4uk2014@yandex.ru*

**Екатерина Ивановна Золкина**, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, д. Вяткино, Владимирская область, Россия; ORCID 0009-0008-0906-7494, AuthorID 609924. *E-mail: ek.zolkina2017@yandex.ru*

**Юлия Михайловна Климкина**, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, д. Вяткино, Владимирская область, Россия; ORCID 0009-0004-7879-7416, AuthorID 691267.  
E-mail: yulenska\_teplova@mail.ru

### References

1. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I., Kostenko S. The current state and challenges for the feed industry in Russia. *Kormoproizvodstvo*. 2022; 10: 3–8. (In Russ.)
2. Goncharov N. P., Kosolapov V. M. Plant breeding is the basis of Russia's food security. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25 (4): 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039. (In Russ.)
3. Loskutov I. G., Khlestkina E. K. Wheat, barley, and oat breeding for health benefit components in grain. *Plants*. 2021; 1 (10): 86. DOI: 10.3390/plants10010086. (In Russ.)
4. Agriculture of Russia [Internet] [cited 2023 Aug 06] Available from: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SX\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SX_2021.pdf) 06.08.2023).
5. Grabovets A. I., Krokhal' A. V. *Triticale*. Rostov-on-Don: OOO "Izdatel'stvo "Yug", 2019. 240 p. (In Russ.)
6. Sidorova O. T., Pilipenko N. G., Sidorova L. P., Kharchenko N. Yu. Yield and feed qualities of triticale in mixed crops with leguminous crops in the Trans-Baikal Territory. *Kormoproizvodstvo*. 2019; 9: 22–26. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.38416. (In Russ.)
7. Ponomarev S. N., Ponomareva M. L., Fomin S. I. Feed value of winter triticale varieties in the Middle Volga region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32 (7): 47–51. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10711. (In Russ.)
8. Ayalew H., Kumssa T. T., Butler T., Ma X. F. Triticale improvement for forage and cover crop uses in the Southern Great Plains of the United States. *Frontiers in plant science*. 2018; 9: 1130.
9. Glamoclija N., Starcevic M., Ciric J., Sefer D., Glisic M., Baltic M., Glamoclija D. The importance of triticale in animal nutrition. *Veterinarski žurnal Republike Srpske*. 2018; 18 (1): 84–94.
10. Zhu F. Triticale: Nutritional composition and food uses. *Food Chemistry*. 2018; 241: 468–479.
11. Medvedev A. M., Poma N. G., Osipov V. V., Osipova O. V., Liseenko E. N., Serebrennikova I. N. On the issue of creating winter triticale varieties with high rates of productivity and quality of grain in the Central Region of the Non-Black Earth Zone of Russia. *Legumes and Groat Crops*. 2019; 1 (29): 89–93. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11078. (In Russ.)
12. Kovtunen V. Ya., Panchenko V. V., Kalmysh A. P. A new variety of spring triticale Savva. *Methods and technologies in plant breeding and crop production: materials of the V International Scientific and Practical Conference*. Kirov, 2019. Pp. 81–84. (In Russ.)
13. Statistics [Internet] [cited 2023 Apr 07]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnyeploshchadi-tritikale-v-rossii-itogi-2019-goda.html>.
14. Skatova S. E., Tyslenko A. M., Zuev D. V. Method of a field experiment in spring triticale selection in the center of Non-black soil region. *Vladimir agriculturist* 2019; 2: 41–45. (In Russ.)
15. Suresh N., Bishnoi O. P., Belh R. K., Munjal R. Study on potentials of triticale as an alternative of wheat in India. *Journal of Pharmacognosy and Rhytochemistry*. 2020; 9 (1): 898–901.
16. The methodology of the state variety testing of agricultural crops. Issue 1. General part. Moscow: Gossortkomissiya, 2019. 329 p. (In Russ.)
17. Dospikhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition. Moscow: Alliance, 2014. 351 p. (In Russ.)
18. Grib S. I., Bushtevich V. N. Priority directions and results of triticale breeding in Belarus. *Breeding, genetics, agricultural technology and raw material processing technology: materials of the meeting of the triticale section of the OSCE RAS online*. Rostov-on-Don, 2021. Pp. 19–33. (In Russ.)
19. Abdel'kavi R. N., Solov'ev A. A. Evaluation of spring triticale genotypes by duration of phenophases, yield and grain quality. *Kormoproizvodstvo*. 2019; 10: 27–31.
20. Stepochkin P. I., Emtseva M. V. Study of the interphase period "shoots-earring" in the original parent forms and triticale hybrids with different VRN genes. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* 2017; 21 (5): 530–533. DOI: 10.18699/VJ17-22-o (In Russ.)
21. Characteristics of plant varieties included in Public Register of Breeding Achievements in 2021 for the first time and approved for use: official publication. Moscow: Rosinformagrotekh, 2021. 404 pp. (In Russ.)
22. Levakova O. V., Kostanyants M. I. Galatea is a new variety of winter wheat for the Central Region of the Russian Federation. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 1 (23): 36–43. (In Russ.)

**Authors' information:**

**Sergey M. Lukin**, doctor of biological sciences, branch director, All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – Branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, Vyatkino village, Vladimir region, Russia; ORCID 0000-0002-1643-8109, AuthorID 123229. *E-mail: vnion@vtsnet.ru*

**Anatoliy M. Tyslenko**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – Branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, Vyatkino village, Vladimir region, Russia; ORCID 0000-0002-9493-7691, AuthorID 128558. *E-mail: tslo@bk.ru*

**Elena V. Marchuk**, senior researcher, All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – Branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, Vyatkino village, Vladimir region, Russia; ORCID 0009-0007-4463-2404, AuthorID 609923. *E-mail: e.mar4uk2014@yandex.ru*

**Ekaterina I. Zolkina**, researcher, All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – Branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, Vyatkino village, Vladimir region, Russia; ORCID 0009-0008-0906-7494, AuthorID 609924. *E-mail: ek.zolkina2017@yandex.ru*

**Yuliya M. Klimkina**, researcher, All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat – Branch of the Verkhnevolzhsky Federal Agrarian Scientific Center, Vyatkino village, Vladimir region, Russia; ORCID 0009-0004-7879-7416, AuthorID 691267. *E-mail: yulenka\_teplova@mail.ru*



## Качество зерна яровой мягкой пшеницы в Северо-Казахстанской области Республики Казахстан

Г. В. Тоболова ✉, Ю. П. Логинов

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉ E-mail: [tg60@mail.ru](mailto:tg60@mail.ru)

**Аннотация.** Цель – провести исследование качества зерна производственных посевов яровой мягкой пшеницы для продовольственного назначения в условиях Казахстана. **Методы.** Испытание сортов яровой мягкой пшеницы производственных посевов проводили 2019–2020 гг. в природно-климатических условиях Северо-Казахстанской области Республики Казахстан. В полевых условиях определяли осыпаемость и прорастание зерна. В лабораторных условиях – содержание клейковины, белка, натуру зерна и число падения. Определяли рефракцию зерновой массы. Для исследований применяли методики, определенные Государственными стандартами. **Результаты.** В исследования были включены сорта яровой мягкой пшеницы разных групп спелости Боевчанка, Омская 36, Омская 38 и Уралосибирская. В среднем за два года сильнее всего осыпались Омская 36 (9,1 %) и Уралосибирская (9 %). Прорастание зерен на корню максимальным было у сорта Омская 38 (3,4 %). Общая рефракция зерновой массы пшеницы в 2019 г. составила 3,3, а в 2020 – 3,8 из-за увеличения сортовой примеси и ценных зерновых отходов на 0,5 %. Среди исследованных сортов максимальное количество клейковины (30 %) и белка (15,7 %) имел сорт Боевчанка. Анализ натуры зерна показал, что наиболее качественное зерно сформировали сорта Омская 36 (740 г/л) и Боевчанка (733,9 г/л). Число падения у сортов изменялось относительно погодных условий. Сортовых различий не было выявлено. **Научная новизна.** Впервые были изучены показатели качества зерна мягкой яровой пшеницы для целевого назначения. Возделываемые на предприятии сорта пшеницы формировали зерно II и III класса на продовольствие.

**Ключевые слова:** мягкая яровая пшеница, сорта, клейковина, содержание белка, прорастание, рефракция, продовольственное зерно

**Для цитирования:** Тоболова Г. В., Логинов Ю. П. Качество зерна яровой мягкой пшеницы в Северо-Казахстанской области республики Казахстан // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 472–481. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-472-481>.

**Дата поступления статьи:** 04.05.2023, **дата рецензирования:** 25.06.2023, **дата принятия:** 10.07.2023.

## Grain quality of spring soft wheat in the North Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan

G. V. Tobolova ✉, Yu. P. Loginov

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

✉ E-mail: [tg60@mail.ru](mailto:tg60@mail.ru)

**Abstract.** The purpose is to conduct a study of the quality of grain of industrial crops of soft spring wheat for food purposes in the conditions of Kazakhstan. **Methods.** The studies were carried out in 2019–2020 on industrial crops of spring soft wheat in the conditions of the North Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan. Under field conditions, grain shattering and germination were determined. Under laboratory conditions – the content of gluten,

protein, the nature of the grain and the falling number. The refraction of the grain mass was determined. The studies were carried out using conventional methods. **Results.** Four wheat varieties Boevchanka, Omskaya 36, Omskaya 38 and Uralosibirskaya were studied. On average, over two years, Omskaya 36 (9.1 %) and Uralosibirskaya (9 %) crumbled the most. The germination of grains on the vine was the highest in variety Omskaya 38 (3.4 %). The total refraction of wheat grain mass in 2019 was 3.3, and in 2020 – 3.8, due to an increase in graded impurities and valuable grain waste by 0.5 %. Among the studied varieties, the Boevchanka variety had the maximum amount of gluten (30 %) and protein (15.7 %). An analysis of the nature of the grain showed that the varieties Omskaya 36 (740 g/l) and Boevchanka (733.9 g/l) formed the highest quality grain. The fall number of varieties varied with weather conditions. No varietal differences were found. **Scientific novelty.** For the first time, the grain quality indicators of soft spring wheat for the intended purpose were studied. Wheat varieties cultivated at the enterprise formed grain II and III class for food.

**Keywords:** soft spring wheat, varieties, gluten, protein content, germination, refraction, food grain

**For citation:** Tobolova G. V., Loginov Yu. P. Grain quality of spring soft wheat in the North Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 472–481. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-472-481>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 04.05.2023, **date of review:** 25.06.2023, **date of acceptance:** 10.07.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

К основным зерновым культурам относится пшеница, занимающая наибольшие посевные площади в мире. Тремя крупнейшими производителями зерна пшеницы являются такие страны, как Китай (17,8 %), Индия (14,2 %) и Россия (9,9 %). Потребление зерна пшеницы с каждым годом увеличивается. К основным потребителям зерна пшеницы в мире относятся Китай, Индия и Египет.

В связи с этим с каждым годом увеличивается потребление российского зерна, и, по данным В. М. Зимнякова, А. А. Курочкина и др., к 2030 году доля российской пшеницы на мировом рынке повысится до 43 % [1].

Крупным поставщиком зерна пшеницы является Казахстан, его доля на мировом рынке составляет 1,5 %. Общий сбор пшеницы с 2019 по 2021 год составил в среднем 12,9 млн тонн.

Северо-Казахстанская область, граничащая с прилегающими лесостепными районами Тюменской области, имеет сходные с ней почвенные и природно-климатические условия.

В связи с этим в Северо-Казахстанской и Тюменской областях возделываются сорта яровой мягкой пшеницы степного экотипа: Омская 18, Омская 19, Омская 28, Омская 35, Омская 36, Омская 38, Памяти Азиева. Перспективными для возделывания в Казахстане считаются сорта местной селекции: Акмола 2, Астана, Астана 2, Казахстанская ранне-спелая, Карабалыкская 20, Карабалыкская 90, Кондитерская яровая, Целинная 3С, Шортандинская 95 улучшенная, Шортандинская 2012, Эритроспермум 35 и другие. В настоящее время соотношение российских и казахстанских сортов в посевах составляет 60–70 % и 30–40 % соответственно.

Многочисленные исследования сортов яровой мягкой пшеницы по зонам Тюменской области

показали тесную связь урожайности с влаго- и теплообеспеченностью растений, всхожестью и продуктивной кустистостью; взаимосвязь продуктивности растений с продолжительностью вегетационного периода и ГТК [2–5].

Большое внимание наряду с увеличением продуктивности сортов уделяется и качеству зерна.

Для получения высококачественного зерна наряду с передовыми технологиями необходимо использовать перспективные адаптированные к местным условиям сорта [6–9].

В Тюменской области сортами сильной пшеницы засевают около 30 % пашни, занятой под пшеницей. Сортами ценной пшеницы занято 40 % полей.

Однако под влиянием складывающихся погодных условий они не всегда реализуют свой генетический потенциал. По мнению Р. И. Белкиной и др., необходимо исследовать в условиях региона сырьевую ценность зерна, возделываемых в производстве сортов яровой мягкой пшеницы и сортов, находящихся в государственном сортоиспытании [10; 11].

Исследования в этом направлении были проведены в лаборатории качества продукции растениеводства АБЦ Государственного аграрного университета Северного Зауралья. Анализ показателей качества показал, что сорта яровой пшеницы Новосибирская 31, Челябинская степная, Тюменская 27 и Ирень соответствовали требованиям второго класса государственного стандарта на продовольственную пшеницу. Кроме того, были выявлены корреляционные связи и особенности формирования клейковины, белка природы зерна в условиях третьей зоны Тюменской области [12].

В условиях Казахстана были выделены высококачественные сорта, в группе среднеранних – Карагандинская 22, среднеспелых – Асыл-Сапа, Орал, Шортандинская 2007, среднепоздних – Карабалык-

ская 90, Шортандинская 95 улучшенная и Омская 18. Повышенное содержание и качество клейковины сформировал сорт Акмола 2 (клейковина – 29,3 %; ИДК – 74 ед.). По результатам исследования были выделены 73,3 % сортов с повышенным содержанием протеина (более 14 %). Отмечена сильная положительная связь между такими показателями, как содержание белка, содержание клейковины и водопоглощительная способность: 0,88 и 0,83 соответственно. Выделенные сорта яровой мягкой пшеницы могут быть использованы в селекции на качество зерна [13].

Для увеличения производства, в том числе высококачественного зерна пшеницы, по мнению А. И. Алтухова, необходимо совершенствовать организационно-экономические механизмы сельскохозяйственного производства [14].

Целью наших исследований было изучение основных показателей качества зерна яровой мягкой пшеницы в производственных посевах «Атамекен-Агро-Целинный» Северо-Казахстанской области Республики Казахстан.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в ТОО «Атамекен-Агро-Целинный», расположенном в районе им. Габита Мурсеева Северо-Казахстанской области Республики Казахстан в 2019–2020 гг. Наибольшие посевные площади в структуре этого хозяйства занимает мягкая пшеница (33,1 %). В исследование были включены среднеранние сорта пшеницы Боевчанка, Омская 36; среднеспелый сорт Омская 38 и среднепоздний Уралосибирская селекции ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Все сорта относились к разновидности лютесценс.

*Боевчанка.* Происхождение: (Саратовская 60 × Лютесценс 150/86-10) × (Саратовская 62 × Bastian). Масса 1000 зерен – 35–40 г. Содержание белка – 16,1 %. Содержание сырой клейковины – 32,7–40 %. Натура зерна – 768–780 г/л, выход хлеба – 1168 см<sup>3</sup>. Отличается высокими хлебопекарными качествами, отнесена к сильной пшенице. Сорт включен в Госреестр РФ с 2009 года.

*Омская 36.* Происхождение: Лютесценс 150/86 × Рунар (Норвегия). Масса 1000 зерен – 39–46 г. Содержание белка – 15,0 %. Содержание сырой клейковины – более 32 %. Натура зерна – 820 г/л. Отнесена к ценным по качеству сортам пшеницы. Включена в Госреестр по РФ с 2007 года.

*Омская 38.* Происхождение: Лютесценс 61/89-100 × (Омская 20 × Омская 24). Показатель массы тысячи зерен – 33–42 г. Содержание белка – 13,5–16,5 %. Содержание сырой клейковины – 28,2–32,5 %. Натура зерна – 747 г/л. Стекловидность – 59 %, сила муки – 275–567 е. а., валориметр – 75 е. в., объем хлеба – 1098–1130 см<sup>3</sup> Общая хлебопекарная оценка – 4,4 балла. Включен в Госреестр РФ с 2010 года.

*Уралосибирская.* Происхождение: Лютесценс 13/93-133 × Казанская Юбилейная. Масса 1000 зерен – 40–45 г. Содержание сырой клейковины – 31,5–37 %, содержание белка – 15,6 %, натура зерна – 736–810 г/л. Объемный выход хлеба – 1010 см<sup>3</sup>. Хлебопекарная оценка – 4,4 балла. Включен в Госреестр РФ с 2007 года.

Яровую мягкую пшеницу в 2019 году высевали на площади 7848 га. Количество исследованных полей составляло от 4 до 10 по каждому сорту. В 2020 году площадь посева увеличилась до 15 602 га. Репрезентативность выборки составила 4–16 вариантов.

Технология возделывания: предшественниками пшеницы в 2019 году были чечевица, лен, рапс и залежь. Минеральные удобрения: аммиачная селитра 42–97 кг/га и аммофос в дозе 64 кг/га. В производственных посевах использовали два типа обработок: первая – минимальная с использованием почвенных гербицидов, вторая – No-Till. Посев проводили 9–24 мая. Гербицидную и инсектицидную обработки проводили однократно на площади 7848 га, двукратно – 5982 га. Убирали пшеницу прямым комбайнированием с 17 сентября по 3 октября комбайнами TORUM 785 и John Deere X9. Раздельный способ уборки применили на площади 321 га сорта Омская 38.

В 2020 году проводили минимальную обработку почвы под пшеницу. Перед посевом вносили аммиачную селитру в дозе 99–110 кг/га. Посев пшеницы провели в срок с 30 апреля по 25 мая. Сорт Боевчанка высевали по зерновому предшественнику – пшеница. Остальные сорта были высеваны по гороху, вике, суданской траве и вико-овсяной смеси. Уход за посевами заключался в борьбе с сорной растительностью, болезнями и вредителями. Химическая прополка проводилась однократно. Для ускорения созревания пшеницы посевы опрыскивали препаратом «Торнадо-540» опрыскивателем John Deere 4730, AMAZONE Pantera 4502. Норма расхода рабочей жидкости составила 50 г/л. Пшеницу убирали напрямую комбайнами TORUM 785 и John Deere X9 с 6 августа по 13 сентября.

Климат Северного Казахстана резко континентальный. Лето жаркое, сухое, с сильными ветрами, дующими в сторону Ледовитого океана, и суровая зима из-за вторжения континентального арктического воздуха с севера.

В связи с этим средние многолетние температуры самого холодного месяца января – около –18,5 °С на севере. Средние многолетние температуры самого жаркого месяца в году июля доходят до +19 °С на севере. Среднегодовое количество осадков варьируется от 290–295 мм до 425–435 мм [15]. Поэтому обеспеченность растений пшеницы теплом и влагой в годы исследований были разными.

Анализ погодных условий в 2019 году показал, что температурный режим немного превышал по месяцам среднее многолетние данные. Исключение составил июнь – на 2,1 °С ниже многолетних значений, однако осадков в июне выпало на 15 мм больше, чем по многолетним данным. Июль характеризовался повышенными температурами и дефицитом осадков (–22,2 мм). На посевах проявились признаки атмосферной засухи. На налив и созревание зерна пшеницы положительное влияние оказали умеренные осадки первой декады августа и невысокие температуры воздуха (таблица 1).

Налив зерна также проходил в относительно благоприятных условиях второй половины августа и в сентябре. Таким образом, сложившиеся погодные условия позволили получить в 2019 году неплохую урожайность.

В 2020 году наблюдалось превышение температурного фона во время вегетации по месяцам на 0,4–4,8 градусов. Исключение составил июнь, когда среднесуточная температура была на 1,7 °С ниже многолетних значений. Выпавшие выше нормы осадки мая обеспечили растениям дружные всходы. Однако в дальнейшем низкое количество осадков сказалось на развитии растений, цветении и наливе зерна. Критичным оказался июль: нехватка влаги составила 40,1 %. Кроме того, остаточные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в послеуборочный период 2019 года по стерне составили 71,4–98,8 мм [16].

В целом 2020 год оказался более засушливым по сравнению с 2019, что привело к недобору урожая пшеницы.

Для определения показателей качества зерна использовали ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия». Натуру зерна изучали в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 10840-2017 «Зерно. Метод определения натуры».

Математическую обработку данных проводили согласно Б. Д. Кирюшину и др. [17].

### Результаты (Results)

К основным показателям качества зерна, характеризующим потребительские свойства пшеницы, относятся содержание белка, натура, клейковина и ее качество, которые в итоге влияют на хлебопекарную оценку муки. Кроме того, большое внимание уделяется показателям, характеризующим общий сбор зерна на предприятиях.

Осыпаемость зерна считается важнейшим из них, особенно для условий Северного Казахстана. Возделываемые сорта пшеницы обладают разной устойчивостью к осыпанию из-за своих генетических особенностей и длительному перестояю посевов. По мнению В. А. Ганеева [18; 19], необходимо вести селекционную работу в этом направлении для снижения потери зерна в поле.

Анализ осыпаемости зерна пшеницы показал, что в 2019 году в среднем по сортам осыпание составило 7,4 %, сильнее всего осыпалась Омская 36 (8 %). Максимальное осыпание зерна было отмечено у сорта Омская 38 (10 %), высеянной на поле площадью 321 га с низким рельефом. Недостаток влаги в 2020 году привел к увеличению осыпаемости зерна у сортов. Максимальное осыпание зерна отмечено у сорта Боевчанка (10,6 %), и только у

Таблица 1  
Погодные условия, 2019–2020 гг.

Показатели	Месяц/год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Температура, °С	2019	13,5	16,1	21,0	18,0	11,0
	2020	17,5	16,5	22,0	19,6	11,5
	Средние многолетние значения	12,7	18,2	19,7	17,3	11,1
Осадки, мм	2019	21,3	52,0	43,8	34,1	19,2
	2020	36,1	24,9	26,5	34,9	29,5
	Средние многолетние значения	31	37	66	47	33

Table 1  
Weather conditions, 2019–2020

Indicators	Month/year	May	June	July	August	September
Temperature, °C	2019	13.5	16.1	21.0	18.0	11.0
	2020	17.5	16.5	22.0	19.6	11.5
	Average long-term values	12.7	18.2	19.7	17.3	11.1
Precipitation, mm	2019	21.3	52.0	43.8	34.1	19.2
	2020	36.1	24.9	26.5	34.9	29.5
	Average long-term values	31	37	66	47	33



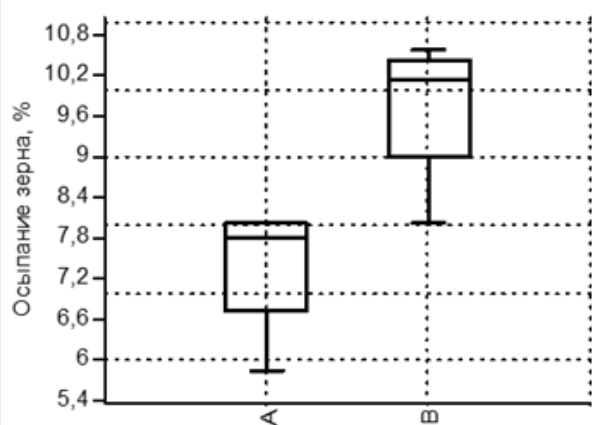


Рис. 1. Осыпание зерна сортов яровой пшеницы, % (A-2019 г., B-2020 г.)

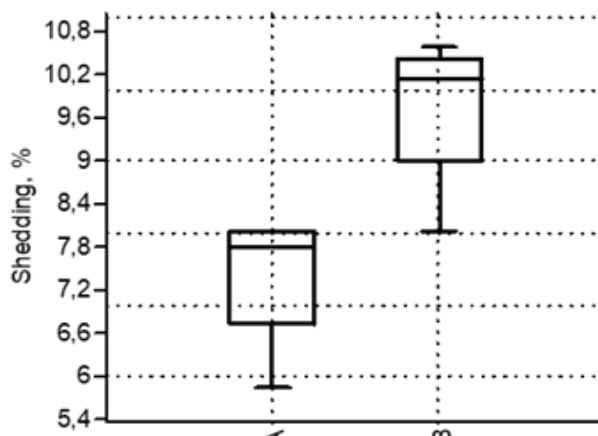


Fig. 1. Shedding of grain of spring wheat varieties, % (A-2019, B-2020)

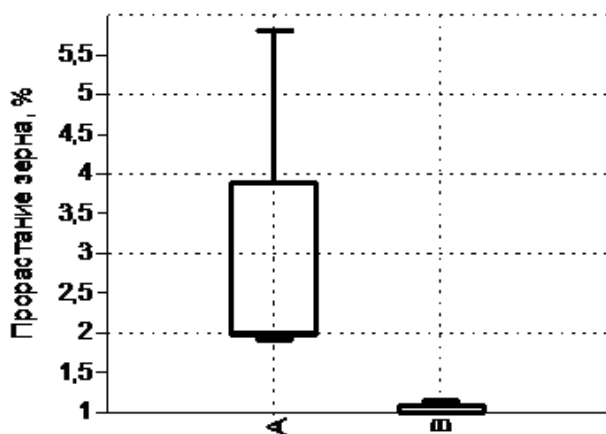


Рис. 2. Прорастание зерна в колосе сортов яровой пшеницы, % (A – 2019 г., B – 2020 г.)

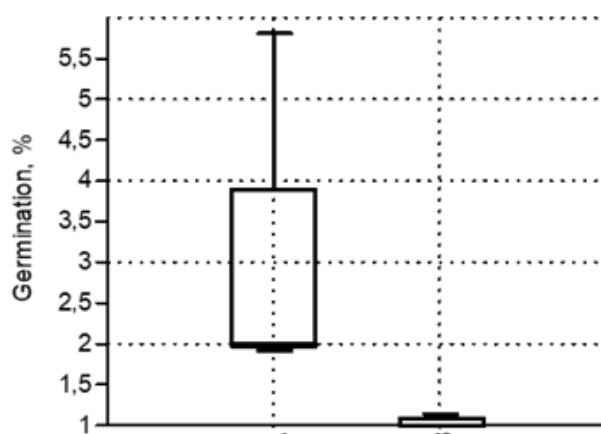


Fig. 2. Grain germination in an ear of spring wheat varieties, % (A – 2019, B – 2020)

Омской 36 осыпание составило 8 % зерна. В среднем за 2019–2020 гг. более склонными к осыпанию были сорта Омская 36 (9,1 %, CV = 17,4 %) и Уралосибирская (9 %, CV = 15,7 %) (рис. 1).

Избыточное переувлажнение в период созревания зерна задерживает уборку и способствует прорастанию зерна в колосе. Селекция на устойчивость к прорастанию на корню затруднена тем, что признак подвержен сильному варьированию в зависимости от условий года, а качество зерна одного и того же сорта может значительно колебаться по годам [20].

Анализ прорастания зерна на корню показал, что в 2019 году минимальное значение было у сорта Боевчанка – 1,9 %. Максимальное количество проросших зерен ко времени уборки подсчитано на отдельном поле площадью 321 га сорта Омская 38 (40 %).

В более засушливом 2020 году прорастания зерна практически не наблюдалось. Максимальное значение было отмечено у сорта Боевчанка (1,14 %).

В среднем за годы исследований в условиях Северо-Казахстанской области этот показатель не

превышал допустимых значений. Наибольшее значение имел сорт Омская 38 (3,4 %) при максимальном варьировании этого показателя (CV = 99,8 %) (рис. 2).

Таким образом, показатель «осыпание зерна» в производственных посевах пшеницы не превысил 10 %. Показатель «прорастание зерна в колосе» составил около 2 %, кроме сорта Омская 38 (CV = 99,8 %).

Рефакция – это уменьшение веса партий зерна из-за содержания в ней поврежденных и испорченных зерен основной культуры, зерен других видов растений и сорняков, а также сорной примеси. В результате при приеме зерна на элеваторах уменьшается его зачетная масса. Уровень рефакции зависит от сложившихся погодных условий в регионах и изменяется от 3–3,5 % на юге до 8–8,8 % и более на севере.

Анализ зерновой массы после доработки в ТОО «Атамекен-Агро-Целинный», показал, что общая рефакция в 2019 году составила 3,3 %, в 2020 году из-за сложившихся погодных условий она увеличилась на 0,5 %.

Основные фракции составляли ценные зерноотходы, малоценные зерноотходы, усушка и сорная примесь (рис. 3). Наибольшие потери в среднем за два исследованных года отмечены из-за усушки зерна – 1,8 %. Влажные условия 2019 года привели к тому, что из общей массы было исключено 288,6 тонны зерна. Количество ценных зерновых отходов и сорной примеси было выше на 0,5 % в 2020 году по сравнению с 2019 годом. Таким образом, из общей массы зерна в бункерном весе было исключено в 2019 году 445,5 тонны, а в 2020 году на 64 % больше.

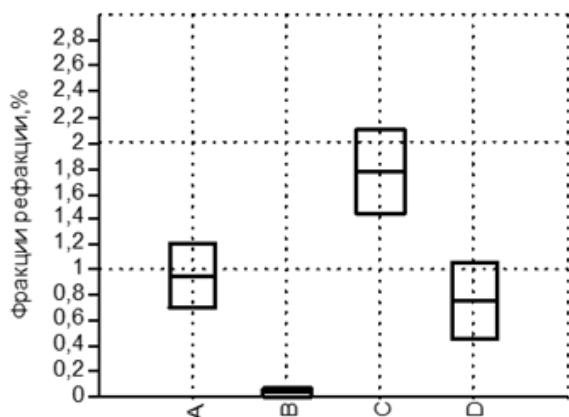


Рис. 3. Баланс зерна яровой мягкой пшеницы, 2019–2020 гг. (А – ценные зерноотходы, %; В – малоценные зерноотходы, %; С – усушка, %; D – сорная примесь, %)

Лабораторные исследования показателей качества зерна показали, что по содержанию белка, клейковины и натурной массе зерна сорта различались между собой и по годам (таблица 2).

В среднем за 2019–2020 годы содержание клейковины у исследованных сортов изменялось от 30,6 % у сорта Боевчанка (CV = 9,5%) до 22,6 % у сорта Уралосибирская (CV = 28,6 %), что в соответствии с ГОСТ 9353-2016 соответствует первому и третьему классу продовольственного зерна.

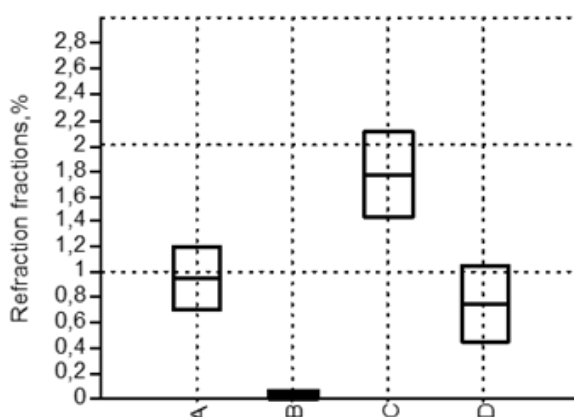


Fig. 3. Grain balance of spring soft wheat, 2019–2020 (A – valuable grain waste, %; B – low-value grain waste, %; C – shrinkage, %; D – weed impurity, %)

Таблица 2  
Качество зерна сортов мягкой пшеницы, 2019–2020 гг.

Название сорта	Содержание клейковины, %		Содержание белка, %		Натура зерна, г/л	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Боевчанка	32,9	28,6	15,8	15,6	750	717,9
CV, %	9,5		0,8		3,1	
Омская 36	27,0	27,2	15,4	14,9	760	720
CV, %	0,4		2,5		3,8	
Омская 38	24,3	25,9	13,9	14,6	738	712,2
CV, %	7,9		4,9		1,7	
Уралосибирская	18,0	27,1	15,0	14,9	750	713,3
CV, %	28,6		0,2		3,5	

Table 2  
Grain quality of soft wheat varieties, 2019–2020

Variety name	Gluten, %		Protein content, %		Grain content, g/l	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Boevchanka	32.9	28.6	15.8	15.6	750.0	717.9
CV, %	9.5		0.8		3.1	
Omskaya 36	27.0	27.2	15.4	14.9	760.0	720.0
CV, %	0.4		2.5		3.8	
Omskaya 38	24.3	25.9	13.9	14.6	738.0	712.2
CV, %	7.9		4.9		1.7	
Uralosibirskaya	18.0	27.1	15.0	14.9	750.0	713.3
CV, %	28.6		0.2		3.5	

В 2019 году максимальное значение по содержанию клейковины было отмечено у сорта Боевчанка (32,7 %), на отдельных полях сорт сформировал зерно с клейковиной до 34 %. Самое низкое содержание клейковины было у сорта Уралосибирская (18 %).

Погодные условия 2020 года, сложившиеся более благоприятно, способствовали увеличению количества клейковины в зерне у исследованных сортов в среднем на 2 %. Так, у сорта Омская 36 на отдельном поле площадью 403 га содержание клейковины было 32 %. Высокое содержание клейковины отмечено у сорта Боевчанка – 29,2 %. Таким образом, из четырех изученных сортов пшеницы наибольшее количество клейковины формировал сорт Боевчанка.

К важным показателям для производственных посевов пшеницы относится содержание белка в зерне. В соответствии с ГОСТ 9353-2016 содержание белка у исследованных сортов составило 15,1 % ( $CV = 1,7\%$ ), что соответствует первому классу.

Содержание белка в 2019 году в среднем по сортам составило 15,0 %. Максимальное значение этого показателя было у сорта Боевчанка – 15,8 %. Отмечено, что на отдельном поле Омская 38 сформировала зерно с очень низким содержанием белка, в то время как на остальных полях содержание белка в зерне было 15,4 %.

В 2020 году содержание белка в зерне исследованных сортов пшеницы изменялось от 15,6 % у сорта Боевчанка до 14,9 % у сортов Омская 36 и Омская 38. На отдельных полях белковость зерна сортов Омская 36 и Боевчанка превышала 16 %.

В среднем за два года высокое значение содержания белка в зерне имел сорт Боевчанка – 15,7 % ( $CV = 8,3\%$ ). Следовательно, в условиях 2019–2020 годов исследованные сорта яровой мягкой пшеницы сформировали зерно по содержанию белка в зерне первого класса государственного стандарта.

Натурная масса зерна относится к комплексным показателям. На этот показатель влияют, во-первых, плотность и крупность зерновок пшеницы; во-вторых, поверхность (голозерные или пленчатые зерновки); в-третьих, массовая доля влаги в зерне (фаза налива зерновок). В соответствии с ГОСТ 9353-2016 для пшеницы определены базисная норма натурности зерна (750 г/л) и ограничительная (710 г/л).

В среднем за годы исследований натура зерна у сортов не превышала базисных кондиций и колебалась от 740 г/л ( $CV = 3,8\%$ ) у Омская 36 до 729 г/л

( $CV = 1,7\%$ ) у сорта Омская 38 и соответствует III классу государственного стандарта.

Натура зерна у сортов пшеницы в 2019 году составила 749,5 г/л. Максимальное значение имел сорт Омская 36 – 760 г/л (I класс). Минимальное значение показала Омская 38, так как на отдельном поле натура зерна была только 540 г/л.

В 2020 году из-за засушливых условий погоды и сформировавшихся щуплых зерновок натура зерна исследованных сортов пшеницы была ниже на 4,5 %. Самое высокое значение натурности отмечено у сорта Омская 36 – 720 г/л (IV класс), у которой на отдельном поле было сформировано зерно с натурой 740 г/л. В целом натура зерна у сортов не превышала 720 г/л.

Состояние углеводно-амилазного комплекса зерна косвенно характеризуется числом падения, от которого зависит хлебопекарная оценка муки.

Определение числа падения у исследованных сортов показало, что в 2019 году оно составило 170 секунд. Засушливые условия 2020 года не способствовали прорастанию зерна, и число падения у сортов в среднем снизилось на 10 секунд.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Анализ основных показателей качества зерна производственных посевов показал, что сорта яровой мягкой пшеницы Боевчанка и Омская 36 в условиях Северного Казахстана формировали зерно с высоким содержанием клейковины (30,6–27,1 %), соответствующее II и III классу на продовольственное зерно. Погодные условия 2019–2020 годов способствовали накоплению белка в зерне на уровне I класса и выше (15,7–15,1 %). Определение натурности зерна показало зависимость этого показателя от сложившихся условий. Натура зерна исследованных сортов не превысила базисных кондиций. В результате был выделен сорт Омская 36 с максимальным значением этого показателя – 740 г/л ( $CV = 3,8\%$ ). Сорта пшеницы Омская 38 и Уралосибирская по изученным основным показателям качества зерна соответствовали III классу на продовольственное зерно.

В целом анализ производственной деятельности хозяйства ТОО «Атамекен-Агро-Целинный» при возделывании пшеницы показал, что уровень рентабельности производства зерна мягкой пшеницы был невысоким из-за низкой урожайности мягкой пшеницы в 2019–2020 годах [21].

#### **Благодарности (Acknowledgements)**

Выражаем благодарность специалисту Трайбер Роману Сергеевичу за предоставленные данные для анализа.

#### **Библиографический список**

1. Зимняков В. М., Курочкин А. А., Богомазов С. В., Варламова Е. Н. Производство пшеницы в России // Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 15–21.

2. Селекция и элементы технологии возделывания среднеранних и среднеспелых сортов яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / А. А. Казак, Ю. П. Логинов, Л. И. Якубышина, С. Н. Яценко. Тюмень: ИД «Титул», 2021. 323 с.
3. Яценко С. Н., Логинов Ю. П., Казак А. А. Влияние предшественника на урожайность и качество семян сортов пшеницы в Северной лесостепи Тюменской области // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 1 (62). С. 47–57. DOI: 10.34655/bgsha.2021.62.1.007.
4. Земцова Е. С., Боме Н. А. Анализ структуры урожая яровой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2021. Т. 16. № 2 (62). С. 23–28. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28.
5. Lyubimova A. V., Tobolova G. V., Eremin D. I., Loskutov I. G. Dynamics of the genetic diversity of oat varieties in the Tyumen region at avenin-coding loci // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24. No. 2. Pp. 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.
6. Kazak A., Loginov Y. The yield and baking quality of Siberia-bred spring soft wheat varieties in the non forest-steppe of the Tyumen region // Amazonia Investiga. 2020. Vol. 9 (29). Pp. 124–136. DOI: 10.34069/AI/2020.29.05.15.
7. Morgounov A., Savin T., Flis P. et al. Effects of environments and cultivars on grain ionome of spring wheat grown in Kazakhstan and Russia // Crop and Pasture Science. 2022. Vol. 73 (5). Pp. 515–527. DOI: 10.1071/CP21493.
8. Казак А. А., Логинов Ю. П. Научные основы разработки модели сорта яровой мягкой пшеницы для Западной Сибири // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 9–12.
9. Shamanin V. P., Flis P., Savin T. V. et al. Genotypic and ecological variability of zinc content in the grain of spring bread wheat varieties in the international nursery KASIB // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 5. Pp. 543–551. DOI: 10.18699/VJ21.061.
10. Белкина Р. И., Летыаго Ю. А., Выдрин В. В., Федорук Т. К. Показатели хлебопекарной силы муки сортов пшеницы, выращенных в условиях северной лесостепи Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175). С. 88–93. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-88-93.
11. Belkina R. I., Letyago Yu. A., Kucherov D. I. Classification and ranking of spring soft wheat varieties by grain quality in the conditions of the Northern Trans-Urals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624, No. 1. Article number 012169. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012169.
12. Ахтариева М. К., Белкина Р. И. Сравнительная оценка сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости по показателям качества // Вестник КрасГАУ. 2021. № 12 (177). С. 88–92. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-88-92.
13. Утебаев М. У., Боме Н. А., Шелаева Т. В. [и др.] Качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Казахстана // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (38). С. 99–111.
14. Алтухов А. И. Совершенствование организационно-экономического механизма – необходимое условие увеличение производства высококачественного зерна пшеницы в стране // Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. – Москва: Росинформагротех, 2018. С. 5–40.
15. Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С. С. Байшолоанова. Астана: Институт географии МОН РК, 2017. 125 с.
16. Куришбаев А. К., Айтуганов К. К., Нукешев С. О. [и др.] Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Северо-Казахстанской области в 2020 году. Нур-Султан: КазАТУ им. С. Сейфуллина, 2020. 65 с.
17. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии: учебник. – Санкт-Петербург: ООО «Квадро», 2013. 408 с.
18. Устойчивость к осыпанию [Электронный ресурс]. URL: <http://fitonsemena.ru/page/page155.html> (дата обращения: 15.04.2024).
19. Алтыбаева А. К. Влияние засушливых условий Павлодарской области на устойчивость яровой пшеницы // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 2. С. 3–5.
20. Манукян И. Р., Басиева М. А. Селекция пшеницы и тритикале на устойчивость зерна к прорастанию на корню // Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной юбилею ученого-селекционера, Заслуженного изобретателя РФ, Заслуженного деятеля науки РСО-Алания, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Сарры Абрамовны Бекузаровой, Владикавказ. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2017. С. 40–42.



21. Тоболова Г. В., Трайбер Р. С. Сравнительный анализ продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Казахстана // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 15–19.

#### Об авторах:

**Галина Васильевна Тоболова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и селекции в растениеводстве, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия; ORCID 0000-0002-8712-0122, AuthorID 789658. E-mail: tgv60@mail.ru

**Юрий Павлович Логинов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и селекции в растениеводстве, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия; ORCID 0000-0002-2372-9350, AuthorID 704881

#### References

- Zimnyakov V. M., Kurochkin A. A., Bogomazov S. V., Varlamova E. N. Wheat production in Russia. *Niva Povolzhya*. 2020; 1 (54): 15–21. (In Russ.)
- Kazak A. A., Loginov Yu. P., Yakubysheva L. I., Yashchenko S. N. *Selection and elements of cultivation technology of mid-early and mid-ripening varieties of spring wheat in the forest-steppe of Western Siberia*. Tyumen: ID "Titul", 2021. 323 p. (In Russ.)
- Yashchenko S. N., Loginov Yu. P., Kazak A. A. Influence of preceding crop on yield and quality of seeds of wheat varieties in northern forest-steppe of Tyumen region. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2021; 1 (62): 47–57. DOI: 10.34655/bgsha.2021.62.1.007. (In Russ.)
- Zemtsova E. S., Bome N. A. Analysis of the structure of the spring wheat crop in various weather conditions in the Tyumen region. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2021; 16. (2): 23–28. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28. (In Russ.)
- Lyubimova A. V., Tobolova G. V., Eremin D. I., Loskutov I. G. Dynamics of the genetic diversity of oat varieties in the Tyumen region at avenin-coding loci. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020; 24 (2): 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.
- Kazak A., Loginov Yu. The yield and baking quality of Siberia-bred spring soft wheat varieties in the non forest-steppe of the Tyumen region. *Amazonia Investiga*. 2020; 9 (29): 124–136. DOI: 10.34069/AI/2020.29.05.15.
- Morgounov A., Savin T., Flis P. et al. Effects of environments and cultivars on grain ionome of spring wheat grown in Kazakhstan and Russia. *Crop and Pasture Science*. 2022; 73 (5): 515–527. DOI: 10.1071/CP21493.
- Kazak A. A., Loginov Yu. P. Scientific areas of spring soft wheat for Western Siberia. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2019; 3 (31): 9–12. (In Russ.)
- Shamanin V. P., Flis P., Savin T. V. et al. Genotypic and ecological variability of zinc content in the grain of spring bread wheat varieties in the international nursery KASIB. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25 (5): 543–551. DOI: 10.18699/VJ21.061.
- Belkina R. I., Letyago Yu. A., Vydrin V. V., Fedoruk T. K. Flour baking power indicators of wheat varieties grown in the Northern forest-steppe of the Tyumen region. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021; 10 (175): 88–93. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-88-93. (In Russ.)
- Belkina R. I., Letyago Yu. A., Kucherov D. I. Classification and ranking of spring soft wheat varieties by grain quality in the conditions of the Northern Trans-Urals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624 (1): 012169. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012169.
- Akhtarieva M. K., Belkina R. I. Different ripeness groups spring soft wheat varieties comparative evaluation by quality indicators. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021; 12 (177): 88–92. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-88-92. (In Russ.)
- Utebaev M. U., Bome N. A., Shelaeva T. V. et al. Quality of grain of common wheat in Northern Kazakhstan. *Vestnik Omskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2020; 2 (38): 99–111. (In Russ.)
- Altukhov A. I. Improving the organizational and economic mechanism is a necessary condition for increasing the production of high-quality wheat grain in the country. *Scientific basis for producing high quality wheat grain*. Moscow: Rosinformagrotekh, 2018. Pp. 5–40. (In Russ.)
- Agro-climatic resources of the North Kazakhstan region: scientific and applied reference book* / Under the editorship of S. S. Baysholanov. Astana: Institute of geography of MON RK, 2017. 125 p. (In Russ.)
- Kurishbaev A. K., Aytuganov K. K., Nukeshev S. O. et al. *Recommendations for conducting spring field work in the North Kazakhstan region in 2020*. Nur-Sultan: KazATU im. S. Seyfullina, 2020. 65 p. (In Russ.)
- Kiryushin B. D. *Fundamentals of scientific research in agronomy: textbook*. Saint Petersburg: "Kvadro" LLC, 2013. 408 p. (In Russ.)

18. Shedding resistance [Internet] [cited 2024 Apr 15]. Available from: <http://fitonsemena.ru/page/page155.html>. (In Russ.)
19. Altybaeva A. K. Influence of arid conditions of the Pavlodar region on the stability of spring wheat. *Bulletin of youth science of the Altai State Agrarian University*. 2021; 2: 3–5. (In Russ.)
20. Manukyan I. R., Basieva M. A. Wheat and triticale breeding for resistance of grain to sprouting on the vine. *Actual and new directions in breeding and seed production of agricultural crops: proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to anniversary of the scientist-breeder, honored inventor of the Russian Federation, honored scientist of North Ossetia-Alania, doctor of agricultural sciences, professor Sarra Abramovna Bekuzarova*. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2017. Pp. 40–42.
21. Tobolova G. V., Trayber R. S. Comparative analysis of the productivity of soft spring wheat varieties in the conditions of Northern Kazakhstan. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2023; 1 (99): 15–19. (In Russ.)

**Authors' information:**

**Galina V. Tobolova**, candidate of agricultural sciences, associate professor department of biotechnology and plant breeding, Northern Trans-Ural State Agri-cultural University, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0002-8712-0122, AuthorID 78965. *E-mail: [tg60@mail.ru](mailto:tg60@mail.ru)*

**Yuriy P. Loginov**, doctor of agricultural sciences, professor of the department of biotechnology and plant breeding, Northern Trans-Ural State Agri-cultural University, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0002-2372-9350, AuthorID 704881

## Влияние пищевого биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри

О. В. Зинина<sup>1,2✉</sup>, Е. А. Вишнякова<sup>1</sup>, О. П. Неверова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: [zininaov@susu.ru](mailto:zininaov@susu.ru)

**Аннотация.** Овощи как необходимый компонент питания должны поступать потребителю в свежем виде и не содержать потенциально опасных веществ. Упаковочные материалы играют решающую роль для сохранности продуктов питания. Их композиционный состав может не только обеспечивать барьерные функции, но и защищать продукты от окислительной и микробиологической порчи. **Научная новизна** работы заключается в получении новых научных данных о влиянии биоактивной пленки на основе альгината с добавлением в состав в качестве активного компонента белкового гидролизата на сохранность томатов черри. **Целью исследований** является установление влияния биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри. **Методы исследований.** У томатов черри, упакованных в биоактивные пленки и у контрольного образца без пленки, определяли потери массы при хранении в холодильнике и при комнатной температуре. Изменение содержания витамина С в процессе хранения определяли методом титрования. Микробиологические показатели (содержание БГКП, дрожжей и плесеней) определяли с помощью экспресс-тестов «Петритест». **Результаты.** Установлено, что при упаковке томатов черри в пленки, потери массы снижаются при хранении в течение 9 дней, при этом добавление белкового гидролизата в состав пленки способствовало снижению потерь. Хранение при комнатной температуре привело к более весомым потерям массы. Снижение содержания витамина С существенно не зависело от состава пленки. Результаты микробиологических исследований показали, что пленки с добавлением гидролизата белка как при хранении в холодильнике, так и при хранении при комнатной температуре оказывают ингибирующее действие на рост дрожжей и плесеней, а колиформные бактерии при этом не выявлены. Таким образом, пленочные покрытия на основе альгината натрия с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата обладают потенциалом для упаковки томатов с целью увеличения сроков их хранения и предупреждения микробиологической порчи.

**Ключевые слова:** пленочное покрытие, гидролизат белка, альгинат натрия, срок хранения, потери массы

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, номер проекта 23-26-00153.

**Для цитирования:** Зинина О. В., Вишнякова Е. А., Неверова О. П. Влияние пищевого биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 482–492. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-482-492>.

**Дата поступления статьи:** 09.02.2024, **дата рецензирования:** 21.02.2024, **дата принятия:** 15.03.2024.

## The effect of food bioactive coating based on alginate on the safety of cherry tomatoes

O. V. Zinina<sup>1, 2✉</sup>, E. A. Vishnyakova<sup>1</sup>, O. P. Neverova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: zininaov@susu.ru

**Abstract.** Vegetables, as a necessary component of nutrition, must be supplied to the consumer fresh and not contain potentially hazardous substances. Packaging materials play a critical role in food safety. Their composition can not only provide barrier functions, but also protect products from oxidative and microbiological spoilage. **The scientific novelty** of the work lies in the receipt of new scientific data on the effect of a bioactive film based on alginate with the addition of protein hydrolyzate as an active component on the safety of cherry tomatoes. **The purpose** of the research is to establish the effect of a bioactive coating based on alginate on the safety of cherry tomatoes. **Research methods.** Weight loss during storage in the refrigerator and at room temperature was determined for cherry tomatoes packed in bioactive films and for a control sample without film. Changes in vitamin C content during storage were determined by titration. Microbiological indicators (content of coliform bacteria, yeasts and molds) were determined using Petritest express tests. **Results.** It was found that when cherry tomatoes are packaged in films, weight loss is reduced during storage for 9 days, while the addition of protein hydrolyzate to the film composition helped reduce losses. Storage at room temperature resulted in more significant weight losses. The decrease in vitamin C content did not significantly depend on the film composition. The results of microbiological studies showed that films with the addition of protein hydrolyzate, both when stored in a refrigerator and when stored at room temperature, have an inhibitory effect on the growth of yeast and mold, and coliform bacteria were not detected. Thus, film coatings based on sodium alginate with the addition of protein hydrolyzate as an active component have potential for packaging tomatoes to increase their shelf life and prevent microbiological spoilage.

**Keywords:** film coating, protein hydrolyzate, sodium alginate, shelf life, weight loss

**Acknowledgments.** The study was financially supported by the Russian Science Foundation, project number 23-26-00153.

**For citation:** Zinina O. V., Vishnyakova E. A., Neverova O. P. The effect of food bioactive coating based on alginate on the safety of cherry tomatoes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 2024 (04): 482–492. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-482-492>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 09.02.2024, **date of review:** 21.02.2024, **date of acceptance:** 15.03.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Фрукты и овощи являются одной из ключевых составляющих рациона человека из-за их питательных свойств и благотворного воздействия на здоровье. Фрукты и овощи – хороший источник витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Эксперты по питанию Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) рекомендуют ежедневно употреблять не менее 400 г овощей и фруктов для обеспечения организма достаточным количеством клетчатки и снижения риска развития многих неинфекционных заболеваний [1].

Порча продуктов имеет глубокие социально-экономические последствия, поскольку напрямую связана с нехваткой продовольствия, образованием больших объемов пищевых отходов и увеличением выбросов парниковых газов. По мере того как продукты питания портятся, в атмосферу выбрасы-

ваются неблагоприятные газы, такие как метан и углекислый газ, что способствует климатическому кризису. Порча может произойти на любом этапе: от выращивания до реализации в сетях розничной торговли в зависимости от условий окружающей среды, способа переработки, хранения, транспортировки, а также упаковки [2; 3].

Наиболее подвержены порче свежие продукты питания, в том числе овощи и фрукты. Потери их связаны не только с биологическими особенностями, вызванными дыханием и транспирацией, но в большей степени неправильной организацией и обеспечением послеуборочного хранения, а также порчей, возникающей при размножении микроорганизмов [4].

Производители овощной продукции применяют различные способы консервирования для предотвращения порчи и продления сроков хранения.



Однако современный потребитель все больше отдает предпочтение натуральной продукции, без химической обработки. К тому же спрос на фрукты и овощи с минимальной обработкой повышается с увеличением количества приверженцев здорового питания.

К наиболее потребляемому виду овощей во всем мире относятся томаты. Они обладают высокой пищевой ценностью и комплексом полезных свойств для организма человека. Срок хранения томатов после сбора урожая ограничен всего 5–7 днями из-за таких факторов, как высокая частота дыхания, относительная влажность, деградация под действием микроорганизмов и высокое содержание воды. Около 50 % от общего объема урожая томатов подвержены потерям (в основном вследствие деятельности микроорганизмов) [5].

Микроорганизмы, вызывающие порчу, могут проникнуть в ткани растения во время развития плодов при преодолении несколько естественных защитных барьеров, в том числе в неповрежденные, здоровые растения. Поврежденные растительные ткани чаще и быстрее колонизируются микроорганизмами порчи. Большинство микроорганизмов, вызывающих порчу, заражают и вызывают гниение при повреждениях и трещинах эпидермального слоя. Ферменты, выделяемые такими видами микроорганизмов, как *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Trichoderma*, смягчают мякоть овощей и фруктов, в результате теряется товарный вид, снижается пищевая ценность, возникает биологическая опасность для организма человека [6].

Сохранить органолептические свойства, пищевую ценность и микробиологическую безопасность пищевых продуктов – одна из главных задач пищевой промышленности. Для ее выполнения существуют различные современные способы обработки фруктов и овощей, позволяющие минимизировать использование химических консервантов:

- облучение (источник облучения испускает гамма-лучи, способные проникать в структуры и микроорганизмы). Этот процесс повреждает микробную ДНК, инактивируя клетку;
- ультрафиолетовое излучение (действует на микроорганизмы, способствуя изменениям в их мембранных структурах и нуклеиновых кислотах);
- обработка электризованной водой;
- использование низких или высоких температур;
- высокое давление – технология, которая использует давление примерно от 1000 до 7000 атм (от 100 до 700 МПа) для устранения микробной нагрузки и задержки ферментативных реакций, ответственных за порчу пищевых продуктов, сохраняя при этом небольшие молекулы, такие как витамины и ароматические соединения, неповрежденными);
- современные технологии упаковки, в том числе инновационные упаковочные материалы.

Одним из наиболее простых и доступных способов сохранения свежести овощей и фруктов является применение упаковки. Традиционные упаковочные материалы в основном производят из таких синтетических материалов, как полиэтилен, полиэстер, полиамид и полипропилен, которые не разлагаются в окружающей среде и являются серьезной угрозой экологической безопасности. В связи с этим производители и ученые всего мира сосредоточили усилия на разработке составов композиционных материалов, способных быстро разрушаться при утилизации в биогаз [7].

Способы упаковки, а также сами упаковочные материалы постоянно совершенствуются. К уже привычной вакуумной упаковке и упаковке в модифицированной газовой среде в ближайшем будущем могут присоединиться умная упаковка (упаковочная система, состоящая из разного рода датчиков, способная предоставить потребителю информацию о состоянии продукта) и активная упаковка (упаковка, которая помимо защиты продукта от воздействия внешних факторов, способна увеличить срок их хранения, безопасность и качество и/или улучшить их сенсорные характеристики) [8; 9].

Активная упаковка может производиться на разных полимерных основах и с разными активными компонентами. Так, например, показано, что композитные пищевые материалы на основе пектина и эмульсий, созданные из гидроколлоидов и липидов, обеспечивают лучшую функциональность, чем однокомпонентные покрытия/пленки, особенно в отношении их влагобарьерных свойств [10]. Использование эфирных масел в составе пленок/упаковок может положительно повлиять на сохранность продукта, поскольку они способны подавлять рост бактерий. Наибольшую антибактериальную эффективность показали эфирные масла тимьяна и душицы [11; 12].

Альгинат натрия является одним из самых удобных материалов для производства активных пленок за счет своей высокой способности к разложению в почве и растворению в воде. Добавление различных наполнителей может дополнительно улучшить свойства альгинатных пленок. Так, например, внесение экстракта *Clitoria ternatea* в альгинатную матрицу модифицировало и улучшало механические, барьерные и оптические характеристики пленок. Кроме того, пленки, содержащие 40 % экстракта, имели более высокое содержание фенольных соединений, что обеспечивало большую антиоксидантную активность и антибактериальную способность против *E. coli* [13]. Добавление в альгинатную основу капсулированного хлорофилла зеленых водорослей также оказало противомикробный эффект при упаковке рыбной продукции. Авторы установили снижение распространения бактерий группы кишечной палочки, роста плесеней *Rhizopus* sp. и

сделали вывод об эффективности альгинатных пленок с хлорофиллом для предотвращения порчи и увеличения сроков хранения продукции [14].

Однако добавление различных активных компонентов в состав композиции пленки может отрицательно повлиять на ее физические свойства. В связи с этим необходимо комплексно подходить к исследованию пленок и оценивать не только их свойства, но и эффекты, оказываемые на упакованные в них продукты питания.

Целью исследований является установление влияния биоактивного покрытия на основе альгината на сохранность томатов черри.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Объектами исследования являются томаты черри, хранившиеся в условиях холодильной камеры и комнатной температуры в упакованном виде и без упаковки. Для упаковки использовали пленки на основе альгината с добавлением в качестве активного компонента разных количеств белкового гидролизата (0,5; 1 и 1,5 %), а также пленки без активного компонента. Технология получения и основные свойства опытных образцов пленок приведены в ранее опубликованной работе [15].

Влияние пленок на сохранность томатов определяли путем оценки потери массы при хранении в течение 9 суток. Потерю массы при хранении определяли как разницу между массой томатов без пленки и массой томатов после хранения в течение 3, 6 и 9 суток. Также в процессе хранения оценивали изменение содержания витамина С титрованием с использованием 2,6-дихлорфенолиндофенола и микробиологические показатели с помощью тестов «Петритест» (НПО «Альтернатива», Россия).

Для приготовления исходных разведений томатов для оценки микробиологических показателей брали 10 г измельченной мякоти и добавляли 10 мл стерильного физиологического раствора. Из исходного разведения готовили серию десятикратных разведений. Для определения содержания общего количества колиформных бактерий в 1 г использовали Петритесты, содержащие индикатор для окрашивания колоний колиформных бактерий в красный цвет. После внесения 0,2 см<sup>3</sup> разведения на поверхность субстрата Петритесты помещали в термостат и инкубировали при температуре 36 ± 1 °С в течение 12–24 часов. Для подсчета колоний отбирали тесты, на которых выросло от 15 до 300 колоний. Результат умножали на значение соответствующего разведения, чтобы получить общее количество колиформных бактерий в 0,2 см<sup>3</sup> образца. Согласно рекомендациям производителя, для получения результата в 1 см<sup>3</sup> результаты подсчета умножали на 5.

При определении количества дрожжей и плесневых грибов пробы инкубировали при температуре 24 ± 1 °С в течение 24 часов (для предварительного учета) и 120 часов (для окончательного учета). Для

подсчета колоний отбирали тесты, на которых выросло от 15 до 150 колоний дрожжей и от 5 до 50 колоний плесеней. Результат умножали на величину соответствующего разведения и получали количество дрожжей или плесеней в 0,2 см<sup>3</sup> образца, а затем умножали на 5 и получали окончательный результат.

#### Результаты (Results)

На сохранность томатов в процессе хранения оказывает влияние множество факторов:

- физические повреждения вследствие небрежного обращения с плодами в процессе сбора, транспортировки и хранения приводят к снижению потребительских свойств и активизации порчи;

- условия окружающей среды (температура, относительная влажность воздуха, свет) также оказывают решающее значение при хранении плодов, так как изменение обозначенных факторов является ингибитором/катализатором протекающих химических и микробиологических процессов;

- биохимические особенности, заключающиеся в интенсивном дыхании и наличии пектина в клеточной стенке, который во время хранения под действием ферментов распадается, что влияет на твердость томатов;

- микробиологические, характеризующиеся зараженностью плодов грибами, вызывающими развитие различных видов гнили; патогенными бактериями, включая сальмонеллу;

- вид и способ упаковки [5].

Известно, что частота дыхания томатов после сбора урожая увеличивается при повышении температуры, что приводит к ранней порче. Хранение овощей в условиях низкой температуры сохраняет их свежесть, внешний вид, консистенцию, аромат и вкус за счет снижения скорости дыхания [16; 17].

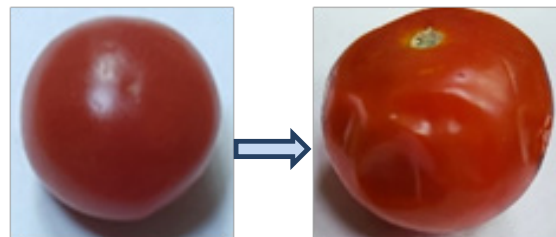
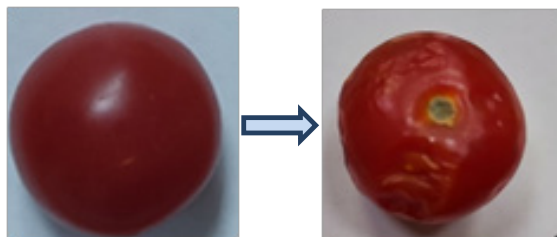
Кожица на поверхности томатов является своего рода естественным барьером, снижающим транспирацию воды. Однако потери влаги в процессе хранения происходят, и их интенсивность будет зависеть от условий хранения. При повышенной относительной влажности ускоряется рост плесеней и бактерий, приводящий к порче плодов. Длительное воздействие солнечных лучей на томаты ускоряет потери пигментов и питательных веществ [18].

Результаты изменений внешнего вида томатов черри в процессе хранения в разных условиях и установленные потери массы представлены на рис. 1 и 2.

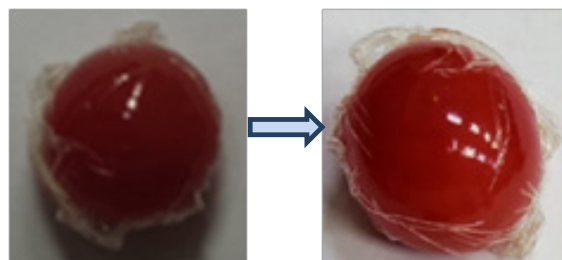
В научной литературе отмечено, что степень образования морщин на томатах тесно связана с упругостью, а пленки оказывают защитный эффект, за счет которого поверхность томатов остается гладкой, а текстура упругой. Потеря веса происходит в основном вследствие потери воды, происходящей при транспирации. Вода является важным элементом дыхания, которое продолжается даже после сбора фруктов и овощей. Пленки образуют барьер, препятствующий испарению воды из томатов, что снижает потерю веса [19].

Хранение при 25 °С (комната)  
Storage at 25 °С (room)

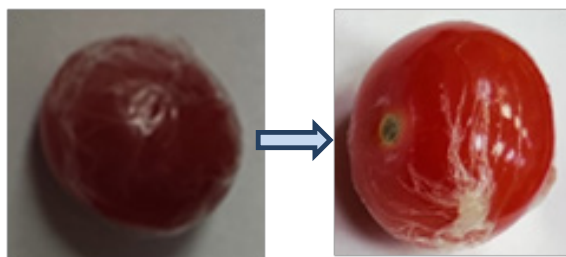
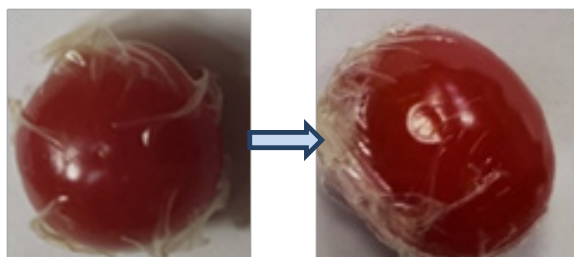
Хранение при 5 °С (холодильник)  
Storage at 5 °С (refrigerator)



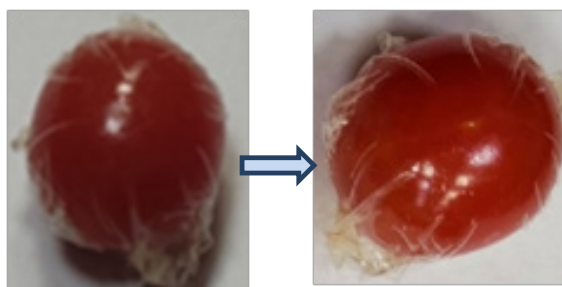
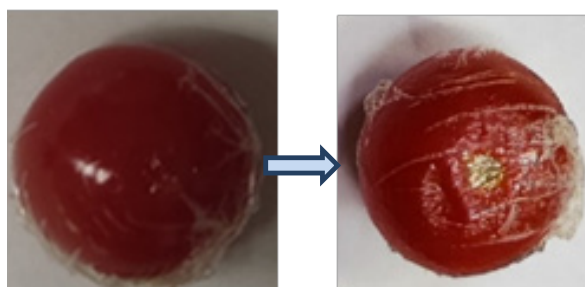
Томаты черри без пленки  
Cherry tomatoes without film



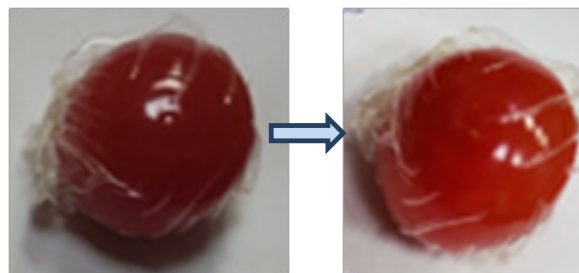
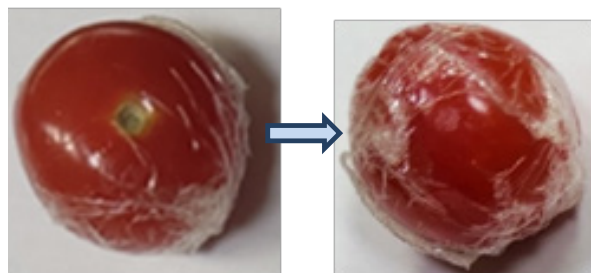
Томаты черри в пленке с 0,5 % БГ  
Cherry tomatoes in film with 0.5 % PH



Томаты черри в пленке с 1,0 % БГ  
Cherry tomatoes in film with 1.0 % PH



Томаты черри в пленке с 1,5 % БГ  
Cherry tomatoes in film with 1.5 % PH



Томаты черри в пленке без БГ  
Cherry tomatoes in film without PH

Рис. 1. Изменение внешнего вида томатов черри в процессе хранения  
Fig. 1. Change in the appearance of cherry tomatoes during storage

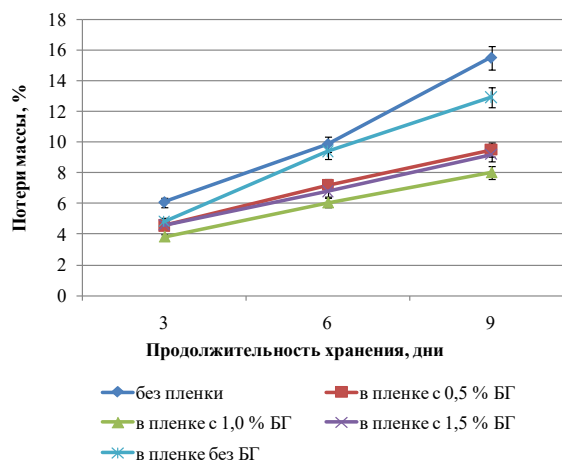
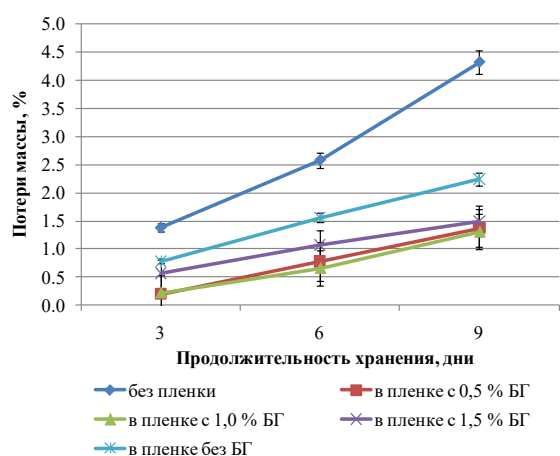


Рис. 2. Изменение потерь массы при хранении томатов черри (БГ – белковый гидролизат)

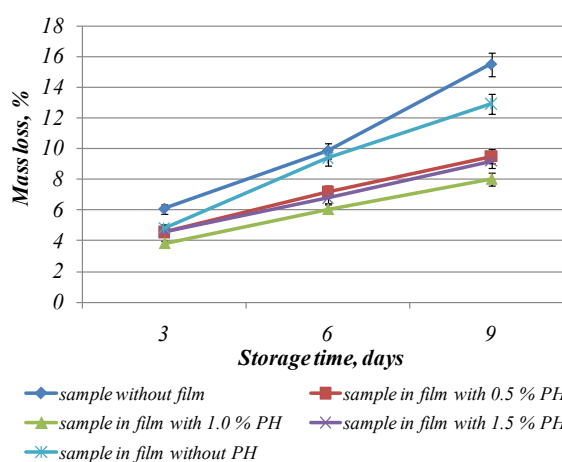
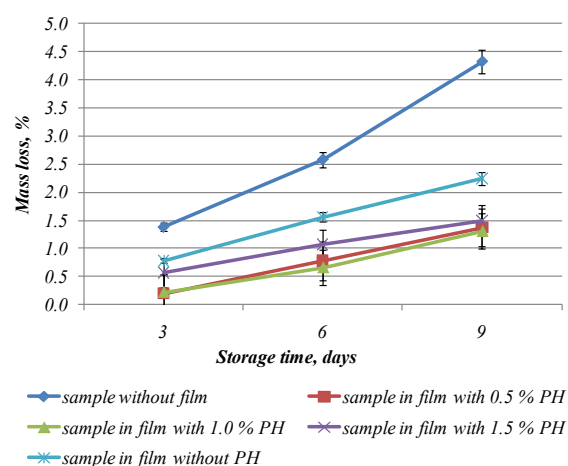


Fig. 2. Changes in weight loss during storage of cherry tomatoes (PH – protein hydrolysate)

Как показывают результаты исследований, потери массы при хранении томатов при комнатной температуре оказались более весомыми, чем при хранении в холодильнике, вследствие более интенсивного испарения влаги. Также следует отметить, что образцы томатов, упакованных в пленки, потеряли меньше в весе по сравнению с контрольными образцами без пленки. Концентрация белкового гидролизата в составе пленки не оказала существенного влияния на потери массы при хранении в холодильнике, однако его присутствие в композиции пленки повлияло на снижение потерь по сравнению с томатами, упакованными в пленки без белкового гидролизата. Потери массы томатов в пленках с белковым гидролизатом на 9-й день хранения в холодильнике оказались в среднем на 288 % ниже по сравнению с томатами, хранившимися без упаковки, а потери томатов в пленке без белкового гидролизата на 192,9 % ниже по сравнению с контролем. При хранении в условиях комнатной температуры тенденция потерь аналогичная: у томатов в пленках с белковым гидролизатом потери на 163–194 %, а в пленках без белкового гидролизата – на 120 % ниже по сравнению с контролем.

Визуально также можно наблюдать, что при хранении в холодильнике томаты черри в пленках оставались более длительное время свежими. При хранении в условиях комнатной температуры увядание томатов происходило и в пленках, однако менее интенсивно. Также хорошо видны различия в изменении внешнего вида и формы томатов при хранении в упакованном виде и без упаковки. У неупакованных томатов к 9-му дню хранения появилась явно выраженная сморщенность, потеря упругости (рис. 1).

Китайские ученые в исследованиях влияния пленок на сохранность томатов черри установили, что при хранении без упаковки на 8-й день плоды имели на поверхности крупные черные пятна, а на 16-й день характеризовались выраженным гниением. У упакованных в биоактивные пленки томатов черри на 8-е сутки хранения обнаружены пятна разных размеров на поверхности кожуры, при дальнейшем хранении плоды становились мягкими и теряли пищевую ценность. Скорость потери веса у томатов без упаковки оказалась значительно больше, чем у упакованных, и составила 12,61 % на 8-е сутки и 26,30 % на 16-е сутки хранения, у томатов в биоактивной пленке потери на 16-е сутки составили около 8,5 % [12].



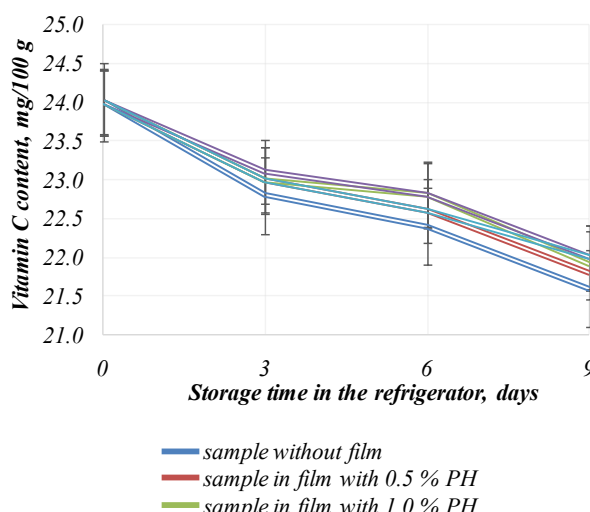
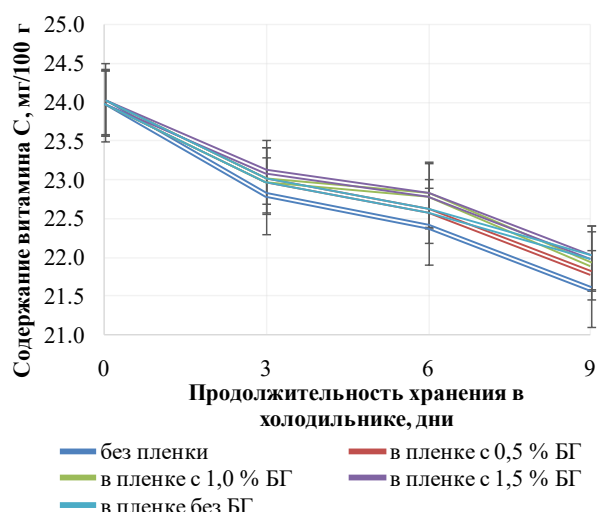


Рис. 3. Изменение содержания витамина С при хранении томатов черри в холодильнике

Fig. 3. Changes in vitamin C content during storage of cherry tomatoes in the refrigerator (PH – protein hydrolysate)

Таблица 1

Результаты микробиологических исследований томатов при хранении

Период хранения, дней	Содержание дрожжей/плесеней в образцах томатов, КОЕ/г				
	В пленке без БГ	В пленке с 0,5 % БГ	В пленке с 1,0 % БГ	В пленке с 1,5 % БГ	Без пленки
<b>При комнатной температуре</b>					
0	-/4	-/4	-/4	-/4	-/4
3	-/7	-/5	-/6	-/6	-/8
6	3/14	-/8	1/8	-/10	4/21
9	3/19	1/11	1/14	2/12	3/22
<b>В холодильнике</b>					
0	-/3	-/4	-/3	-/4	-/4
3	-/14	-/9	-/7	-/6	-/16
6	4/21	2/15	2/16	2/15	4/27
9	5/24	4/17	4/17	3/16	6/31

Table 1

Results of microbiological studies of tomatoes during storage

Storage period, days	Yeast and mold content in tomato samples, log CFU/g				
	In film without PH	In film with 0.5 % PH	In film with 1.0 % PH	In film with 1.5 % PH	Without film
<b>At room temperature</b>					
0	-/4	-/4	-/4	-/4	-/4
3	-/7	-/5	-/6	-/6	-/8
6	3/14	-/8	1/8	-/10	4/21
9	3/19	1/11	1/14	2/12	3/22
<b>In the refrigerator</b>					
0	-/3	-/4	-/3	-/4	-/4
3	-/14	-/9	-/7	-/6	-/16
6	4/21	2/15	2/16	2/15	4/27
9	5/24	4/17	4/17	3/16	6/31

При исследовании томатов черри отмечено, что разница потерь между томатами в разных видах упаковки была без существенных различий из-за барьерной функции кожицы. Авторами установлены потери массы через 7 дней хранения на уров-

не 15,4 % и 20,9 % для образцов без упаковки и в пленке на основе альгината натрия и каррагинана, соответственно [20].

Снижение содержания витамина С в томатах при хранении в холодильнике оказалось незначи-

тельным, происходило равномерно и значительно не отличалось для образцов в разных видах пленки и без пленки (рис. 3). Содержание витамина С косвенно отражает свежесть томатов, поскольку физиологические и микробиологические процессы могут приводить к снижению его содержания [21].

При исследовании томатов черри в процессе хранения на содержание колиформных бактерий (БГКП) выявлено их отсутствие во всех образцах томатов в пленках и без пленок на 9-й день хранения. В таблице 1 приведены результаты оценки количества дрожжей и плесеней при хранении томатов.

Результаты таблицы 1 показывают, что пленки с добавлением гидролизата белка при хранении как в холодильнике, так и при комнатной температуре оказывают ингибирующее действие на рост дрожжей и плесеней. Антимикробный эффект белкового гидролизата в составе пленки объясняется присутствием активных пептидов, которые действуют разрушающе на клеточную мембрану микроорганизмов и тем самым вызывают их гибель.

Более активный рост плесеней на томатах черри наблюдался при хранении в холодильнике. Однако по истечении 9 дней хранения и в тех и в других условиях, количество дрожжей и плесеней не превысило допустимых значений согласно ТР ТС 021/2011: дрожжи – не более 25 КОЕ/г, плесени – не более 100 КОЕ/г.

Антимикробный эффект биоактивных пленок с включением в состав в качестве активного компонента гидролизатов белка подтвержден рядом авторов, которые провели исследования как самих пленок, так и упакованных в них мясных, молочных продуктов и рыбы: добавление гидролизата белков семян хлопчатника к альгинатным пленкам вызвало противогрибковую активность в отношении *C. gloeosporioides* и *R. oligosporus* [22]; пленочные покрытия с полисахаридом – фулцеллараном и гидролизатом желатина кожи карпа эффективно пода-

вляли рост микроорганизмов при хранении атлантической скумбрии, что позволило увеличить сроки хранения на 2 дня [23].

Таким образом, результаты исследований показали эффективность использования альгинатных пленок с добавлением белкового гидролизата для сохранения свежести томатов черри и повышения сроков хранения в условиях необходимости поиска альтернативных решений при упаковке овощей и фруктов.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведения исследований были подготовлены две партии томатов черри для хранения в холодильнике и при комнатной температуре в течение 9 дней с контролем потерь массы, потерь витамина С, изменений микробиологических показателей. В каждой партии все томаты были разделены на 5 групп в зависимости от вида упаковки: три группы томатов упаковывали в пленки на основе альгината с разным содержанием белкового гидролизата, одна группа – в пленки без белкового гидролизата и контрольная группа томатов – без упаковки. Результаты оценки потерь массы при хранении томатов черри показали, что использование пленок с добавлением белкового гидролизата эффективно для снижения потерь массы. Также установлено, что вид упаковки не повлиял на изменение содержания витамина С в томатах, происходило незначительное его снижение в исследуемых условиях хранения.

Результаты микробиологических исследований показали, что пленки с добавлением белкового гидролизата обладают прогнозируемыми антимикробными свойствами и снижают развитие дрожжей и плесеней на томатах при хранении.

Таким образом, пленочные покрытия на основе альгината натрия с добавлением в качестве активного компонента белкового гидролизата обладают потенциалом для упаковки томатов с целью увеличения сроков их хранения и предупреждения микробиологической порчи.

#### Библиографический список

1. FAO. Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. DOI: 10.4060/cb2395en.
2. Liang Y., Yao Y., Liu Y., Li Y., Xu C., Fu L., Lin B. Curcumin-loaded HKUST-1 @ carboxymethyl starch-based composites with moisture-responsive release properties and synergistic antibacterial effect for perishable fruits // International Journal of Biological Macromolecules. 2022. Vol. 214. Pp. 181–191. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.06.022.
3. Han J.-W., Ruiz-Garcia L., Qian J.-P., Yang X.-T. Food packaging: A comprehensive review and future trends // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2018. Vol. 17 (4). Pp. 860–877. DOI: 10.1111/1541-4337.12343
4. Perumal A. B., Huang L., Nambiar R. B., He Y., Li X., Sellamuthu, P. S. Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables: A review // Food Chemistry. 2022. Vol. 375. Article number 131810. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131810.

5. Khalid S., Hassan S. A., Javaid H., Zahid M., Naeem M., Bhat Z. F., Abdi G., Aadil R. M. Factors responsible for spoilage, drawbacks of conventional packaging, and advanced packaging systems for tomatoes // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024. Vol. 15. Article number 100962. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100962.
6. Alegbeleye O., Odeyemi O. A., Strateva M., Stratev D. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals // *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2. Iss. 1. Article number 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122.
7. Muthupandeeswari A., Kalyani P., Vickraman P. Evaluation of vital features of PVA-CaCO<sub>3</sub> nanocomposite films for biodegradable packaging applications // *Polymer Bulletin*. 2022. Vol. 79 (1). Pp. 65–85. DOI: 10.1007/s00289-020-03492-x.
8. Бурак Л. Ч., Сапач А. Н., Писарик М. И. Интеллектуальная упаковка для овощей и фруктов, классификация и перспективы использования // *Health Food & Biotechnology*. 2023. Vol. 5 (1). Pp. 51–80. DOI: 10.36107/hfb.2023.i1.s165.
9. Ferreira Gomes B. A., Silveira Alexandre A. C., Vieira de Andrade G. A., Pereira Zanzini A., Araújo de Barros H. E., Santos Ferraz e Silva L. M., Costa P. A., de Barros Vilas Boas E. V. Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook // *Food Chemistry Advances*. 2023. Vol. 2. Article number 100304. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100304.
10. Rohasmizah H., Azizah M. Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review // *Applied Food Research*. 2022. Vol. 2. Issue 2. Article number 100221. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100221.
11. György É., Laslo É., Salamon B. Antimicrobial impacts of selected Lamiaceae plants on bacteria isolated from vegetables and their application in edible films // *Food Bioscience*. 2022. Vol. 51. Article number 102280. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.102280.
12. Liu Q., Han R., Yu D., Wang Z., Zhuansun X., Li Y. Characterization of thyme essential oil composite film based on soy protein isolate and its application in the preservation of cherry tomatoes // *LWT – Food Science and Technology*. 2024. Vol. 191. Article number 115686. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115686.
13. Santos L. G., Alves-Silva G. F., Martins V. G. Active-intelligent and biodegradable sodium alginate films loaded with *Clitoria ternatea* anthocyanin-rich extract to preserve and monitor food freshness // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 220. Iss. 1. Pp. 866–877. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.120.
14. Dewi E. N., Tassakka A. C. M. A. R., Yuwono M., Agus Suyono E., Purnamayati L., Alam J. F. Effect of chlorophyll in alginate-based edible film in inhibiting spoilage of fish snacks // *Canrea Journal Food Technology Nutritions and Culinary Journal*. 2022. Vol. 5 (1). Pp. 57–68. DOI: 10.20956/canrea.v5i1.571.
15. Зинина О. В., Вишнякова Е. А., Неверова О. П. Исследование свойств биоразлагаемых альгинатных пленок с активным компонентом // *Аграрный вестник Урала*. 2023. № 6 (235). С. 76–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-76-86.
16. Thole V., Vain P., Martin C. Effect of elevated temperature on tomato post-harvest properties // *Plants*. 2021. Vol. 10. Article number 2359. DOI: 10.3390/plants10112359
17. Zewdie T., Desaiagn A., Olijira G., Amare H., Fetene K., Gebrie L. Review on effects of pre and post-harvest factors affecting the quality and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) // *South Asian Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 1 (1). Pp. 51–56.
18. Al-Dairi M., Pathare P.B., Al-Yahyai R. Effect of postharvest transport and storage on color and firmness quality of tomato // *Horticulturae*. 2021. Vol. 7. Article number 163. DOI: 10.3390/horticulturae7070163.
19. Zhu J., Fang Y., Wakisaka M., Saadiah Hafid H., Yang Z., Yin Y., Omura T., Fang W. Fabrication of flexible chitosan film reinforced with pulping by-product lignosulfonates for cherry-tomato preservation // *Food Chemistry*. 2024. Vol. X. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101181
20. Zhang Y., Man J., Li J., Xing Z., Zhao B., Ji M., Xia H., Li J. Preparation of the alginate/carrageenan/shellac films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from enteromorpha for food packaging // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022. Vol. 218. Pp. 519–532. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145.
21. He Y., Li H., Fei X., Peng L. Carboxymethyl cellulose/cellulose nanocrystals immobilized silver nanoparticles as an effective coating to improve barrier and antibacterial properties of paper for food packaging applications // *Carbohydrate Polymers*. 2021. Vol. 252. Article number 117156. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117156.
22. Oliveira Filho J. G. d., Rodrigues J. M., Valadares A. C. F., Almeida A. B. d., Lima T. M. d., Takeuchi K. P., Alves C. C. F., Sousa H. A. d. F., Silva E. R. d., Dyszy F. H., Egea M. B. Active food packaging: Alginate films with cottonseed protein hydrolysates // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 92. Pp. 267–275. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.01.052.
23. Tkaczewska J., Kulawik P., Jamróz E., Guzik P., Zając M., Szymkowiak A., Turek K. One- and double-layered furcellaran/carp skin gelatin hydrolysate film system with antioxidant peptide as an innovative packaging for perishable foods products // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 351. Article number 129347. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129347.

**Об авторах:**

**Оксана Владимировна Зинина**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия; доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-3729-1692, AuthorID 654624. *E-mail: zininaov@susu.ru*

**Елена Александровна Вишнякова**, лаборант-исследователь управления научной и инновационной деятельности, Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, Россия; ORCID 0000-0002-8557-9239, AuthorID 1152986. *E-mail: l\_vishny@mail.ru*

**Ольга Петровна Неверова**, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632. *E-mail: opneverova@mail.ru*

**References**

1. FAO. Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. DOI: 10.4060/cb2395en.

2. Liang Y., Yao Y., Liu Y., Li Y., Xu C., Fu L., Lin B. Curcumin-loaded HKUST-1 @ carboxymethyl starchbased composites with moisture-responsive release properties and synergistic antibacterial effect for perishable fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 214: 181–191. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.06.022.

3. Han J.-W., Ruiz-Garcia L., Qian J.-P., Yang X.-T. Food packaging: A comprehensive review and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018; 17 (4): 860–877. DOI: 10.1111/1541-4337.12343

4. Perumal A. B., Huang L., Nambiar R. B., He Y., Li X., Sellamuthu, P. S. Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry*. 2022; 375: 131810. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131810.

5. Khalid S., Hassan S. A., Javaid H., Zahid M., Naeem M., Bhat Z. F., Abdi G., Aadil R. M. Factors responsible for spoilage, drawbacks of conventional packaging, and advanced packaging systems for tomatoes. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024; 15: 100962. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100962.

6. Alegbeleye O., Odeyemi O. A., Strateva M., Stratev D. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research*. 2022; 2 (1): 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122.

7. Muthupandeeswari A., Kalyani P., Vickraman P. Evaluation of vital features of PVA-CaCO<sub>3</sub> nanocomposite films for biodegradable packaging applications. *Polymer Bulletin*. 2022; 79 (1): 65–85. DOI: 10.1007/s00289-020-03492-x.

8. Burak L. Ch., Sapach A. N., Pizarik M. I. Intelligent Packaging For Vegetables And Fruits, Classification And Use Prospects: Scoping Review *Health Food & Biotechnology*. 2023; 5 (1): 51–80. DOI: 10.36107/hfb.2023.il.s165. (In Russ.)

9. Ferreira Gomes B. A., Silveira Alexandre A. C., Vieira de Andrade G. A., Pereira Zanzini A., Araújo de Barros H. E., Santos Ferraz e Silva L. M., Costa P. A., de Barros Vilas Boas E. V. Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook. *Food Chemistry Advances*. 2023; 2: 100304. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100304.

10. Rohasmizah H., Azizah M. Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Applied Food Research*. 2022; 2 (2): 100221. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100221.

11. György É., Laslo É., Salamon B. Antimicrobial impacts of selected Lamiaceae plants on bacteria isolated from vegetables and their application in edible films. *Food Bioscience*. 2022; 51: 102280. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.102280.

12. Liu Q., Han R., Yu D., Wang Z., Zhuansun X., Li Y. Characterization of thyme essential oil composite film based on soy protein isolate and its application in the preservation of cherry tomatoes. *LWT – Food Science and Technology*. 2024; 191: 115686. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115686.

13. Santos L. G., Alves-Silva G. F., Martins V. G. Active-intelligent and biodegradable sodium alginate films loaded with *Clitoria ternatea* anthocyanin-rich extract to preserve and monitor food freshness. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 220 (1): 866–877. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.120.

14. Dewi E. N., Tassakka A. C. M. A. R., Yuwono M., Agus Suyono E., Purnamayati L., Alam J. F. Effect of chlorophyll in alginate-based edible film in inhibiting spoilage of fish snacks. *Canrea Journal Food Technology Nutritions and Culinary Journal*. 2022; 5 (1): 57–68. DOI: 10.20956/canrea.v5i1.571.

15. Zinina O. V., Vishnyakova E. A., Neverova O. P. Study of the properties of biodegradable alginate films with an active component. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 06 (235): 76–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-76- 86. (In Russ.)



16. Thole V., Vain P., Martin C. Effect of elevated temperature on tomato post-harvest properties. *Plants*. 2021; 10: 2359. DOI: 10.3390/plants10112359
17. Zewdie T., Desaiagn A., Olijira G., Amare H., Fetene K., Gebrie L. Review on effects of pre and post-harvest factors affecting the quality and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *South Asian Journal of Agricultural Sciences*. 2021; 1 (1): 51–56.
18. Al-Dairi M., Pathare P.B., Al-Yahyai R. Effect of postharvest transport and storage on color and firmness quality of tomato. *Horticulturae*. 2021; 7: 163. DOI: 10.3390/horticulturae7070163.
19. Zhu J., Fang Y., Wakisaka M., Saadiah Hafid H., Yang Z., Yin Y., Omura T., Fang W. Fabrication of flexible chitosan film reinforced with pulping by-product lignosulfonates for cherry-tomato preservation. *Food Chemistry*. 2024; X. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101181
20. Zhang Y., Man J., Li J., Xing Z., Zhao B., Ji M., Xia H., Li J. Preparation of the alginate/carrageenan/shellac films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from enteromorpha for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 218: 519–532. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145.
21. He Y., Li H., Fei X., Peng L. Carboxymethyl cellulose/cellulose nanocrystals immobilized silver nanoparticles as an effective coating to improve barrier and antibacterial properties of paper for food packaging applications. *Carbohydrate Polymers*. 2021; 252: 117156. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117156.
22. Oliveira Filho J. G. d., Rodrigues J. M., Valadares A. C. F., Almeida A. B. d., Lima T. M. d., Takeuchi K. P., Alves C. C. F., Sousa H. A. d. F., Silva E. R. d., Dyszy F. H., Egea M. B. Active food packaging: Alginate films with cottonseed protein hydrolysates. *Food Hydrocolloids*. 2019; 92: 267–275. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.01.052.
23. Tkaczewska J., Kulawik P., Jamróz E., Guzik P., Zajac M., Szymkowiak A., Turek K. One- and double-layered furcellaran/carp skin gelatin hydrolysate film system with antioxidant peptide as an innovative packaging for perishable foods products. *Food Chemistry*. 2021; 351: 129347. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129347.

#### **Authors' information:**

**Oksana V. Zinina**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of food and biotechnology, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia; associate professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-3729-1692, AuthorID 654624. *E-mail: zininaov@susu.ru*

**Elena A. Vishnyakova**, research laboratory assistant at the department of scientific and innovative activities, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia; ORCID 0000-0002-8557-9239, AuthorID 1152986. *E-mail: l\_vishny@mail.ru*

**Olga P. Neverova**, candidate of biological sciences, head of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632. *E-mail: opneverova@mail.ru*

## Изучение эффективности влияния кверцетина на биохимические показатели тушки цыплят-бройлеров

М. Я. Курилкина<sup>✉</sup>, Ш. Г. Рахматуллин, Г. К. Дускаев

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

<sup>✉</sup>E-mail: [K\\_marina4@mail.ru](mailto:K_marina4@mail.ru)

**Аннотация.** Цель исследования – оценка влияния кверцетина на биохимический состав тушки цыплят-бройлеров. **Методы.** Исследования были проведены на 100 головах 7-суточных цыплят-бройлеров (кросс Арбор Айкрес, 4 группы,  $n = 25$ ). Схема эксперимента: контрольная группа – основной рацион (ОР); I опытная (ОР + кверцетин в дозе 5 мг/кг корма/сут); II опытная (ОР + кверцетин в дозе 10 мг/кг корма/сут); III опытная (ОР + кверцетин в дозе 15 мг/кг корма/сут). **Научная новизна** заключается в том, что впервые изучено влияние применения малых молекул растительного происхождения (кверцетина дигидрата) на биохимический состав мышечной ткани и печени цыплят-бройлеров. **Результаты.** Установлено, что аминокислотный состав мышечной ткани подопытной птицы отличался более высоким содержанием лизина, фенилаланина, лейцина-изолейцина, метионина, пролина, аланина и глицина в I и III группах (грудные мышцы), а также высоким содержанием гистидина, пролина в III группе (бедренные мышцы). В печени опытных групп установлено повышенное содержание лизина, тирозина, фенилаланина, гистидина, лейцина-изолейцина, валина, пролина, аланина и глицина. Также установлено увеличение концентрации жирных кислот в грудных мышцах: пальмитолеиновой (III группа), стеариновой и линоленовой (II группа), арахидоновой (I и III группы), в бедренных мышцах: линоленовой (I и II группы) – при снижении пальмитиновой, пальмитолеиновой (I группа) и арахидоновой (I–III группы). В печеночной ткани фиксировалось снижение содержания пальмитолеиновой (I–III группы), олеиновой (III группа), и увеличение пальмитиновой (III группа), линоленовой (I–III группы). Введение в рацион испытуемого растительного препарата имело неоднозначный характер воздействия на минеральный профиль мышц и печени подопытных цыплят, которое проявлялось в виде повышения уровня отдельных элементов при значительном снижении других.

**Ключевые слова:** малые молекулы, кверцетин дигидрат, цыплята-бройлеры, химический состав, мышечная ткань, печень, аминокислотный профиль, жирнокислотный профиль, минеральный состав

**Для цитирования:** Курилкина М. Я., Рахматуллин Ш. Г., Дускаев Г. К. Изучение эффективности влияния кверцетина на биохимические показатели тушки цыплят-бройлеров // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 493–509. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-493-509>.

**Благодарности.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-00036.

**Дата поступления статьи:** 02.08.2023, **дата рецензирования:** 07.09.2023, **дата принятия:** 10.10.2023.

## Studying the effectiveness of quercetin influence on the biochemical parameters of broiler chicken carcasses

M. Ya. Kurilkina<sup>✉</sup>, Sh. G. Rakhmatullin, G. K. Duskaev

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

<sup>✉</sup>E-mail: K\_marina4@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the study was to evaluate the effect of quercetin on the biochemical composition of the carcass of broiler chickens. **Methods.** The studies were carried out on 100 heads of 7-day-old broiler chickens (cross Arbor Acres, 4 groups,  $n = 25$ ). Experimental scheme: control group – basic diet (RR); I experienced (OR + quercetin at a dose of 5 mg/kg feed/day); II experimental (OR + quercetin at a dose of 10 mg/kg feed/day); III experimental (OR + quercetin at a dose of 15 mg/kg feed/day). **The scientific novelty** lies in the fact that for the first time the influence of the use of small molecules of plant origin: quercetin dihydrate on the biochemical composition of muscle tissue and liver of broiler chickens was studied. **Results.** It was established that the amino acid composition of the muscle tissue of the experimental bird was distinguished by a higher content of: lysine, phenylalanine, leucine-isoleucine, methionine, proline, alanine and glycine in groups I and III (pectoral muscles), as well as a high content of histidine, proline in group III (thigh muscles). In the liver of the experimental groups, an increase in the content of: lysine, tyrosine, phenylalanine, histidine, leucine-isoleucine, valine, proline, alanine and glycine was found. An increase in the concentration of fatty acids in the pectoral muscles was also found: palmitoleic (group III), stearic and linolenic (group II), arachidonic (groups I and III), in the femoral muscles: linolenic (groups I and II), with a decrease in palmitic, palmitoleic (I group) and arachidonic (I–III groups). In the liver tissue, a decrease in the content of palmitoleic (groups I–III), oleic (group III), and an increase in palmitic (group III), linolenic (groups I–III) was recorded. The introduction of the tested herbal preparation into the diet had an ambiguous effect on the mineral profile of the muscles and liver of experimental chickens, which manifested itself in the form of an increase in the level of individual elements with a significant decrease in others.

**Keywords:** small molecules, quercetin dihydrate, broiler chickens, chemical composition, muscle tissue, liver, amino acid profile, fatty acid profile, mineral composition

**For citation:** Kurilkina M. Ya., Rakhmatullin Sh. G., Duskaev G. K. Studying the effectiveness of quercetin influence on the biochemical parameters of broiler chicken carcasses. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (4): 493–509. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-493-509>. (In Russ.)

**Acknowledgements.** The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 22-16-00036.

**Date of paper submission:** 02.08.2023, **date of review:** 07.09.2023, **date of acceptance:** 10.10.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Мясо птицы становится одним из наиболее важных источников животного белка для человека с точки зрения пользы для здоровья, стоимости и эффективности производства. Интенсивный генетический отбор и усовершенствование программ кормления значительно повысили производительность и эффективность бройлерного производства [1, с. 365]. Однако современные методы выращивания бройлеров приводят к изменению состава тела, увеличению проблем с безопасностью пищевых продуктов и снижению выхода и качества мяса из-за целого ряда проблем, включая быстрый рост, заражение патогенами, тепловой стресс, риск возникновения устойчивости к противомикробным препаратам и т. д. [2; 3].

Исследования показали, что модулирование питательного состава корма и добавление биоактивных соединений, включая полифенольные соединения, положительно влияют на качество мяса и состав тела цыплят-бройлеров [4].

Экстракты растений и эфирные масла, которые содержат различные полифенольные соединения (например, вторичные метаболиты растений), привлекли большое внимание в качестве альтернативных антибиотиков-стимуляторов роста в бройлерном производстве из-за их антимикробного, антиоксидантного и противовоспалительного действия [5–7]. Soldado и др. [8] предположили, что высокомолекулярные полифенольные соединения могут проявлять системные антиоксидантные эффекты за счет улучшения антиоксидантного статуса в желу-

дочно-кишечном тракте. Антиоксидантные эффекты полифенолов объясняют их благотворное влияние на улучшение качества мяса, что выражается в снижении перекисного окисления липидов в мясе бройлеров [9].

Наиболее известными группами веществ, которые относятся к полифенолам, являются флавоноиды. В последние годы в ветеринарии широко используется кверцетин – природный флавоноид, который обладает противовоспалительными, антиоксидантными и антиапоптозными свойствами, поэтому его все чаще рекомендуют в качестве пищевой добавки для животных и птицы [10, с. 912; 11, с. 75; 12, с. 634; 13]. Более того, кверцетин может предотвращать окислительный стресс, удаляя свободные радикалы, продукты окисления и стимулируя антиоксидантные ферменты в организме птицы [14; 15]. В частности, было установлено, что кверцетин снижает окислительный стресс в кишечнике у цыплят-бройлеров, тем самым стимулируя повышение усвояемости питательных веществ корма [16].

Таким образом, опираясь на проведенные ранее исследования, можно предположить, что растительные полифенольные соединения, в том числе кверцетин, могут стать эффективным инструментом для улучшения качества и выхода мяса за счет повышения переваримости питательных веществ и снижения перекисного окисления липидов при выращивании цыплят-бройлеров [17]. Вместе с тем важно отметить, что эффективность добавок кверцетина может зависеть от различных факторов, включая дозировку, продолжительность приема и конкретные условия системы выращивания.

В связи с этим целью данного исследования являлась оценка влияния разных дозировок кверцетина на биохимический состав мяса и печени цыплят-бройлеров кросса Arbor Acres.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington, D. C., 1996). При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов.

Исследования были проведены на 100 головах 7-суточных цыплят-бройлеров кросса Arbor Acres, разделенных на 4 группы ( $n = 25$ ). Контрольная группа получала основной рацион (ОР) кормления. В рацион кормления опытных групп дополнительно включались малые молекулы растительного проис-

хождения: кверцетин дигидрат (95+% AL33795-1), в том числе: I опытная группа (ОР + кверцетин в дозе 5 мг/кг корма в сутки); II опытная группа (ОР + кверцетин в дозе 10 мг/кг корма в сутки); III опытная группа (ОР + кверцетин в дозе 15 мг/кг корма в сутки). Кормление и поение птицы осуществлялись групповым методом согласно методическим рекомендациям ВНИТИП [18, с. 180].

Убой и анатомическую разделку подопытных бройлеров проводили в возрасте 42 суток [19, с. 255]. Образцы ткани грудной, бедренной мышцы и печени отбирались сразу после убоя и замораживались ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

В образцах опытных биосубстратов были установлены массовая доля сухого вещества, сырого протеина (ГОСТ 25011-2017), сырого жира (ГОСТ 23042-2015). Массовую долю влаги определяли на основании высушивания, массовую долю золы – методом сжигания, жира – методом Сокслета, протеина – по методу Кьельдаля. Аминокислотный состав биосубстратов был определен методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105М» (Россия). Жирнокислотный состав биосубстратов определялся методом газовой хроматографии при помощи автоматического газового хроматографа «Кристалл-ЛЮКС-4000» (Россия). Минеральный состав биосубстратов исследовали методами атомно-эмиссионной (Optima 2000 V, Perkin Elmer, США) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (Elan 9000, Perkin Elmer, США).

Статистический анализ проводился с использованием программного пакета Statistica 10.0. Достоверность различий проверяли при помощи  $U$ -критерия Манна – Уитни. Уровень значимости  $P \leq 0,05$ .

#### Результаты (Results)

Данные химического состава мышечных тканей показали, что добавление малых молекул растительного происхождения (кверцетин дигидрата) в рацион подопытной птицы сопровождалось достоверным увеличением массовой доли жира в грудных мышцах II группы ( $P \leq 0,05$ ), и незначительным снижением в I ( $P \leq 0,05$ ) и III ( $P \leq 0,05$ ) опытных группах, по отношению к особям из контрольной. При этом в бедренных мышцах, напротив, фиксировалось повышение массовой доли жира в I опытной ( $P \leq 0,05$ ) и снижение в III группе ( $P \leq 0,05$ ). В образцах печени наблюдалось повышение данного показателя во II группе, на фоне снижения в I ( $P \leq 0,05$ ) относительно контрольной группы. Следует отметить, что, несмотря на отсутствие достоверного влияния испытуемых добавок на массовую долю сухого вещества и белка в грудных мышцах, нами было отмечено значительное повышение этих показателей у особей всех опытных групп по отношению к контролю (таблица 1).



Таблица 1

Химический состав мышц и печени цыплят-бройлеров, %

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<b>Грудные мышцы</b>				
Массовая доля влаги	78,2 ± 2,45	77,1 ± 2,67	77,5 ± 2,71	76,5 ± 3,06
Массовая доля сухого вещества	21,8 ± 0,77	22,9 ± 0,89	22,5 ± 1,01	23,5 ± 0,95
Массовая доля жира	1,0 ± 0,04	0,8 ± 0,05*	1,5 ± 0,05*	0,8 ± 0,06*
Массовая доля золы	0,99 ± 0,06	0,99 ± 0,06	0,95 ± 0,07	0,99 ± 0,09
Массовая доля белка	19,8 ± 0,89	21,1 ± 1,01	20,0 ± 1,05	21,7 ± 0,86
<b>Бедренные мышцы</b>				
Массовая доля влаги	77,1 ± 3,51	78,0 ± 2,91	78,1 ± 2,44	76,7 ± 2,56
Массовая доля сухого вещества	22,9 ± 0,77	22,0 ± 0,74	21,9 ± 0,82	23,4 ± 0,84
Массовая доля жира	2,6 ± 0,07	2,9 ± 0,09*	2,7 ± 0,05	2,4 ± 0,06*
Массовая доля золы	0,97 ± 0,01	0,97 ± 0,02	0,97 ± 0,01	0,98 ± 0,01
Массовая доля белка	19,3 ± 0,61	18,1 ± 0,66	18,2 ± 0,67	20,0 ± 0,59
<b>Печень</b>				
Массовая доля влаги	82,0 ± 2,67	82,1 ± 2,79	81,0 ± 2,66	82,7 ± 2,78
Массовая доля сухого вещества	18,0 ± 1,11	18,0 ± 0,98	19,0 ± 0,97	17,3 ± 1,02
Массовая доля жира	4,0 ± 0,11	3,2 ± 0,12*	4,8 ± 0,10*	4,3 ± 0,14
Массовая доля золы	0,96 ± 0,02	0,97 ± 0,03	0,95 ± 0,01	0,96 ± 0,02
Массовая доля белка	13,0 ± 0,45	13,8 ± 0,49	13,2 ± 0,41	12,0 ± 0,40

Примечание. \* P ≤ 0,05.

Table 1

Chemical composition of muscles and liver of broiler chickens, %

Indicator	Group			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
<b>Pectoral muscles</b>				
Moisture content	78.2 ± 2.45	77.1 ± 2.67	77.5 ± 2.71	76.5 ± 3.06
Mass fraction of dry matter	21.8 ± 0.77	22.9 ± 0.89	22.5 ± 1.01	23.5 ± 0.95
Mass fraction of fat	1.0 ± 0.04	0.8 ± 0.05*	1.5 ± 0.05*	0.8 ± 0.06*
Mass fraction of ash	0.99 ± 0.06	0.99 ± 0.06	0.95 ± 0.07	0.99 ± 0.09
Mass fraction of protein	19.8 ± 0.89	21.1 ± 1.01	20.0 ± 1.05	21.7 ± 0.86
<b>Thigh muscles</b>				
Moisture content	77.1 ± 3.51	78.0 ± 2.91	78.1 ± 2.44	76.7 ± 2.56
Mass fraction of dry matter	22.9 ± 0.77	22.0 ± 0.74	21.9 ± 0.82	23.4 ± 0.84
Mass fraction of fat	2.6 ± 0.07	2.9 ± 0.09*	2.7 ± 0.05	2.4 ± 0.06*
Mass fraction of ash	0.97 ± 0.01	0.97 ± 0.02	0.97 ± 0.01	0.98 ± 0.01
Mass fraction of protein	19.3 ± 0.61	18.1 ± 0.66	18.2 ± 0.67	20.0 ± 0.59
<b>Liver</b>				
Moisture content	82.0 ± 2.67	82.1 ± 2.79	81.0 ± 2.66	82.7 ± 2.78
Mass fraction of dry matter	18.0 ± 1.11	18.0 ± 0.98	19.0 ± 0.97	17.3 ± 1.02
Mass fraction of fat	4.0 ± 0.11	3.2 ± 0.12*	4.8 ± 0.10*	4.3 ± 0.14
Mass fraction of ash	0.96 ± 0.02	0.97 ± 0.03	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.02
Mass fraction of protein	13.0 ± 0.45	13.8 ± 0.49	13.2 ± 0.41	12.0 ± 0.40

Note. \* P ≤ 0.05.

Сравнительный анализ аминокислотного состава грудных мышц подопытных цыплят-бройлеров характеризовался более высоким содержанием лизина, фенилаланина, лейцина-изолейцина, метионина, пролина, аланина и глицина в I опытной (P ≤ 0,05) и высоким содержанием фенилаланина,

метионина в III опытной группе (P ≤ 0,05) по сравнению с контролем. При этом аминокислотный состав бедренных мышц отличался более высоким количеством гистидина и пролина в III опытной группе (P ≤ 0,05) и низким содержанием тирозина во II группе (P ≤ 0,05) относительно контрольных значений.

Аминокислотный состав печени подопытных бройлеров характеризовался более высоким содержанием лизина, тирозина, гистидина, валина, пролина, аланина и глицина в I группе ( $P \leq 0,05$ ), высоким содержанием гистидина, аланина во II группе ( $P \leq 0,05$ ), также высоким показателем тирозина, пролина в III группе ( $P \leq 0,05$ ) и низким содержа-

нием метионина во II опытной группе ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контрольной. Уровень фенилаланина и лейцина-изолейцина достоверно повышался во всех опытных группах. При этом наиболее значимые достоверные отличия были установлены в опытной группе, получавшей кверцетина дигидрат в дозе 5 мг/кг корма в сутки (I группа) (таблица 2).

Таблица 2  
Аминокислотный состав мышц и печени цыплят-бройлеров, %

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<b>Грудные мышцы</b>				
Аргинин	4,8 ± 0,14	4,7 ± 0,11	4,5 ± 0,18	5,1 ± 0,16
Лизин	7,0 ± 0,19	7,8 ± 0,14*	7,3 ± 0,16	7,5 ± 0,18
Тирозин	4,2 ± 0,15	4,3 ± 0,18	4,0 ± 0,12	4,2 ± 0,11
Фенилаланин	2,7 ± 0,09	3,0 ± 0,06*	2,9 ± 0,07	3,0 ± 0,05*
Гистидин	2,1 ± 0,09	2,3 ± 0,11	2,2 ± 0,13	2,3 ± 0,08
Лейцин-изолейцин	9,9 ± 0,31	11,2 ± 0,33*	10,4 ± 0,32	10,6 ± 0,37
Метионин	2,0 ± 0,08	2,3 ± 0,09*	2,1 ± 0,07	2,2 ± 0,03*
Валин	4,2 ± 0,16	4,5 ± 0,10	4,5 ± 0,17	4,5 ± 0,14
Пролин	2,8 ± 0,11	3,2 ± 0,12*	2,9 ± 0,11	2,9 ± 0,14
Треонин	3,4 ± 0,14	3,8 ± 0,16	3,5 ± 0,16	3,7 ± 0,13
Серин	3,0 ± 0,12	3,3 ± 0,14	3,0 ± 0,13	3,2 ± 0,10
Аланин	5,2 ± 0,22	6,0 ± 0,26*	5,3 ± 0,12	5,5 ± 0,16
Глицин	3,4 ± 0,14	4,0 ± 0,19*	3,6 ± 0,11	3,6 ± 0,10
<b>Бедренные мышцы</b>				
Аргинин	4,6 ± 0,16	4,9 ± 0,15	4,3 ± 0,12	4,4 ± 0,10
Лизин	7,1 ± 0,18	7,2 ± 0,16	6,9 ± 0,15	7,6 ± 0,22
Тирозин	3,3 ± 0,11	3,1 ± 0,14	2,9 ± 0,12*	3,2 ± 0,13
Фенилаланин	2,8 ± 0,08	2,8 ± 0,12	2,7 ± 0,11	3,0 ± 0,06
Гистидин	1,9 ± 0,05	2,0 ± 0,06	1,9 ± 0,09	2,1 ± 0,04*
Лейцин-изолейцин	9,7 ± 0,31	10,0 ± 0,24	9,4 ± 0,25	10,4 ± 0,27
Метионин	2,0 ± 0,08	2,1 ± 0,09	1,9 ± 0,15	2,2 ± 0,06
Валин	4,2 ± 0,12	4,0 ± 0,13	3,9 ± 0,14	4,3 ± 0,11
Пролин	3,0 ± 0,11	3,2 ± 0,14	3,0 ± 0,13	3,3 ± 0,10*
Треонин	3,4 ± 0,12	3,7 ± 0,11	3,3 ± 0,08	3,6 ± 0,06
Серин	3,0 ± 0,09	3,2 ± 0,17	2,9 ± 0,13	3,2 ± 0,12
Аланин	4,7 ± 0,12	4,9 ± 0,16	4,6 ± 0,15	5,1 ± 0,19
Глицин	3,7 ± 0,20	4,0 ± 0,19	3,7 ± 0,18	4,1 ± 0,15
<b>Печень</b>				
Аргинин	3,4 ± 0,11	3,4 ± 0,14	3,1 ± 0,17	3,4 ± 0,09
Лизин	3,4 ± 0,12	4,2 ± 0,14*	3,8 ± 0,16	3,7 ± 0,11
Тирозин	1,9 ± 0,07	2,3 ± 0,12*	2,0 ± 0,09	2,1 ± 0,06*
Фенилаланин	2,3 ± 0,05	2,7 ± 0,07*	2,5 ± 0,08*	2,5 ± 0,07*
Гистидин	1,2 ± 0,02	1,5 ± 0,04*	1,4 ± 0,05*	1,3 ± 0,06
Лейцин-изолейцин	7,1 ± 0,24	8,8 ± 0,31*	7,8 ± 0,21*	8,0 ± 0,25*
Метионин	1,5 ± 0,06	1,6 ± 0,07	1,3 ± 0,04*	1,5 ± 0,05
Валин	3,4 ± 0,13	4,1 ± 0,14*	3,7 ± 0,12	3,8 ± 0,16
Пролин	2,5 ± 0,12	3,1 ± 0,11*	2,8 ± 0,10	2,9 ± 0,13*
Треонин	2,6 ± 0,10	2,8 ± 0,09	2,6 ± 0,08	2,7 ± 0,11
Серин	2,6 ± 0,11	2,9 ± 0,12	2,7 ± 0,14	2,8 ± 0,20
Аланин	3,2 ± 0,12	3,9 ± 0,16*	3,6 ± 0,09*	3,6 ± 0,22
Глицин	2,8 ± 0,09	3,4 ± 0,14*	3,1 ± 0,12	3,1 ± 0,17

Примечание. \*  $P \leq 0,05$ .

Table 2  
Amino acid composition of muscles and liver of broiler chickens, %

Indicator	Group			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
<b>Pectoral muscles</b>				
Arginine	4.8 ± 0.14	4.7 ± 0.11	4.5 ± 0.18	5.1 ± 0.16
Lysine	7.0 ± 0.19	7.8 ± 0.14*	7.3 ± 0.16	7.5 ± 0.18
Tyrosine	4.2 ± 0.15	4.3 ± 0.18	4.0 ± 0.12	4.2 ± 0.11
Phenylalanine	2.7 ± 0.09	3.0 ± 0.06*	2.9 ± 0.07	3.0 ± 0.05*
Histidine	2.1 ± 0.09	2.3 ± 0.11	2.2 ± 0.13	2.3 ± 0.08
Leucine Isoleucine	9.9 ± 0.31	11.2 ± 0.33*	10.4 ± 0.32	10.6 ± 0.37
Methionine	2.0 ± 0.08	2.3 ± 0.09*	2.1 ± 0.07	2.2 ± 0.03*
Valine	4.2 ± 0.16	4.5 ± 0.10	4.5 ± 0.17	4.5 ± 0.14
Proline	2.8 ± 0.11	3.2 ± 0.12*	2.9 ± 0.11	2.9 ± 0.14
Threonine	3.4 ± 0.14	3.8 ± 0.16	3.5 ± 0.16	3.7 ± 0.13
Serine	3.0 ± 0.12	3.3 ± 0.14	3.0 ± 0.13	3.2 ± 0.10
Alanine	5.2 ± 0.22	6.0 ± 0.26*	5.3 ± 0.12	5.5 ± 0.16
Glycine	3.4 ± 0.14	4.0 ± 0.19*	3.6 ± 0.11	3.6 ± 0.10
<b>Thigh muscles</b>				
Arginine	4.6 ± 0.16	4.9 ± 0.15	4.3 ± 0.12	4.4 ± 0.10
Lysine	7.1 ± 0.18	7.2 ± 0.16	6.9 ± 0.15	7.6 ± 0.22
Tyrosine	3.3 ± 0.11	3.1 ± 0.14	2.9 ± 0.12*	3.2 ± 0.13
Phenylalanine	2.8 ± 0.08	2.8 ± 0.12	2.7 ± 0.11	3.0 ± 0.06
Histidine	1.9 ± 0.05	2.0 ± 0.06	1.9 ± 0.09	2.1 ± 0.04*
Leucine Isoleucine	9.7 ± 0.31	10.0 ± 0.24	9.4 ± 0.25	10.4 ± 0.27
Methionine	2.0 ± 0.08	2.1 ± 0.09	1.9 ± 0.15	2.2 ± 0.06
Valine	4.2 ± 0.12	4.0 ± 0.13	3.9 ± 0.14	4.3 ± 0.11
Proline	3.0 ± 0.11	3.2 ± 0.14	3.0 ± 0.13	3.3 ± 0.10*
Threonine	3.4 ± 0.12	3.7 ± 0.11	3.3 ± 0.08	3.6 ± 0.06
Serine	3.0 ± 0.09	3.2 ± 0.17	2.9 ± 0.13	3.2 ± 0.12
Alanine	4.7 ± 0.12	4.9 ± 0.16	4.6 ± 0.15	5.1 ± 0.19
Glycine	3.7 ± 0.20	4.0 ± 0.19	3.7 ± 0.18	4.1 ± 0.15
<b>Liver</b>				
Arginine	3.4 ± 0.11	3.4 ± 0.14	3.1 ± 0.17	3.4 ± 0.09
Lysine	3.4 ± 0.12	4.2 ± 0.14*	3.8 ± 0.16	3.7 ± 0.11
Tyrosine	1.9 ± 0.07	2.3 ± 0.12*	2.0 ± 0.09	2.1 ± 0.06*
Phenylalanine	2.3 ± 0.05	2.7 ± 0.07*	2.5 ± 0.08*	2.5 ± 0.07*
Histidine	1.2 ± 0.02	1.5 ± 0.04*	1.4 ± 0.05*	1.3 ± 0.06
Leucine Isoleucine	7.1 ± 0.24	8.8 ± 0.31*	7.8 ± 0.21*	8.0 ± 0.25*
Methionine	1.5 ± 0.06	1.6 ± 0.07	1.3 ± 0.04*	1.5 ± 0.05
Valine	3.4 ± 0.13	4.1 ± 0.14*	3.7 ± 0.12	3.8 ± 0.16
Proline	2.5 ± 0.12	3.1 ± 0.11*	2.8 ± 0.10	2.9 ± 0.13*
Threonine	2.6 ± 0.10	2.8 ± 0.09	2.6 ± 0.08	2.7 ± 0.11
Serine	2.6 ± 0.11	2.9 ± 0.12	2.7 ± 0.14	2.8 ± 0.20
Alanine	3.2 ± 0.12	3.9 ± 0.16*	3.6 ± 0.09*	3.6 ± 0.22
Glycine	2.8 ± 0.09	3.4 ± 0.14*	3.1 ± 0.12	3.1 ± 0.17

Note. \*  $P \leq 0.05$ .

Результаты анализа жирнокислотного состава исследуемых биосубстратах показали определенные изменения концентраций некоторых жирных кислот в зависимости от уровня кверцетина, однако данное влияние было незначительным (таблица 3).

Анализ жирнокислотного состава грудных мышц подопытных групп показал увеличение

концентраций ряда кислот. В частности, жирных кислот: пальмитолеиновой кислоты в III группе ( $P \leq 0,05$ ), стеариновой и линоленовой во II группе ( $P \leq 0,05$ ), арахидоновой в I ( $P \leq 0,05$ ) и III ( $P \leq 0,05$ ) опытных группах, а также снижение пальмитолеиновой кислоты в I ( $P \leq 0,05$ ) и II ( $P \leq 0,05$ ) опытных группах относительно контроля.

## Жирнокислотный состав мышц и печени цыплят-бройлеров, %

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<b>Грудные мышцы</b>				
C16:0 пальмитиновая	21,9 ± 0,46	22,3 ± 0,64	21,4 ± 0,68	22,0 ± 0,67
C16:1 пальмитолеиновая	3,80 ± 0,09	2,80 ± 0,07*	3,50 ± 0,08*	4,10 ± 0,09*
C18:0 стеариновая	6,80 ± 0,181	6,80 ± 0,201	7,60 ± 0,212*	7,00 ± 0,223
C18:1 олеиновая	38,9 ± 1,04	39,8 ± 1,14	38,5 ± 1,07	39,4 ± 1,19
C18:2 линолевая	26,7 ± 0,63	26,2 ± 0,72	26,8 ± 0,74	25,1 ± 0,76
C18:3 линоленовая	1,50 ± 0,042	1,60 ± 0,036	1,80 ± 0,049*	1,90 ± 0,420
C20:4 арахидоновая	0,40 ± 0,011	0,50 ± 0,016*	0,40 ± 0,014	0,50 ± 0,012*
<b>Бедренные мышцы</b>				
C16:0 пальмитиновая	19,2 ± 0,11	17,8 ± 0,12*	18,2 ± 0,94	19,0 ± 0,98
C16:1 пальмитолеиновая	4,00 ± 0,184	3,20 ± 0,174*	3,90 ± 0,192	4,00 ± 0,220
C18:0 стеариновая	7,00 ± 0,332	7,60 ± 0,332	7,40 ± 0,372	7,80 ± 0,419
C18:1 олеиновая	38,1 ± 1,97	35,7 ± 2,31	36,4 ± 1,83	37,4 ± 2,10
C18:2 линолевая	29,8 ± 1,46	33,5 ± 1,75	32,0 ± 1,65	29,8 ± 1,23
C18:3 линоленовая	1,50 ± 0,072	2,10 ± 0,088*	1,90 ± 0,093*	1,70 ± 0,084
C20:4 арахидоновая	0,40 ± 0,023	0,10 ± 0,008*	0,20 ± 0,011*	0,30 ± 0,014*
<b>Печень</b>				
C16:0 пальмитиновая	22,2 ± 1,01	24,9 ± 1,23	24,8 ± 1,32	25,4 ± 1,19*
C16:1 пальмитолеиновая	4,10 ± 0,194	3,30 ± 0,175*	3,10 ± 0,143*	3,40 ± 0,166*
C18:0 стеариновая	16,20 ± 0,724	16,80 ± 0,813	16,50 ± 0,847	17,00 ± 0,861
C18:1 олеиновая	37,4 ± 1,72	34,6 ± 1,75	33,2 ± 1,59	31,4 ± 1,63*
C18:2 линолевая	15,6 ± 0,77	15,7 ± 0,79	17,1 ± 0,84	17,9 ± 0,89
C18:3 линоленовая	0,50 ± 0,024	0,80 ± 0,033*	0,80 ± 0,051*	0,70 ± 0,052*
C20:4 арахидоновая	4,00 ± 0,195	3,90 ± 0,201	4,50 ± 0,231	4,20 ± 0,224

Примечание. \* P ≤ 0,05.

Table 3

## Fatty acid composition of muscles and liver of broiler chickens, %

Indicator	Group			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
<b>Pectoral muscles</b>				
C16:0 palmitic	21.9 ± 0.46	22.3 ± 0.64	21.4 ± 0.68	22.0 ± 0.67
C16:1 palmitoleic	3.80 ± 0.09	2.80 ± 0.07*	3.50 ± 0.08*	4.10 ± 0.09*
C18:0 stearic	6.80 ± 0.181	6.80 ± 0.201	7.60 ± 0.212*	7.00 ± 0.223
C18:1 oleic	38.9 ± 1.04	39.8 ± 1.14	38.5 ± 1.07	39.4 ± 1.19
C18:2 linoleic	26.7 ± 0.63	26.2 ± 0.72	26.8 ± 0.74	25.1 ± 0.76
C18:3 linolenic	1.50 ± 0.042	1.60 ± 0.036	1.80 ± 0.049*	1.90 ± 0.420
C20:4 achidonic	0.40 ± 0.011	0.50 ± 0.016*	0.40 ± 0.014	0.50 ± 0.012*
<b>Thigh muscles</b>				
C16:0 palmitic	19.2 ± 0.11	17.8 ± 0.12*	18.2 ± 0.94	19.0 ± 0.98
C16:1 palmitoleic	4.00 ± 0.184	3.20 ± 0.174*	3.90 ± 0.192	4.00 ± 0.220
C18:0 stearic	7.00 ± 0.332	7.60 ± 0.332	7.40 ± 0.372	7.80 ± 0.419
C18:1 oleic	38.1 ± 1.97	35.7 ± 2.31	36.4 ± 1.83	37.4 ± 2.10
C18:2 linoleic	29.8 ± 1.46	33.5 ± 1.75	32.0 ± 1.65	29.8 ± 1.23
C18:3 linolenic	1.50 ± 0.072	2.10 ± 0.088*	1.90 ± 0.093*	1.70 ± 0.084
C20:4 achidonic	0.40 ± 0.023	0.10 ± 0.008*	0.20 ± 0.011*	0.30 ± 0.014*
<b>Liver</b>				
C16:0 palmitic	22.2 ± 1.01	24.9 ± 1.23	24.8 ± 1.32	25.4 ± 1.19*
C16:1 palmitoleic	4.10 ± 0.194	3.30 ± 0.175*	3.10 ± 0.143*	3.40 ± 0.166*
C18:0 stearic	16.20 ± 0.724	16.80 ± 0.813	16.50 ± 0.847	17.00 ± 0.861
C18:1 oleic	37.4 ± 1.72	34.6 ± 1.75	33.2 ± 1.59	31.4 ± 1.63*
C18:2 linoleic	15.6 ± 0.77	15.7 ± 0.79	17.1 ± 0.84	17.9 ± 0.89
C18:3 linolenic	0.50 ± 0.024	0.80 ± 0.033*	0.80 ± 0.051*	0.70 ± 0.052*
C20:4 achidonic	4.00 ± 0.195	3.90 ± 0.201	4.50 ± 0.231	4.20 ± 0.224

Note. \* P ≤ 0.05.



Таблица 4

Элементный состав грудной мышцы цыплят-бройлеров

Элемент	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<b>Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг</b>				
B	0,194 ± 0,0018	0,356 ± 0,0111*	0,304 ± 0,0051*	0,197 ± 0,0025
Co	0,044 ± 0,0004	0,032 ± 0,0005*	0,039 ± 0,0007*	0,050 ± 0,0006*
Cr	2,230 ± 0,0204	3,111 ± 0,0870*	2,317 ± 0,0222*	3,375 ± 0,0823*
Cu	1,190 ± 0,0109	0,976 ± 0,0144*	1,284 ± 0,0216*	1,342 ± 0,0173*
Fe	0,293 ± 0,0027	0,305 ± 0,0045*	0,257 ± 0,0043*	0,464 ± 0,0060*
Mn	0,737 ± 0,0067	2,334 ± 0,1079*	0,968 ± 0,0163	1,301 ± 0,0168*
Se	1,311 ± 0,0120	1,120 ± 0,0165*	1,349 ± 0,0227	1,169 ± 0,0151*
Zn	15,410 ± 0,1407	18,163 ± 0,2674*	17,114 ± 0,2881*	16,447 ± 0,2123*
<b>Макроэлементы, г/кг</b>				
Ca	0,178 ± 0,0016	0,254 ± 0,0037*	0,166 ± 0,0028*	0,164 ± 0,0021*
K	10,993 ± 0,1004	13,712 ± 0,2018*	11,680 ± 0,1966*	11,900 ± 0,1536*
Mg	0,896 ± 0,0082	1,171 ± 0,0172*	0,969 ± 0,0163*	0,985 ± 0,0127*
Na	1,375 ± 0,0125	1,612 ± 0,0237*	1,418 ± 0,0239	1,428 ± 0,0184*
<b>Токсические элементы, мг/кг</b>				
Al	28,347 ± 0,2588	22,833 ± 0,3361*	18,100 ± 0,3047*	15,492 ± 0,1225*
Cd	0,482 ± 0,0105	0,338 ± 0,0050*	0,364 ± 0,0033*	0,406 ± 0,0052*
Pb	0,196 ± 0,0018	0,174 ± 0,0026*	0,187 ± 0,0031*	0,189 ± 0,0024*
Sr	0,192 ± 0,0018	0,230 ± 0,0063*	0,122 ± 0,0021*	0,133 ± 0,0017*

Примечание. \* P ≤ 0,05.

Table 4

Elemental composition of the pectoral muscle of broiler chickens

Element	Group			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
<b>Essential and conditionally essential trace elements, mg/kg</b>				
B	0.194 ± 0.0018	0.356 ± 0.0111*	0.304 ± 0.0051*	0.197 ± 0.0025
Co	0.044 ± 0.0004	0.032 ± 0.0005*	0.039 ± 0.0007*	0.050 ± 0.0006*
Cr	2.230 ± 0.0204	3.111 ± 0.0870*	2.317 ± 0.0222*	3.375 ± 0.0823*
Cu	1.190 ± 0.0109	0.976 ± 0.0144*	1.284 ± 0.0216*	1.342 ± 0.0173*
Fe	0.293 ± 0.0027	0.305 ± 0.0045*	0.257 ± 0.0043*	0.464 ± 0.0060*
Mn	0.737 ± 0.0067	2.334 ± 0.1079*	0.968 ± 0.0163	1.301 ± 0.0168*
Se	1.311 ± 0.0120	1.120 ± 0.0165*	1.349 ± 0.0227	1.169 ± 0.0151*
Zn	15.410 ± 0.1407	18.163 ± 0.2674*	17.114 ± 0.2881*	16.447 ± 0.2123*
<b>Macroelements, g/kg</b>				
Ca	0.178 ± 0.0016	0.254 ± 0.0037*	0.166 ± 0.0028*	0.164 ± 0.0021*
K	10.993 ± 0.1004	13.712 ± 0.2018*	11.680 ± 0.1966*	11.900 ± 0.1536*
Mg	0.896 ± 0.0082	1.171 ± 0.0172*	0.969 ± 0.0163*	0.985 ± 0.0127*
Na	1.375 ± 0.0125	1.612 ± 0.0237*	1.418 ± 0.0239	1.428 ± 0.0184*
<b>Toxic elements, mg/kg</b>				
Al	28.347 ± 0.2588	22.833 ± 0.3361*	18.100 ± 0.3047*	15.492 ± 0.1225*
Cd	0.482 ± 0.0105	0.338 ± 0.0050*	0.364 ± 0.0033*	0.406 ± 0.0052*
Pb	0.196 ± 0.0018	0.174 ± 0.0026*	0.187 ± 0.0031*	0.189 ± 0.0024*
Sr	0.192 ± 0.0018	0.230 ± 0.0063*	0.122 ± 0.0021*	0.133 ± 0.0017*

Note. \* P ≤ 0.05.

При анализе жирнокислотного профиля бедренных мышц установлено достоверное повышение содержания линоленовой кислоты в I (P ≤ 0,05) и II (P ≤ 0,05) опытных группах на фоне снижения пальмитиновой (I группа, P ≤ 0,05), пальмитолеиновой (I группа, P ≤ 0,05) и арахидоновой (I и III группы,

P ≤ 0,05) жирных кислот в сравнении с контрольной группой.

Результаты анализа жирнокислотного состава печени подопытных бройлеров показали, что использование малых молекул растительного происхождения (кверцетина дигидрата) в рационе подопытных

бройлеров приводит к снижению содержания пальмитолеиновой (I, II и III группы,  $P \leq 0,05$ ), олеиновой (III группа,  $P \leq 0,05$ ) жирных кислот, и увеличение пальмитиновой (III группа,  $P \leq 0,05$ ) и линоленовой (I, II и III группы,  $P \leq 0,05$ ) по отношению к контролю.

При анализе полученных данных минерального состава грудных мышц подопытных цыплят-бройлеров были выявлены существенные различия по содержанию основных эссенциальных и токсичных элементов в разрезе изучаемых групп. Так, было установлено, что использование в рационе кверцетина дигидрата в дозе 5 мг/кг корма в сутки сопровождалось повышением ( $P \leq 0,05$ ) содержания Ca, K, Mg, Na, B, Cr, Fe, Mn, Zn, Sr на фоне снижения концентраций Al, Cd, Pb, Co, Cu, Se. В то время как дозировка 10 мг/кг корма в сутки приводила к достоверному увеличению концентраций K, Mg, B, Cr, Cu, Zn и снижению Al, Cd, Pb, Sr, Co, Fe, Ca. Также установлено, что введение в рацион подопытной птицы испытываемой добавки в дозе 15 мг/кг корма в сутки сопровождалось увеличением концентраций K, Mg, Na, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn при снижении Al, Cd, Pb, Sr, Se, Ca ( $P \leq 0,05$ ) (таблица 4).

Результаты минерального состава бедренной мышцы показали, что использование малых молекул растительного происхождения в рационе цыплят-бройлеров приводило к снижению концентрации Co, Cr, Fe, Mn, Al и Pb (I группа) и значительному увеличению B, Cu, Se, Zn, Ca, Na, Cd, Sr. При этом введение кверцетина в рацион птицы II опытной группы способствовало повышению уровней Zn, B, Cd и в то же время снижало концентрации K, Co, Cr, Fe, Al, Pb, Sr. Включение испытываемой добавки в рацион цыплят-бройлеров III опытной группы сопровождалось увеличением концентраций Ca, K, B, Zn, Al и снижением значений Pb, Sr, Co, Cr, Fe, Mn, Se (таблица 5).

Оценка концентраций элементного состава печени подопытных цыплят-бройлеров показала неоднозначный характер влияния изучаемых компонентов рациона на ее минеральный состав (таблица 6).

Наибольшим влиянием на элементный состав печени подопытных бройлеров характеризовалась I опытная группа. Так, добавление кверцетина дигидрата в дозе 5 мг/кг корма в сутки способствовало достоверному повышению содержания Ca, Mg, Na, B, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, Pb и Sr по отношению к контролю. Во II опытной группе наблюдалось повышение концентраций Ca, Mg, Na, B, Zn, Al, Pb и незначительное снижение Cr, Mn, Se, в то время как в III опытной группе зафиксировано повышение концентраций Na, B, Co, Fe, Zn, Al, Pb на фоне снижения Cr, Se и Sr.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Известно, что растительные полифенольные соединения влияют на накопление жира у цыплят-бройлеров. Так, Park и Kim [20, с. 708; 21, с. 9;

22, с. 468] сообщили, что добавление *Achyranthes asper* (от 0,025 % до 0,1%) в рацион цыплят-бройлеров способствует снижению массы абдоминального жира и увеличивает выход грудного мяса, это может быть связано с его активным компонентом – сапонином, который может снижать уровень липидов, улучшать общую усвояемость кормов в желудочно-кишечном тракте. Huang и др. [23] продемонстрировали, что пероральное введение (50 или 100 мг/кг массы тела) полифенолов зеленого чая уменьшало накопление жира посредством подавляющей регуляции генов, связанных с накоплением жира, и повышающей регуляции генов, связанных с метаболизмом и транспортировкой жира. Добавление дубильной кислоты (от 0,5 до 2,5 г/кг корма) уменьшает накопление жира у цыплят-бройлеров за счет снижения выработки микробных метаболитов, важных источников энергии для хозяина [24]. Аналогичные результаты были получены в нашем эксперименте при анализе химического состава грудных мышц цыплят I и III опытных групп.

Использование в эксперименте малых молекул растительного происхождения (кверцетина дигидрата) значительно улучшало содержание различных отдельных аминокислот, в том числе установлены более высокие уровни незаменимых аминокислот по сравнению с контрольной группой. Наши данные согласуются с ранее проведенными исследованиями, в которых отмечается, что пищевые добавки с различными уровнями фиолетового кукурузного пигмента (богатого антоцианами) улучшают качество мяса и профили аминокислот в мышцах цыплят. Причина может заключаться в том, что растения, богатые полифенолами, проявляют сильную антиоксидантную способность и снижают концентрацию свободных радикалов, тем самым улучшая уровень аминокислот в мышцах [25, с. 410]. В частности, существует мнение, что полифенолы могут снижать содержание тиобарбитуровой кислоты и общего летучего основного азота у цыплят. Более того, свободные радикалы легко реагируют с высокочувствительными аминокислотными остатками, а образование белковых карбониллов может привести к окислительному повреждению мышечного белка [26, с. 1373; 27; 28]. В более поздних исследованиях установлено, что экстракт прополиса, содержащий большое количество полифенольных соединений, может улучшить концентрацию аминокислот в курином мясе, тогда как экстракты растений, содержащие фенольные соединения, можно использовать в качестве естественного стимулятора роста в кормах для домашней птицы, поскольку они могут повысить скорость роста цыплят-бройлеров за счет положительного воздействия на усвояемость аминокислот в подвздошной кишке [29, с. 1905; 30].

Таблица 5

Элементный состав бедренной мышцы цыплят-бройлеров

Биология и биотехнологии

Элемент	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<b>Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг</b>				
B	0,083 ± 0,0002	0,182 ± 0,0041*	0,108 ± 0,0018*	0,089 ± 0,0002*
Co	0,028 ± 0,0003	0,020 ± 0,0003*	0,024 ± 0,0004*	0,022 ± 0,0003*
Cr	1,650 ± 0,0151	1,314 ± 0,0193*	0,924 ± 0,0155*	0,929 ± 0,0120*
Cu	1,709 ± 0,0156	2,096 ± 0,0308*	1,761 ± 0,0296	1,658 ± 0,0214
Fe	0,319 ± 0,0029	0,260 ± 0,0038*	0,265 ± 0,0045*	0,175 ± 0,0023*
Mn	1,594 ± 0,0146	0,749 ± 0,0110*	1,165 ± 0,0196	0,927 ± 0,0120*
Se	1,304 ± 0,0119	1,389 ± 0,0205*	1,270 ± 0,0214	1,220 ± 0,0158*
Zn	35,004 ± 0,3195	48,163 ± 0,7089*	40,101 ± 0,6750*	39,344 ± 0,5079*
<b>Макроэлементы, г/кг</b>				
Ca	0,183 ± 0,0017	0,227 ± 0,0033*	0,224 ± 0,0038*	0,222 ± 0,0029*
K	10,144 ± 0,0926	10,189 ± 0,1500	9,492 ± 0,1598*	10,617 ± 0,1371*
Mg	0,775 ± 0,0071	0,768 ± 0,0113	0,746 ± 0,0126	0,776 ± 0,0100
Na	1,994 ± 0,0182	2,103 ± 0,0310*	2,080 ± 0,0350	2,047 ± 0,0264
<b>Токсические элементы, мг/кг</b>				
Al	29,106 ± 0,2657	20,087 ± 0,1485*	21,534 ± 0,3625*	38,358 ± 0,4952*
Cd	0,332 ± 0,0030	0,378 ± 0,0056*	0,353 ± 0,0059*	0,327 ± 0,0042
Pb	2,575 ± 0,0235	1,864 ± 0,0024*	2,010 ± 0,0221*	1,903 ± 0,0762*
Sr	0,179 ± 0,0007	0,248 ± 0,0036*	0,168 ± 0,0028*	0,139 ± 0,0018*

Примечание. \* P ≤ 0,05.

Table 5

Elemental composition of the femoral muscle of broiler chickens

Element	Group			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
<b>Essential and conditionally essential trace elements, mg/kg</b>				
B	0.083 ± 0.0002	0.182 ± 0.0041*	0.108 ± 0.0018*	0.089 ± 0.0002*
Co	0.028 ± 0.0003	0.020 ± 0.0003*	0.024 ± 0.0004*	0.022 ± 0.0003*
Cr	1.650 ± 0.0151	1.314 ± 0.0193*	0.924 ± 0.0155*	0.929 ± 0.0120*
Cu	1.709 ± 0.0156	2.096 ± 0.0308*	1.761 ± 0.0296	1.658 ± 0.0214
Fe	0.319 ± 0.0029	0.260 ± 0.0038*	0.265 ± 0.0045*	0.175 ± 0.0023*
Mn	1.594 ± 0.0146	0.749 ± 0.0110*	1.165 ± 0.0196	0.927 ± 0.0120*
Se	1.304 ± 0.0119	1.389 ± 0.0205*	1.270 ± 0.0214	1.220 ± 0.0158*
Zn	35.004 ± 0.3195	48.163 ± 0.7089*	40.101 ± 0.6750*	39.344 ± 0.5079*
<b>Macroelements, g/kg</b>				
Ca	0.183 ± 0.0017	0.227 ± 0.0033*	0.224 ± 0.0038*	0.222 ± 0.0029*
K	10.144 ± 0.0926	10.189 ± 0.1500	9.492 ± 0.1598*	10.617 ± 0.1371*
Mg	0.775 ± 0.0071	0.768 ± 0.0113	0.746 ± 0.0126	0.776 ± 0.0100
Na	1.994 ± 0.0182	2.103 ± 0.0310*	2.080 ± 0.0350	2.047 ± 0.0264
<b>Toxic elements, mg/kg</b>				
Al	29.106 ± 0.2657	20.087 ± 0.1485*	21.534 ± 0.3625*	38.358 ± 0.4952*
Cd	0.332 ± 0.0030	0.378 ± 0.0056*	0.353 ± 0.0059*	0.327 ± 0.0042
Pb	2.575 ± 0.0235	1.864 ± 0.0024*	2.010 ± 0.0221*	1.903 ± 0.0762*
Sr	0.179 ± 0.0007	0.248 ± 0.0036*	0.168 ± 0.0028*	0.139 ± 0.0018*

Note. \* P ≤ 0.05.

## Элементный состав печени цыплят-бройлеров

Элемент	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<b>Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы, мг/кг</b>				
B	0,650 ± 0,0059	1,405 ± 0,0501*	1,279 ± 0,0215*	0,751 ± 0,0097*
Co	0,062 ± 0,0006	0,077 ± 0,0011*	0,062 ± 0,0010	0,065 ± 0,0008*
Cr	2,690 ± 0,0246	2,840 ± 0,0418*	2,325 ± 0,0391*	2,297 ± 0,0296*
Cu	11,428 ± 0,1043	12,886 ± 0,1897*	11,396 ± 0,1918	11,615 ± 0,1499
Fe	1,033 ± 0,0094	1,542 ± 0,0227*	1,072 ± 0,0181	1,231 ± 0,0159*
Mn	9,663 ± 0,0882	12,230 ± 0,1800*	8,203 ± 0,1381*	10,031 ± 0,1295
Se	2,707 ± 0,0247	2,695 ± 0,0397	1,944 ± 0,0327*	2,583 ± 0,0333*
Zn	90,057 ± 0,8221	98,233 ± 1,4460*	99,089 ± 1,6679*	93,000 ± 1,2006
<b>Макроэлементы, г/кг</b>				
Ca	0,200 ± 0,0018	0,269 ± 0,0040*	0,221 ± 0,0037*	0,199 ± 0,0026
Mg	0,620 ± 0,0057	0,852 ± 0,0125*	0,704 ± 0,0118*	0,636 ± 0,0082
Na	2,604 ± 0,0238	3,660 ± 0,0539*	3,274 ± 0,0551*	3,062 ± 0,0395*
<b>Токсические элементы, мг/кг</b>				
Al	84,92 ± 77,5051	116,4 ± 171,849	97,48 ± 164,865*	90,55 ± 117,474*
Cd	0,355 ± 0,0032	0,359 ± 0,0053	0,364 ± 0,0061	0,362 ± 0,0047
Pb	2,159 ± 0,0197	2,256 ± 0,0332*	2,863 ± 0,0482*	3,558 ± 0,0459*
Sr	0,178 ± 0,0016	0,295 ± 0,0043*	0,184 ± 0,0031	0,149 ± 0,0019*

Примечание. \* P ≤ 0,05.

Table 6

## Elemental composition of the liver of broiler chickens

Element	Group			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
<b>Essential and conditionally essential trace elements, mg/kg</b>				
B	0.650 ± 0.0059	1.405 ± 0.0501*	1.279 ± 0.0215*	0.751 ± 0.0097*
Co	0.062 ± 0.0006	0.077 ± 0.0011*	0.062 ± 0.0010	0.065 ± 0.0008*
Cr	2.690 ± 0.0246	2.840 ± 0.0418*	2.325 ± 0.0391*	2.297 ± 0.0296*
Cu	11.428 ± 0.1043	12.886 ± 0.1897*	11.396 ± 0.1918	11.615 ± 0.1499
Fe	1.033 ± 0.0094	1.542 ± 0.0227*	1.072 ± 0.0181	1.231 ± 0.0159*
Mn	9.663 ± 0.0882	12.230 ± 0.1800*	8.203 ± 0.1381*	10.031 ± 0.1295
Se	2.707 ± 0.0247	2.695 ± 0.0397	1.944 ± 0.0327*	2.583 ± 0.0333*
Zn	90.057 ± 0.8221	98.233 ± 1.4460*	99.089 ± 1.6679*	93.000 ± 1.2006
<b>Macroelements, g/kg</b>				
Ca	0.200 ± 0.0018	0.269 ± 0.0040*	0.221 ± 0.0037*	0.199 ± 0.0026
Mg	0.620 ± 0.0057	0.852 ± 0.0125*	0.704 ± 0.0118*	0.636 ± 0.0082
Na	2.604 ± 0.0238	3.660 ± 0.0539*	3.274 ± 0.0551*	3.062 ± 0.0395*
<b>Toxic elements, mg/kg</b>				
Al	84.92 ± 77.5051	116.4 ± 171.849	97.48 ± 164.865*	90.55 ± 117.474*
Cd	0.355 ± 0.0032	0.359 ± 0.0053	0.364 ± 0.0061	0.362 ± 0.0047
Pb	2.159 ± 0.0197	2.256 ± 0.0332*	2.863 ± 0.0482*	3.558 ± 0.0459*
Sr	0.178 ± 0.0016	0.295 ± 0.0043*	0.184 ± 0.0031	0.149 ± 0.0019*

Note. \* P ≤ 0.05.

Включение кверцетина в различных дозировках в рационы цыплят-бройлеров в настоящем исследовании оказало разнонаправленное действие на жирнокислотный состав мышечных тканей. Анализ литературных источников по данной проблематике показал, что скармливание 80 мг/кг богатого антоцианами фиолетового кукурузного пигмента может улучшить концентрацию жирных кислот в мышцах, особенно уровень полиненасыщенных жирных кис-

лот (ПНЖК), у растущих цыплят [31]. Данная закономерность может быть связана с уникальностью состава водорода в антоцианах кверцетина, атомы которого могут легко переходить к липидным радикалам и предотвращать окисление липидов [32; 33, с. 705]. Кроме того, антоцианы могут усиливать экспрессию генов антиоксидантов и подавлять экспрессию воспалительных генов в мышцах [34–37]. Также установлено, что выработка жирных кислот



снижалась с увеличением в рационах бройлеров уровня кверцетина и  $\alpha$ -токоферола дозозависимым образом, однако снижение содержания насыщенных (НЖК) жирных кислот было более выраженным, чем снижение содержания полиненасыщенных жирных кислот в грудной мышце подопытных бройлеров [38, с. 61]. Ряд авторов отмечает, что пищевые добавки кверцетина в дозе 200 мг/кг корма значительно снижает выработку пальмитиновой, олеиновой и линолевой кислот в грудных мышцах бройлеров [39, с. 2850; 40, с. 767; 41]. Однако следует отметить, что в нашем эксперименте изменения содержания данных жирных кислот не имели достоверных различий, а следовательно, имеется необходимость продолжить исследования для выявления механизмов, лежащих в основе изменений профиля жирных кислот в мясе цыплят-бройлеров.

В подавляющей части исследований продемонстрирована положительная динамика накопления минеральных элементов в съедобных частях тела подопытной птицы при введении в рацион расти-

тельных компонентов [42, с. 31]. Похожие результаты были получены в нашем эксперименте при анализе минерального состава грудных мышц. Основываясь на ранее проведенных исследованиях, можно предположить, что причиной повышения концентраций отдельных химических элементов в образцах мышечной ткани при включении кверцетина может являться увеличение конверсии минеральных веществ корма в мясо путем избирательного воздействия испытуемых добавок на полезную микробиоту кишечника в процессе функционирования пищеварительной системы бройлеров [43, с. 2488; 44].

Таким образом, добавление кверцетина в рацион подопытных цыплят-бройлеров кросса Arbor Acres может оказывать различное влияние на их организм. В частности, способствует улучшению биологической ценности мышечной ткани цыплят-бройлеров, увеличивая ряд незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот и важных макро- и микроэлементов.

#### Библиографический список

1. Petracci M., Mudalal S., Soglia F., Cavani C. Meat quality in fast-growing broiler chickens // *World's Poultry Science Journal*. 2015. Vol. 71. No. 2. Pp. 363–374. DOI: 10.1017/S0043933915000367.
2. Choi J., Kim W. K. Dietary application of tannins as a potential mitigation strategy for current challenges in poultry production: A review // *Animals*. 2020. Vol. 10. No. 12. Article number 2389. DOI: 10.3390/ani10122389.
3. Mir N. A., Rafiq A., Kumar F., Singh V., Shukla V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: A review // *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54. No. 10. Pp. 2997–3009. DOI: 10.1007/s13197-017-2789-z.
4. Choi J., Kong B., Bowker B. C., Zhuang H., Kim W. K. Nutritional Strategies to Improve Meat Quality and Composition in the Challenging Conditions of Broiler Production: A Review // *Animals*. 2023. Vol. 13. No. 8. Article number 1386. DOI: 10.3390/ani13081386.
5. Choi J., Marshall B., Ko H., Shi H., Singh A. K., Thippareddi H., Holladay S., Gogal R. M., Jr., Kim W. K. Antimicrobial and immunomodulatory effects of tannic acid supplementation in broilers infected with *Salmonella Typhimurium* // *Poultry Science*. 2022. Vol. 101. No. 11. Article number 102111. DOI: 10.1016/j.psj.2022.102111.
6. Choi J., Tompkins Y. H., Teng P.-Y., Gogal R. M., Jr., Kim W. K. Effects of Tannic Acid Supplementation on Growth Performance, Oocyst Shedding, and Gut Health of in Broilers Infected with *Eimeria Maxima* // *Animals*. 2022. Vol. 12. No. 11. Article number 1378. DOI: 10.3390/ani12111378.
7. Choi J., Singh A. K., Chen X., Lv J., Kim W. K. Application of Organic Acids and Essential Oils as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters in Broiler Chickens // *Animals*. 2022. Vol. 12. No. 17. Article number 2178. DOI: 10.3390/ani12172178.
8. Soldado D., Bessa R. J., Jerónimo E. Condensed tannins as antioxidants in ruminants – Effectiveness and action mechanisms to improve animal antioxidant status and oxidative stability of products // *Animals*. 2021. Vol. 11. No. 11. Article number 3243. DOI: 10.3390/ani11113243.
9. Shen M., Zhang L., Chen Y., Zhang Y., Han H., Niu Y., He J., Zhang Y., Cheng Y., Wang T. Effects of bamboo leaf extract on growth performance, meat quality, and meat oxidative stability in broiler chickens // *Poultry Science*. 2019. Vol. 98. No. 12. Pp. 6787–6796. DOI: 10.3382/ps/pez404.
10. Shen Y., Ward N. C., Hodgson J. M., Puddey I. B., Wang Y., Zhang D., Maghzal G. J., Stocker R., Croft K. D. Dietary quercetin attenuates oxidant-induced endothelial dysfunction and atherosclerosis in apolipoprotein E knockout mice fed a high-fat diet: A critical role for heme oxygenase-1 // *Free Radical Biology and Medicine*. 2013. Vol. 65. Pp. 908–915. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.08.185.
11. Luo M., Tian R., Yang Z., Peng Y. Y., Lu N. Quercetin suppressed NADPH oxidase-derived oxidative stress via heme oxygenase-1 induction in macrophages // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2019. Vol. 671. Pp. 69–76. DOI: 10.1016/j.abb.2019.06.007.

12. Karuppagounder V., Arumugam S., Thandavarayan R. A., Sreedhar R., Giridharan V. V., Watanabe K. Molecular targets of quercetin with anti-inflammatory properties in atopic dermatitis // *Drug Discovery Today*. 2016. Vol. 21. No. 4. Pp. 632–639. DOI: 10.1016/j.drudis.2016.02.011.
13. Zhang Y., Zhang W., Tao L., Zhai J., Gao H., Song Y., Qu X. Quercetin protected against isoniazide-induced HepG2 cell apoptosis by activating the SIRT1/ERK pathway // *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*. 2019. Vol. 33. No. 9. Article number e22369. DOI: 10.1002/jbt.22369.
14. Duskaev G., Kurilkina M., Zavyalov O. Growth-stimulating and antioxidant effects of vanillic acid on healthy broiler chickens // *Veterinary World*. 2023. Vol. 16 (3). Pp. 518–525. DOI: 10.14202/vetworld.2023.518-525.
15. Bournival J., Plouffe M., Renaud J., Provencher C., Martinoli M. G. Quercetin and sesamin protect dopaminergic cells from MPP<sup>+</sup>-induced neuroinflammation in a microglial (N9)-neuronal (PC12) coculture system // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2012. Vol. 2012. Article number 921941. DOI: 10.1155/2012/921941.
16. Sun L., Xu G., Dong Y., Li M., Yang L., Lu W. Quercetin Protects Against Lipopolysaccharide-Induced Intestinal Oxidative Stress in Broiler Chickens through Activation of Nrf2 Pathway // *Molecules*. 2020. Vol. 25 (5). Article number 1053. DOI: 10.3390/molecules25051053.
17. Choi J., Kong B., Bowker B. C., Zhuang H., Kim W. K. Nutritional Strategies to Improve Meat Quality and Composition in the Challenging Conditions of Broiler Production: A Review // *Animals*. 2023. Vol. 13 (8). Article number 1386. DOI: 10.3390/ani13081386.
18. Кормление сельскохозяйственной птицы / В. И. Фисинин [и др.]. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2010. 276 с.
19. Переработка мяса птицы и кроликов Величко: учебное пособие / Е. А. Рыгалова [и др.]. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. 362 с.
20. Umeno A., Horie M., Murotomi K., Nakajima Y., Youshida Y. Antioxidative and antidiabetic effects of natural polyphenols and isoflavones // *Molecules*. 2016. Vol. 21. No. 6. Article number 708. DOI: 10.3390/molecules21060708.
21. Lee N., Kwak H. S., Joo J. Y., Kang J., Lee Y. Effects of partial replacement of pork meat with chicken or duck meat on the texture, flavor, and consumer acceptance of sausage // *Journal of Food Quality*. 2018. Vol. 2018. No. 4. DOI: 10.1155/2018/6972848.
22. Park J., Kim I. Effects of dietary *Achyranthes japonica* extract supplementation on the growth performance, total tract digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and meat quality of broiler chickens // *Poultry Science*. 2020. Vol. 99 (1). Pp. 463–470. DOI: 10.3382/ps/pez533.
23. Huang J., Zhang Y., Zhou Y., Zhang Z., Xie Z., Zhang J., Wan X. Green tea polyphenols alleviate obesity in broiler chickens through the regulation of lipid-metabolism-related genes and transcription factor expression // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61 (36). Pp. 8565–8572. DOI: 10.1021/jf402004x.
24. Choi J., Yadav S., Wang J., Lorentz B. J., Lourenco J. M., Callaway T. R., Kim W. K. Effects of supplemental tannic acid on growth performance, gut health, microbiota, and fat accumulation and optimal dosages of tannic acid in broilers // *Frontiers in Physiology*. 2022. Vol. 13. Article number 912797. DOI: 10.3389/fphys.2022.912797.
25. Vaithyanathan S., Naveena B. M., Muthukumar M., Girish P. S., Kondaiah N. Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 °C) // *Meat Science*. 2011. Vol. 88. No. 3. Pp. 409–414. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.01.019.
26. Estévez M. Oxidative damage to poultry: From farm to fork // *Poultry Science*. 2015. Vol. 94. No. 6. Pp. 1368–1378. DOI: 10.3382/ps/pev094.
27. Ji Y., Liu D., Jin Y., Zhao J., Wang H. In vitro and in vivo inhibitory effect of anthocyanin-rich bilberry extract on  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase // *LWT – Food Science and Technology*. 2021. Vol. 145. Article number 111484. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111484.
28. Tian X. Z., Paengkoum P., Paengkoum S., Thongpe S., Ban C. Comparison of forage yield, silage fermentative quality, anthocyanin stability, antioxidant activity, and in vitro rumen fermentation of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover and sticky corn stover // *Journal of integrative agriculture*. 2018. Vol. 17. Pp. 2082–2095. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61970-7.
29. Haščík P., Pavelková A., Tkáová J., Čuboň J., Kačániová M., Habánová M., Mlyneková E. The amino acid profile of broiler chicken meat after dietary administration of bee products and probiotics // *Biologia*. 2020. Vol. 75. Pp. 1899–1908. DOI: 10.2478/s11756-020-00451-9.
30. Osman A., Al-Gabri N.A., Amer S.A. Effects of Phenolic-Rich Onion (*Allium cepa* L.) Extract on the Growth Performance, Behavior, Intestinal Histology, Amino Acid Digestibility, Antioxidant Activity, and the Immune Status of Broiler Chickens // *Frontiers in Veterinary Science*. 2020. Vol. 7. Article number 582612. DOI: 10.3389/fvets.2020.582612.

31. Luo Q., Li J., Li H., Zhou D., Wang X., Tian Y., Qin J., Tian X., Lu Q. The Effects of Purple Corn Pigment on Growth Performance, Blood Biochemical Indices, Meat Quality, Muscle Amino Acids, and Fatty Acids of Growing Chickens // *Foods*. 2022. Vol. 11. No. 13. Article number 1870. DOI: 10.3390/foods11131870.
32. Tian X. Z., Wang X., Ban C., Luo Q. Y., Li J. X., Lu Q. Effect of Purple Corn Anthocyanin on Antioxidant Activity, Volatile Compound and Sensory Property in Milk During Storage and Light Prevention // *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 9. Article number 862689. DOI: 10.3389/fnut.2022.862689.
33. Boschetti E., Bordoni A., Meluzzi A., Castellini C., Dal Bosco A., Sirri F. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity // *Animal*. 2016. Vol. 10. No. 4. Pp. 700–708. DOI: 10.1017/S1751731115002712.
34. Jiang H., Zhang W., Li X., Xu Y., Cao J., Jiang W. The anti-obesogenic effects of dietary berry fruits: A review // *Food Research International*. 2021. Vol. 147. Article number 110539. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110539.
35. Tian X. Z., Xin H. L., Paengkoum P., Siwaporn P., Ban C., Sorasak T. Effects of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover silage on nutrient utilization, rumen fermentation, plasma antioxidant capacity, and mammary gland gene expression in dairy goats // *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 97 (3). Pp. 1384–1397. DOI: 10.1093/jas/sky477.
36. Da Silva Frasao B., Lima Dos Santos Rosario A. I., Leal Rodrigues B., Abreu Bitti H., Diogo Baltar J., Nogueira R. I., Pereira da Costa M., Conte-Junior C. A. Impact of juçara (*Euterpe edulis*) fruit waste extracts on the quality of conventional and antibiotic-free broiler meat // *Poultry Science*. 2021. Vol. 100. No. 8. Article number 101232. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101232.
37. Amer S. A., Al-Khalafah H. S., Gouda A., Osman A., Goda N. I. A., Mohammed H. A., Darwish M. I. M., Hassan A. M., Mohamed S. K. A. Potential Effects of Anthocyanin-Rich Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extract on the Growth, Intestinal Histomorphology, Blood Biochemical Parameters, and the Immune Status of Broiler Chickens // *Antioxidants*. 2022. Vol. 11 (3). Article number 544. DOI: 10.3390/antiox11030544.
38. Sohaib M., Butt M. S., Shabbir M. A., Shahid M. Lipid stability, antioxidant potential and fatty acid composition of broilers breast meat as influenced by quercetin in combination with  $\alpha$ -tocopherol enriched diets // *Lipids in Health and Disease*. 2015. Vol. 14. Article number 61. DOI: 10.1186/s12944-015-0058-6.
39. De Boer V. C., van Schothorst E. M., Dihal A. A., van der Woude H., Arts I. C., Rietjens I. M., Hollman P. C., Keijer J. Chronic quercetin exposure affects fatty acid catabolism in rat lung // *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2006. Vol. 63 (23). Pp. 2847–2858. DOI: 10.1007/s00018-006-6316-z.
40. Gnani G., Paglialonga G., Siculella L. Quercetin inhibits fatty acid and triacylglycerol synthesis in rat-liver cells // *European Journal of Clinical Investigation*. 2009. Vol. 2009. No. 39. Pp. 761–768. DOI: 10.1111/j.1365-2362.2009.02167.x.
41. Deryabin D., Inchagova K., Rusakova E., Duskaev G. Coumarin's Anti-Quorum Sensing Activity Can Be Enhanced When Combined with Other Plant-Derived Small Molecules // *Molecules*. 2021. Vol. 26. No. 1. Article number 208. DOI: 10.3390/molecules26010208.
42. Herkeľ R., Gálik B., Bíro D., Rolinec M., Šimko M., Juráček M., Arpášová H., Wilkanowska A. The effect of a phyto-genic additive on nutritional composition of turkey meat // *Journal of Central European Agriculture*. 2016. Vol. 17. No. 1. Pp. 25–39. DOI: 10.5513/JCEA01/17.1.1664.
43. Duskaev G., Rakhmatullin S., Kvan O. Effects of *Bacillus cereus* and coumarin on growth performance, blood biochemical parameters, and meat quality in broilers // *Veterinary World*. 2020. Vol. 13 (11). Pp. 2484–2492. DOI: 10.14202/vetworld.2020.2484-2492.
44. Himoto T., Masaki T. Current Trends of Essential Trace Elements in Patients with Chronic Liver Diseases // *Nutrients*. 2020. Vol. 12. No. 7. Article number 2084. DOI: 10.3390/nu12072084.

**Об авторах:**

**Марина Яковлевна Курилкина**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0003-0253-7867, AuthorID 623232. *E-mail: k\_marina4@mail.ru*

**Шамиль Гафиуллинович Рахматуллин**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0003-0143-9499, AuthorID 614439. *E-mail: shahm2005@mail.ru*

**Галимжан Калиханович Дускаев**, доктор биологических наук, первый заместитель директора, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0002-9015-8367, AuthorID 316084. *E-mail: gduskaev@mail.ru*

## References

1. Petracci M., Mudalal S., Soglia F., Cavani C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*. 2015; 71 (2): 363–374. DOI: 10.1017/S0043933915000367.
2. Choi J., Kim W.K. Dietary application of tannins as a potential mitigation strategy for current challenges in poultry production: A review. *Animals*. 2020; 10 (12): 2389. DOI: 10.3390/ani10122389.
3. Mir N. A., Rafiq A., Kumar F., Singh V., Shukla V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2017; 54 (10): 2997–3009. DOI: 10.1007/s13197-017-2789-z.
4. Choi J., Kong B., Bowker B. C., Zhuang H., Kim W. K. Nutritional Strategies to Improve Meat Quality and Composition in the Challenging Conditions of Broiler Production: A Review. *Animals*. 2023; 13 (8): 1386. DOI: 10.3390/ani13081386.
5. Choi J., Marshall B., Ko H., Shi H., Singh A. K., Thippareddi H., Holladay S., Gogal R. M., Jr., Kim W. K. Antimicrobial and immunomodulatory effects of tannic acid supplementation in broilers infected with *Salmonella Typhimurium*. *Poultry Science*. 2022; 101 (11): 102111. DOI: 10.1016/j.psj.2022.102111.
6. Choi J., Tompkins Y. H., Teng P.-Y., Gogal R. M., Jr., Kim W. K. Effects of Tannic Acid Supplementation on Growth Performance, Oocyst Shedding, and Gut Health of in Broilers Infected with *Eimeria Maxima*. *Animals*. 2022; 12 (11): 1378. DOI: 10.3390/ani12111378.
7. Choi J., Singh A.K., Chen X., Lv J., Kim W.K. Application of Organic Acids and Essential Oils as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters in Broiler Chickens. *Animals*. 2022; 12 (17): 2178. DOI: 10.3390/ani12172178.
8. Soldado D., Bessa R. J., Jerónimo E. Condensed tannins as antioxidants in ruminants – Effectiveness and action mechanisms to improve animal antioxidant status and oxidative stability of products. *Animals*. 2021; 11 (11): 3243. DOI: 10.3390/ani11113243.
9. Shen M., Zhang L., Chen Y., Zhang Y., Han H., Niu Y., He J., Zhang Y., Cheng Y., Wang T. Effects of bamboo leaf extract on growth performance, meat quality, and meat oxidative stability in broiler chickens. *Poultry Science*. 2019; 98 (12): 6787–6796. DOI: 10.3382/ps/pez404.
10. Shen Y., Ward N. C., Hodgson J. M., Puddey I. B., Wang Y., Zhang D., Maghzal G. J., Stocker R., Croft K. D. Dietary quercetin attenuates oxidant-induced endothelial dysfunction and atherosclerosis in apolipoprotein E knockout mice fed a high-fat diet: A critical role for heme oxygenase-1. *Free Radical Biology and Medicine*. 2013; 65: 908–915. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.08.185.
11. Luo M., Tian R., Yang Z., Peng Y. Y., Lu N. Quercetin suppressed NADPH oxidase-derived oxidative stress via heme oxygenase-1 induction in macrophages. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2019; 671: 69–76. DOI: 10.1016/j.abb.2019.06.007.
12. Karuppagounder V., Arumugam S., Thandavarayan R. A., Sreedhar R., Giridharan V. V., Watanabe K. Molecular targets of quercetin with anti-inflammatory properties in atopic dermatitis. *Drug Discovery Today*. 2016; 21 (4): 632–639. DOI: 10.1016/j.drudis.2016.02.011.
13. Zhang Y., Zhang W., Tao L., Zhai J., Gao H., Song Y., Qu X. Quercetin protected against isoniazide-induced HepG2 cell apoptosis by activating the SIRT1/ERK pathway. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*. 2019; 33 (9): e22369. DOI: 10.1002/jbt.22369.
14. Duskaev G., Kurilkina M., Zavyalov O. Growth-stimulating and antioxidant effects of vanillic acid on healthy broiler chickens. *Veterinary World*. 2023; 16 (3): 518–525. DOI: 10.14202/vetworld.2023.518-525.
15. Bournival J., Plouffe M., Renaud J., Provencher C., Martinoli M. G. Quercetin and sesamin protect dopaminergic cells from MPP<sup>+</sup>-induced neuroinflammation in a microglial (N9)-neuronal (PC12) coculture system. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2012; 2012: 921941. DOI: 10.1155/2012/921941.
16. Sun L., Xu G., Dong Y., Li M., Yang L., Lu W. Quercetin Protects Against Lipopolysaccharide-Induced Intestinal Oxidative Stress in Broiler Chickens through Activation of Nrf2 Pathway. *Molecules*. 2020; 25 (5): 1053. DOI: 10.3390/molecules25051053.
17. Choi J., Kong B., Bowker B. C., Zhuang H., Kim W. K. Nutritional Strategies to Improve Meat Quality and Composition in the Challenging Conditions of Broiler Production: A Review. *Animals*. 2023; 13 (8): 1386. DOI: 10.3390/ani13081386.
18. *Feeding poultry* / V. I. Fisinin et al. Sergiev Posad: VNITIP, 2010. 276 p. (In Russ.)
19. *Processing of poultry meat and rabbits Velichko study guide* / E. A. Rygalova et al. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2021. 362 p. (In Russ.)
20. Umeno A., Horie M., Murotomi K., Nakajima Y., Youshida Y. Antioxidative and antidiabetic effects of natural polyphenols and isoflavones. *Molecules*. 2016; 21 (6): 708. DOI: 10.3390/molecules21060708.



21. Lee N., Kwak H. S., Joo J. Y., Kang J., Lee Y. Effects of partial replacement of pork meat with chicken or duck meat on the texture, flavor, and consumer acceptance of sausage. *Journal of Food Quality*. 2018; 2018 (4). DOI: 10.1155/2018/6972848.
22. Park J., Kim I. Effects of dietary *Achyranthes japonica* extract supplementation on the growth performance, total tract digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*. 2020; 99 (1): 463–470. DOI: 10.3382/ps/pez533.
23. Huang J., Zhang Y., Zhou Y., Zhang Z., Xie Z., Zhang J., Wan X. Green tea polyphenols alleviate obesity in broiler chickens through the regulation of lipid-metabolism-related genes and transcription factor expression. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013; 61 (36): 8565–8572. DOI: 10.1021/jf402004x.
24. Choi J., Yadav S., Wang J., Lorentz B. J., Lourenco J. M., Callaway T. R., Kim W. K. Effects of supplemental tannic acid on growth performance, gut health, microbiota, and fat accumulation and optimal dosages of tannic acid in broilers. *Frontiers in Physiology*. 2022; 13: 912797. DOI: 10.3389/fphys.2022.912797.
25. Vaithyanathan S., Naveena B. M., Muthukumar M., Girish P. S., Kondaiah N. Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 °C). *Meat Science*. 2011; 88 (3): 409–414. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.01.019.
26. Estévez M. Oxidative damage to poultry: From farm to fork. *Poultry Science*. 2015; 94 (6): 1368–1378. DOI: 10.3382/ps/pev094.
27. Ji Y., Liu D., Jin Y., Zhao J., Wang H. In vitro and in vivo inhibitory effect of anthocyanin-rich bilberry extract on  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase. *LWT – Food Science and Technology*. 2021; 145: 111484. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111484.
28. Tian X. Z., Paengkoum P., Paengkoum S., Thongpe S., Ban C. Comparison of forage yield, silage fermentative quality, anthocyanin stability, antioxidant activity, and in vitro rumen fermentation of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover and sticky corn stover // *Journal of Integrative Agriculture*. 2018; 17: 2082–2095. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61970-7.
29. Haščík P., Pavelková A., Tkálová J., Čuboň J., Kačániová M., Habánová M., Mlyneková E. The amino acid profile of broiler chicken meat after dietary administration of bee products and probiotics. *Biologia*. 2020; 75: 1899–1908. DOI: 10.2478/s11756-020-00451-9.
30. Osman A., Al-Gabri N. A., Amer S. A. Effects of Phenolic-Rich Onion (*Allium cepa* L.) Extract on the Growth Performance, Behavior, Intestinal Histology, Amino Acid Digestibility, Antioxidant Activity, and the Immune Status of Broiler Chickens. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020; 7: 582612. DOI: 10.3389/fvets.2020.582612.
31. Luo Q., Li J., Li H., Zhou D., Wang X., Tian Y., Qin J., Tian X., Lu Q. The Effects of Purple Corn Pigment on Growth Performance, Blood Biochemical Indices, Meat Quality, Muscle Amino Acids, and Fatty Acids of Growing Chickens. *Foods*. 2022; 11 (13): 1870. DOI: 10.3390/foods11131870.
32. Tian X. Z., Wang X., Ban C., Luo Q. Y., Li J. X., Lu Q. Effect of Purple Corn Anthocyanin on Antioxidant Activity, Volatile Compound and Sensory Property in Milk During Storage and Light Prevention. *Frontiers in Nutrition*. 2022; 9: 862689. DOI: 10.3389/fnut.2022.862689.
33. Boschetti E., Bordoni A., Meluzzi A., Castellini C., Dal Bosco A., Sirri F. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity. *Animal*. 2016; 10 (4): 700–708. DOI: 10.1017/S1751731115002712.
34. Jiang H., Zhang W., Li X., Xu Y., Cao J., Jiang W. The anti-obesogenic effects of dietary berry fruits: A review. *Food Research International*. 2021; 147: 110539. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110539.
35. Tian X. Z., Xin H. L., Paengkoum P., Siwaporn P., Ban C., Sorasak T. Effects of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover silage on nutrient utilization, rumen fermentation, plasma antioxidant capacity, and mammary gland gene expression in dairy goats. *Journal of Animal Science*. 2019; 97 (3): 1384–1397. DOI: 10.1093/jas/sky477.
36. Da Silva Frasao B., Lima Dos Santos Rosario A. I., Leal Rodrigues B., Abreu Bitti H., Diogo Baltar J., Nogueira R. I., Pereira da Costa M., Conte-Junior C. A. Impact of juçara (*Euterpe edulis*) fruit waste extracts on the quality of conventional and antibiotic-free broiler meat. *Poultry Science*. 2021; 100 (8): 101232. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101232.
37. Amer S. A., Al-Khalaifah H. S., Gouda A., Osman A., Goda N. I. A., Mohammed H. A., Darwish M. I. M., Hassan A. M., Mohamed S. K. A. Potential Effects of Anthocyanin-Rich Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extract on the Growth, Intestinal Histomorphology, Blood Biochemical Parameters, and the Immune Status of Broiler Chickens. *Antioxidants*. 2022; 11 (3): 544. DOI: 10.3390/antiox11030544.
38. Sohaib M., Butt M. S., Shabbir M. A., Shahid M. Lipid stability, antioxidant potential and fatty acid composition of broilers breast meat as influenced by quercetin in combination with  $\alpha$ -tocopherol enriched diets // *Lipids in Health and Disease*. 2015; 14: 61. DOI: 10.1186/s12944-015-0058-6.

39. De Boer V. C., van Schothorst E. M., Dihal A. A., van der Woude H., Arts I. C., Rietjens I. M., Hollman P. C., Keijer J. Chronic quercetin exposure affects fatty acid catabolism in rat lung. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2006; 63 (23): 2847–2858. DOI: 10.1007/s00018-006-6316-z.

40. Gnoni G., Paglialonga G., Siculella L. Quercetin inhibits fatty acid and triacylglycerol synthesis in rat-liver cells. *European Journal of Clinical Investigation*. 2009; 2009 (39): 761–768. DOI: 10.1111/j.1365-2362.2009.02167.x.

41. Deryabin D., Inchagova K., Rusakova E., Duskaev G. Coumarin's Anti-Quorum Sensing Activity Can Be Enhanced When Combined with Other Plant-Derived Small Molecules. *Molecules*. 2021; 26 (1): 208. DOI: 10.3390/molecules26010208.

42. Herkeľ R., Gálik B., Bíro D., Rolinec M., Šimko M., Juráček M., Arpášová H., Wilkanowska A. The effect of a phytogetic additive on nutritional composition of turkey meat. *Journal of Central European Agriculture*. 2016; 17 (1): 25–39. DOI: 10.5513/JCEA01/17.1.1664.

43. Duskaev G., Rakhmatullin S., Kvan O. Effects of *Bacillus cereus* and coumarin on growth performance, blood biochemical parameters, and meat quality in broilers. *Veterinary World*. 2020; 13 (11): 2484–2492. DOI: 10.14202/vetworld.2020.2484-2492.

44. Himoto T., Masaki T. Current Trends of Essential Trace Elements in Patients with Chronic Liver Diseases. *Nutrients*. 2020; 12 (7): 2084. DOI: 10.3390/nu12072084.

#### **Authors' information:**

**Marina Ya. Kurilkina**, candidate of biological sciences, senior researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0003-0253-7867, AuthorID 623232. *E-mail: k\_marina4@mail.ru*

**Shamil G. Rakhmatullin**, candidate of biological sciences, senior researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0003-0143-9499, AuthorID 614439. *E-mail: shahm2005@mail.ru*

**Galimzhan K. Duskaev**, doctor of biological sciences, first deputy director, leading researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0002-9015-8367, AuthorID 316084. *E-mail: gduskaev@mail.ru*

## Микросателлитный профиль, гетерозиготность и фертильность овец

В. С. Матюков<sup>✉</sup>, Я. А. Жариков, Л. А. Канева

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: [nipti38@mail.ru](mailto:nipti38@mail.ru)

**Аннотация.** Цель исследования – анализ микросателлитного профиля у овцематок разной породной принадлежности и направления продуктивности, характеристика их по воспроизводительным способностям и выявление возможной связи уровня гетерозиготности по локусам микросателлитов с некоторыми признаками фертильности. **Методы.** Объектом исследования являлись три группы овцематок: чистопородные романовской породы (50Р/50Р,  $n = 31$ ), двухпородные помеси печорской полутонкорунной с куйбышевской породой (50П/50К,  $n = 41$ ) и трехпородные помеси, полученные от скрещивания двухпородных помесей с романовской породой (25П25К/50Р,  $n = 20$ ). Каждую породную группу овцематок в зависимости от уровня гетерозиготности разделили на три класса: модальный (M0) с гетерозиготностью ниже модального класса – M– и выше – M+. **Результаты.** Установили генетические дистанции между группами 50П/50К и 50Р/50Р:  $F_{ST} = 0,390 \pm 0,0062$ ,  $D_N = 0,242 \pm 0,0479$ , 50П/50К и 25П/25К/50Р:  $F_{ST} = 0,033 \pm 0,0058$ ,  $D_N = 0,218 \pm 0,0429$ , 50Р/50Р и 25П/25К/50Р:  $F_{ST} = 0,022 \pm 0,0058$ ,  $D_N = 0,127 \pm 0,0292$ . По всем проанализированным воспроизводительным признакам, кроме выживаемости приплода, романовские овцематки имели достоверное преимущество над другими группами. Помеси 25П/25К/50Р характеризовались повышенной средней наблюдаемой гетерозиготностью по маркерам и достоверно более высоким средним возрастом начала репродукции, который был выше показателя, характеризующего наиболее позднеспелую родительскую группу. Наследование других репродуктивных признаков по группе 25П/25К/50Р, исключая возраст начала и темп размножения, было промежуточным с некоторой регрессией на 50П/50К. **Научная новизна.** Проанализировано возможное влияние уровня средней гетерозиготности по 12 STR-локусам на фертильность овцематок. **Практическая значимость.** Во всех группах овцематок ранг по репродуктивным признакам модального класса M0 был выше, чем у M– и M+. Повторяемость связи показателей фертильности с гетерозиготностью по STR-локусам позволяет использовать полиморфизм микросателлитов для решения прикладных задач, в частности, для прогнозирования фертильности внутри популяции.

**Ключевые слова:** микросателлиты, породы, овцематки, классы гетерозиготности, воспроизводительные способности

**Для цитирования:** Матюков В. С., Жариков Я. А., Канева Л. А. Микросателлитный профиль, гетерозиготность и фертильность овец // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 510–521. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-510-521>.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке Министерства высшего образования и науки РФ в рамках Государственного задания 02106411598-8-4.4.4.

**Дата поступления статьи:** 13.11.2023, **дата рецензирования:** 27.01.2024, **дата принятия:** 16.02.2024.

## Microsatellite profile, heterozygosity and fertility of sheep

V. S. Matyukov<sup>✉</sup>, Ya. A. Zharikov, L. A. Kaneva

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: [nipti38@mail.ru](mailto:nipti38@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the study was to analyze the microsatellite profile of sheep of different breeds and directions of productivity, to characterize them by reproductive abilities and to identify a possible relationship between the level of heterozygosity by microsatellite loci with some signs of fertility. **Methodology.** The object of the study were three groups of ewes: purebred Romanov breed (50R/50R,  $n = 31$ ), two-breed crossbreeds of the Pechora semitonkorn with the Kuibyshev breed (50P/50K,  $n = 41$ ) and three-breed crossbreeds obtained from crossing two-breed crossbreeds with the Romanov breed (25P25K/50R,  $n = 20$ ). Each breed group of ewes, depending on the level of heterozygosity, was divided into three classes: modal – M0, with heterozygosity below the modal class – M– and above – M+. **Results.** The genetic distances between the 50P/50K and 50R/50R groups were established:  $F_{ST} = 0.390 \pm 0.0062$ ,  $D_N = 0.242 \pm 0.0479$ , 50P/50K and 25P/25K/50R:  $F_{ST} = 0.033 \pm 0.0058$ ,  $D_N = 0.218 \pm 0.0429$ , 50R/50R and 25P/25K/50R:  $F_{ST} = 0.022 \pm 0.0058$ ,  $D_N = 0.127 \pm 0.0292$ . According to all the analyzed reproductive characteristics, except for the survival rate of the offspring, Romanov sheep had a significant advantage over other groups. The 25P/25K/50R crossbreeds were characterized by an increased average observed heterozygosity by markers and a significantly higher average age of the beginning of reproduction, which was higher than the indicator characterizing the most late-maturing parent group. Inheritance of other reproductive traits in the 25P25K/50R group, excluding the age of onset and the rate of reproduction, was intermediate with some regression at 50P/50K. **Scientific novelty.** Scientific novelty. The possible influence of the level of average heterozygosity at 12 STR loci on the fertility of ewes was analyzed. **Practical significance.** In all groups of ewes, the rank of the reproductive characteristics of the modal class M0 was higher than that of M– and M+. The repeatability of the relationship of fertility indicators with heterozygosity by STR loci allows the use of microsatellite polymorphism to solve applied problems, in particular, to predict fertility within a population.

**Keywords:** microsatellites, breeds, sheep, heterozygosity classes, reproductive abilities

**For citation:** Matyukov V. S., Zharikov Ya. A., Kaneva L. A. Microsatellite profile, heterozygosity and fertility of sheep. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 510–521. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-510-521>. (In Russ.)

**Acknowledgements.** The study was supported by the Ministry of Higher Education and Science of the Russian Federation within the framework of State assignment 02106411598-8-4.4.4.

**Date of paper submission:** 13.11.2023, **date of review:** 27.01.2024, **date of acceptance:** 16.02.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Генетическое разнообразие в значительной степени определяет адаптивные способности популяций в меняющихся условиях среды [1; 2]. Основными характеристиками генетического разнообразия являются аллельное разнообразие, гетерозиготность и генетическая дифференциация популяций. Универсальными инструментами для их оценки служат генетические маркеры [3–5] и  $F$ -статистика Райта. С помощью генетических маркеров и  $F$ -статистики накоплена обширная информация о внутри- и межпопуляционной дифференциации сельскохозяйственных животных [6–9].

Так, в обзоре Холла [10] обобщены опубликованные в научной литературе данные по 35 080 исследованиям полиморфизма STR- и SNP-маркеров у различных пород крупного рогатого скота, овец, коз, свиней, лошадей и кур. На основании этих данных он показал, что средние значения межпо-

родных генетических дистанций ( $F_{ST}$ ) колебались у крупного рогатого скота: по микросателлитам 0,06–0,12, по SNP 0,08–0,15; у овец – соответственно 0,06–0,10 и 0,06–0,17; у лошадей – 0,04–0,11 и 0,08–0,12; у коз – 0,04–0,14, 0,08–0,16; у свиней – 0,06–0,27, 0,15–0,22; у кур – 0,05–0,28, 0,08–0,26. Таким образом, в пределах каждого вида животных независимо от качественных и количественных различий использованных маркеров были получены сопоставимые интервалы изменчивости значений, а по крупному рогатому скоту, овцам, лошадям и козам – близкие оценки межпородных генетических дистанций ( $F_{ST}$ ).

Результативным оказался анализ связи маркированных гомозиготных участков генома (Runs of homozygosity, ROH) с уровнем инбридинга, «горячими точками» отбора, историей формирования и эволюции пород [11–13]. Использование маркеров для изучения генов, контролирующих количественные



признаки, предполагает генетическое сцепление между ними или локализацию маркеров в участках ДНК, ответственных за количественную изменчивость. Экспериментальная проверка этой гипотезы привела к разработке методов картирования генов, контролируемых количественные признаки (Quantitative trait loci, QTL) [14] и метода GWAS, основанного на выявлении ассоциаций геномных вариантов маркеров с фенотипическими признаками в популяциях (Genome-wide association studies) [15; 16]. Однако информация о взаимосвязи генетического разнообразия по STR-маркерам с адаптивной внутри- и межпопуляционной изменчивостью ограничена [17].

Целью настоящего исследования является анализ микросателлитного профиля у овцематок разной породной принадлежности и направления продуктивности, характеристика их по воспроизводительным способностям и исследование возможной связи уровня гетерозиготности по локусам микросателлитов с некоторыми признаками фертильности.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования служило поголовье овец КФХ Л. А. Каневой Усть-Цилемского района Республики Коми. Территория района относится к атлантико-арктической климатической зоне. Для изучения генетического разнообразия по маркерным локусам и воспроизводительных способностей обьягнвившихся овцематок разной породности поделили на три группы. В первую группу вошли кроссбредные овцематки, полученные от скрещивания печорских полутонкорунных овец с баранами куйбышевской породы (50П/50К). Вторую группу представляли чистопородные овцематки романовской породы (50Р/50Р). Третью группу составили трехпородные помесные овцематки, полученные от скрещивания овец первой группы со второй (25П25К/50Р). По группам численность животных составляла соответственно: 41, 31 и 20 голов. Все подконтрольные животные содержались группами в одном помещении на малоконцентратных рационах, типичных для хозяйств Крайнего Севера [18]. Первичную информацию о происхождении, возрасте рождения и дате первого ягнения, плодовитости и сохранности приплода получили из данных зоотехнического учета за период с 2010 по 2020 гг. Исследование полиморфизма микросателлитов у овцематок 2008–2016 гг. рождения провели в 2020–2022 гг. ДНК выделяли из тканей ушных раковин, отсеченных во время мечения животных и консервированных 96-процентным этиловым спиртом-ректификатом. Анализы выполнила лаборатория ООО «Гордиз» (gordiz.ru) с использованием набора реагентов COrDIS Sheep, рекомендованного Международным обществом генетики животных (International Society of Animal Genetics, ISAG), который позволил анализировать полиморфизм микросател-

литов по 12 локусам: McM042, INRA006, McM527, ETH152, CSRD247, OarFCB20, INRA172, INRA063, MAF065, MAF214, INRA005, INRA023 и маркеру пола AMEL<sup>1</sup>.

Плодовитость овцематок оценивали со второго ягнения по количеству живых ягнят за одно ягнение (По). Молочность рассчитали по приросту приплода за первые 20 дней подсосного периода<sup>2</sup>.

По каждому ягнению рассчитывали выживаемость приплода по формуле:

$$Вп = Пв/По,$$

где Вп – число выживших ягнят к отбивке (трехмесячному возрасту) в долях единицы,

Пв – выживший приплод к отбивке (голов).

А также комплексный показатель, обозначенный нами как темп размножения (ТР), равный среднему количеству ягнят, полученных от одной овцематки за одно ягнение к отбивке (Пв), деленному на возраст (лет) первого ягнения овцематки (Вя):

$$ТР = Пв/Вя.$$

Результаты генотипирования овец по STR-локусам обработали с помощью программы GenAlEx 6.5<sup>3</sup>. По группам овцематок рассчитали следующие параметры:  $N$  – число животных в группе;  $n$  – число учтенных ягнений;  $N_a$  – среднее число аллелей на локус;  $N_e$  – среднее эффективное число аллелей на локус;  $H_o$  – показатель средней наблюдаемой (фактической) гетерозиготности,  $H_e$  – оценка средней ожидаемой гетерозиготности на локус;  $uHe$  – не смещенная оценка средней ожидаемой гетерозиготности на локус, индекс фиксации (инбридинга)  $F_{IS}$ , генетическая дистанция по Райту  $F_{ST}$ ,  $D_N$  – генетическая дистанция по Нею.

По каждой овцематке вычислили среднюю гетерозиготность по 12 STR-локусам. Индивидуальные данные по всем овцематкам в пределах отдельных породных групп ранжировали по гетерозиготности, затем по каждой породной группе массивы данных в зависимости от уровня гетерозиготности овцематок разделили на три класса: модальный –  $M_0$ , с гетерозиготностью ниже модального ( $M^-$ ) и выше – ( $M^+$ ). В пределах каждой группы по отдельным классам рассчитали средние арифметические по количественным признакам –  $\bar{X}$  и ошибки средних –  $\pm s\bar{X}$ . Статистическую обработку данных и построение графиков выполнили, в программе Microsoft Excel.

<sup>1</sup> COrDIS Sheep. Набор реагентов для мультиплексного анализа 12-ти микросателлитных маркеров и локуса амелогенина овец COrDIS Sheep. Инструкция пользователя [Электронный ресурс]. URL: <https://gordiz.ru/wp-content/uploads/2021/05/instrukciya-cordis-sheep-140521.pdf> (дата обращения: 01.11.2023).

<sup>2</sup> ГОСТ 25955-83 «Животные племенные сельскохозяйственные» // Методы определения продуктивности овец. Москва: Издательство стандартов, 1984. 8 с.

<sup>3</sup> Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-anupdate // Bioinformatics. 2012. Vol. 28. Pp. 2537–2539.

### Результаты (Results)

Анализ полиморфизма микросателлитов в трех выборках овец разного генезиса выявил 98 аллелей. По аллельному разнообразию наиболее богатой оказалась группа чистопородных овцематок 50P/50P – 83 аллеля. В группе 50П/50К постулировали 81 аллель, в группе трехпородных помесей 25П25К/50P – 78. Наиболее полиморфными оказались локусы INRA023 и INRA005 – по 13 аллелей. Наименее полиморфным – локус ETH152 – пять аллелей. По локусу INRA023 во всех группах выявлено по 9 аллелей. По INRA005 в группах 50П/50К и 50P/50P из 13 аллелей выявлено по 11, а в группе 25П25К/50P – 7.

С высокими частотами ( $> 0,1$ ) у овцематок всех групп встречались аллели McM042<sup>87</sup>, INRA006<sup>110</sup>, McM527<sup>164</sup>, McM527<sup>166</sup>, ETH152<sup>186</sup>, CSRD247<sup>213</sup>, CSRD247<sup>227</sup>, OarFCB20<sup>91</sup>, OarFCB20<sup>105</sup>, INRA172<sup>154</sup>, INRA172<sup>160</sup>, INRA063<sup>169</sup>, INRA063<sup>175</sup>, INRA063<sup>183</sup>, MAF065<sup>127</sup>, MAF065<sup>135</sup>, MAF214<sup>189</sup>, MAF214<sup>191</sup>, INRA005<sup>145</sup>, INRA023<sup>200</sup>, INRA023<sup>206</sup>. Аллели McM042<sup>81</sup>, OarFCB2093 и OarFCB20<sup>105</sup> с высокими частотами встречались только в группе 50П/50К. У романовской породы и помесей 25П25К/50P часто встречались аллели INRA023<sup>212</sup>, McM042<sup>103</sup>, McM042<sup>95</sup>, ETH152<sup>190</sup>, INRA005<sup>147</sup>. В группе чистопородных романовских овцематок выявили восемь специфических аллелей с суммарной частотой 0,224, три аллеля с суммарной частотой 0,048 в группе 50П/50К и один редкий аллель INRA172<sup>172</sup> в 25П25К/50P.

По общему и эффективному числу аллелей в среднем на локус экспериментальные группы достоверно не различались. Наименьшее число эффективных аллелей установлено по локусам MAF214 и CSRD247 – 2,3 у романовских овцематок, у 50П/50К соответственно по INRA006 – 2,5 и в группе 25П25К/50 ETH152 – 2,6. Максимальное число эффективных аллелей наблюдали по локусу

INRA005 – 7,1 в группе 50П/50К, по McM527 локусу 7,0 у 50P/50P и по INRA023 – 7,3 у 25П/25К/50P. Средняя по 12 локусам наблюдаемая гетерозиготность в группе 50P/50P была достоверно ниже, чем по группе 25П25К/50P, и достоверно не различалась с группой 50П/50К (таблица 1).

По группе 25П/25К/50P распределение полокусных оценок наблюдаемой гетерозиготности, исключая данные по локусу McM527 в группе 50P/50P, покрывало все максимальные полокусные значения оценок в обеих родительских группах (рис. 1).

Анализ полокусного распределения индексов фиксации выявил редукцию гетерозигот ( $F_{IS} \geq 0,05$ ) в группе 50П/50К по локусам McM042, INRA006, McM527, ETH152. По остальным локусам значения  $F_{IS}$  были отрицательными или положительными, близкими к нулю. По группе 50P/50P недостаток гетерозигот наблюдался по локусам McM527 (0,041), INRA006 (0,073), OarFCB20 (0,137). В кроссбредной группе 25П/25К/50P значительные избытки гетерозигот установили по ETH152 (–0,472), MAF214 (–0,272) и INRA005 (–0,171). В этой группе редукция гетерозигот установлена только по локусам INRA006 (0,071) и McM527 (0,041), по остальным десяти локусам обнаружен избыток гетерозигот (таблица 1, рис. 2). Средние коэффициенты фиксации по группам 50П/50К и 50P/50P были достоверными отрицательными и не превышали –0,05, относительно высокое отрицательное среднее значение индекса  $F_{IS}$  (–0,125 ± 0,0409) характеризовало трехпородных помесей.

Достоверное нарушение генетического равновесия по Харди – Вайнбергу при уровне значимости  $p \leq 0,05$  и выше установили в группе 50П/50К по генотипам локусов INRA006, CSRD247, OarFCB20, INRA005; по 50P/50P: McM527, OarFCB20, INRA172 и по 25П/25К/50P: McM042. Наиболее высокие генетические дистанции по Райту ( $F_{ST}$ ) и Нею ( $D_N$ ) выявили между группами 50П/50К и

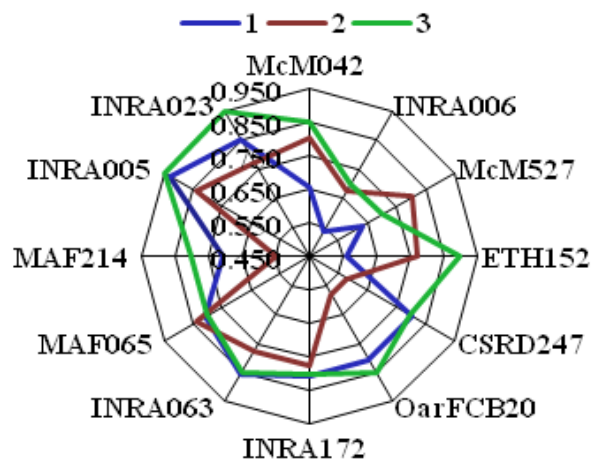


Рис. 1. Полокусная наблюдаемая гетерозиготность по выборкам

1 (50П/50К), 2 (50P/50P), 3 (25П/25К/50P)

Fig. 1. Observed heterozygosity of loci by samples

1 (50P/50K), 2 (50R/50R), 3 (25P/25K/50R)

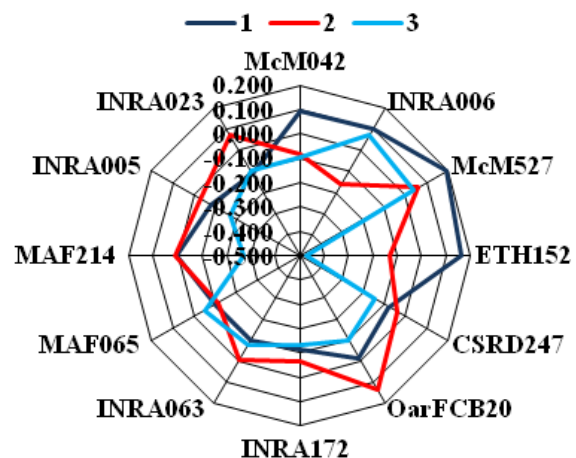


Рис. 2. Полокусные индексы фиксации  $F_{IS}$  по выборкам 1 (50П/50К), 2 (50P/50P), 3 (25П/25К/50P)

Fig. 2. Locus fixation indices  $F_{IS}$  by samples 1 (50P/50K),

2 (50R/50R), 3 (25P/25K/50R)

50P/50P:  $F_{ST} = 0,39 \pm 0,0062$ ,  $D_N = 0,242 \pm 0,0479$ , между группами 50П/50К и 25П/25К/50P:  $F_{ST} = 0,033 \pm 0,0058$ ,  $D_N = 0,218 \pm 0,0429$ , 50P/50P и 25П/25К/50P:  $F_{ST} = 0,022 \pm 0,0058$ ,  $D_N = 0,127 \pm 0,0292$ . Использование разных метрик генетических дистанций для попарных сравнений выборок овцематок разной породной принадлежности дали сходное их ранжирование. Корреляция полокусных значений наблюдаемой гетерозиготности ( $H_o$ ) и ин-

дексов фиксации ( $F_{IS}$ ) между группами 50П/50К и 50P/50P составила соответственно: 0,108, -0,184; 50П/50К и 25П/25К/50P: 0,246, -0,073; 50P/50P и 25П/25К/50P: 0,550, 0,122. Коэффициенты корреляции по группам были недостоверными, но они указали на повышение связи показателей генетического разнообразия между группами от минимальной 50П/50К и 50P/50P до максимальной 50P/50P и 25П/25К/50P.

Таблица 1

Характеристика групп овцематок разной породности по генетико-популяционным параметрам, вычисленным по STR-локусам

Популяции	Локусы	$N_a$	$N_e$	$H_o$	$H_e$	$uHe$	$F_{IS}$
50П/50К (N = 41)	McM042	6,0	3,7	0,659	0,726	0,735	0,093
	INRA006	7,0	2,5	0,537	0,598	0,606	0,103
	McM527	6,0	4,7	0,634	0,786	0,796	0,193
	ETH152	4,0	3,0	0,561	0,671	0,680	0,164
	CSRD247	7,0	3,9	0,805	0,747	0,756	-0,078
	OarFCB20	8,0	4,8	0,805	0,793	0,803	-0,015
	INRA172	7,0	3,6	0,805	0,721	0,730	-0,116
	INRA063	6,0	4,5	0,854	0,777	0,787	-0,099
	MAF065	5,0	3,7	0,805	0,731	0,740	-0,100
	MAF214	5,0	3,5	0,707	0,713	0,722	0,008
	INRA005	11,0	7,1	0,927	0,858	0,869	-0,080
	INRA023	9,0	4,3	0,854	0,769	0,779	-0,110
	$\bar{X}$	6,8	4,1	0,746	0,741	0,750	-0,003
	$\pm s\bar{X}$	0,55	0,33	0,0358	0,0189	0,0192	0,0327
50P/50P (N = 31)	McM042	5,0	3,9	0,806	0,745	0,757	-0,082
	INRA006	6,0	2,4	0,677	0,583	0,593	-0,161
	McM527	8,0	7,0	0,806	0,856	0,870	0,058
	ETH152	5,0	3,2	0,774	0,686	0,698	-0,128
	CSRD247	7,0	2,3	0,581	0,561	0,570	-0,035
	OarFCB20	7,0	3,1	0,581	0,673	0,684	0,137
	INRA172	7,0	3,7	0,774	0,727	0,739	-0,064
	INRA063	6,0	4,3	0,774	0,769	0,782	-0,007
	MAF065	7,0	4,0	0,839	0,753	0,765	-0,114
	MAF214	5,0	2,3	0,548	0,556	0,565	0,013
	INRA005	11,0	5,4	0,839	0,814	0,828	-0,030
	INRA023	9,0	6,1	0,774	0,836	0,849	0,073
	$\bar{X}$	6,9	4,0	0,731	0,713	0,725	-0,028
	$\pm s\bar{X}$	0,51	0,44	0,0306	0,0300	0,0305	0,0256
25П/25К/50P (N = 20)	McM042	6,0	4,5	0,850	0,776	0,796	-0,095
	INRA006	8,0	4,1	0,700	0,754	0,773	0,071
	McM527	8,0	3,7	0,700	0,730	0,749	0,041
	ETH152	4,0	2,6	0,900	0,611	0,627	-0,472
	CSRD247	5,0	3,3	0,800	0,701	0,719	-0,141
	OarFCB20	7,0	4,4	0,850	0,773	0,792	-0,100
	INRA172	7,0	3,4	0,800	0,708	0,726	-0,131
	INRA063	5,0	4,7	0,850	0,789	0,809	-0,078
	MAF065	6,0	4,2	0,800	0,761	0,781	-0,051
	MAF214	5,0	2,7	0,800	0,629	0,645	-0,272
	INRA005	7,0	5,3	0,950	0,811	0,832	-0,171
	INRA023	10,0	7,3	0,950	0,864	0,886	-0,100
	$\bar{X}$	6,5	4,2	0,829	0,742	0,761	-0,125
	$\pm s\bar{X}$	0,48	0,37	0,0234	0,0208	0,0214	0,0409

Table 1

Characteristics of groups of ewes of different age of breed according to genetic and population parameters calculated from alleles of polymorphic STR-loci

Population	Locus	Na	Ne	Ho	He	uHe	F <sub>IS</sub>
50P/50K (N=41)	McM042	6.0	3.7	0.659	0.726	0.735	0.093
	INRA006	7.0	2.5	0.537	0.598	0.606	0.103
	McM527	6.0	4.7	0.634	0.786	0.796	0.193
	ETH152	4.0	3.0	0.561	0.671	0.680	0.164
	CSRD247	7.0	3.9	0.805	0.747	0.756	-0.078
	OarFCB20	8.0	4.8	0.805	0.793	0.803	-0.015
	INRA172	7.0	3.6	0.805	0.721	0.730	-0.116
	INRA063	6.0	4.5	0.854	0.777	0.787	-0.099
	MAF065	5.0	3.7	0.805	0.731	0.740	-0.100
	MAF214	5.0	3.5	0.707	0.713	0.722	0.008
	INRA005	11.0	7.1	0.927	0.858	0.869	-0.080
	INRA023	9.0	4.3	0.854	0.769	0.779	-0.110
	$\bar{X}$	6.8	4.1	0.746	0.741	0.750	-0.003
	$\pm s\bar{X}$	0.55	0.33	0.0358	0.0189	0.0192	0.0327
50R/50R (N=31)	McM042	5.0	3.9	0.806	0.745	0.757	-0.082
	INRA006	6.0	2.4	0.677	0.583	0.593	-0.161
	McM527	8.0	7.0	0.806	0.856	0.870	0.058
	ETH152	5.0	3.2	0.774	0.686	0.698	-0.128
	CSRD247	7.0	2.3	0.581	0.561	0.570	-0.035
	OarFCB20	7.0	3.1	0.581	0.673	0.684	0.137
	INRA172	7.0	3.7	0.774	0.727	0.739	-0.064
	INRA063	6.0	4.3	0.774	0.769	0.782	-0.007
	MAF065	7.0	4.0	0.839	0.753	0.765	-0.114
	MAF214	5.0	2.3	0.548	0.556	0.565	0.013
	INRA005	11.0	5.4	0.839	0.814	0.828	-0.030
	INRA023	9.0	6.1	0.774	0.836	0.849	0.073
	$\bar{X}$	6.9	4.0	0.731	0.713	0.725	-0.028
	$\pm s\bar{X}$	0.51	0.44	0.0306	0.0300	0.0305	0.0256
25P/25K/50R (N=20)	McM042	6.0	4.5	0.850	0.776	0.796	-0.095
	INRA006	8.0	4.1	0.700	0.754	0.773	0.071
	McM527	8.0	3.7	0.700	0.730	0.749	0.041
	ETH152	4.0	2.6	0.900	0.611	0.627	-0.472
	CSRD247	5.0	3.3	0.800	0.701	0.719	-0.141
	OarFCB20	7.0	4.4	0.850	0.773	0.792	-0.100
	INRA172	7.0	3.4	0.800	0.708	0.726	-0.131
	INRA063	5.0	4.7	0.850	0.789	0.809	-0.078
	MAF065	6.0	4.2	0.800	0.761	0.781	-0.051
	MAF214	5.0	2.7	0.800	0.629	0.645	-0.272
	INRA005	7.0	5.3	0.950	0.811	0.832	-0.171
	INRA023	10.0	7.3	0.950	0.864	0.886	-0.100
	$\bar{X}$	6.5	4.2	0.829	0.742	0.761	-0.125
	$\pm s\bar{X}$	0.48	0.37	0.0234	0.0208	0.0214	0.0409

Анализ уровня фертильности групп различной породности показал, что по всем проанализированным воспроизводительным признакам, кроме выживаемости приплода, романовские овцематки имели достоверное преимущество над другими группами. Группа двухпородных помесей 50П/50К, напротив, кроме выживаемости приплода, уступала

другим группам. Помеси 25П/25К/50Р характеризовались повышенной средней наблюдаемой гетерозиготностью по маркерам и достоверным повышением среднего возраста начала репродукции выше показателя характеризующего наиболее позднеспелую родительскую группу 50П/50К.



Таблица 2  
Характеристика овцематок разной породности по признакам фертильности

Группы овцематок и количество ягнений	Статистики	Средняя гетерозиготность по ягнениям	Возраст первого ягнения, дней	Ягнят за одно ягнение к отбивке	Выживаемость ягнят к отбивке	Молочность овцематок, кг	Среднесуточный прирост 1 головы, г.	Темп размножения
50П/50К – 1 (n = 77)	$\bar{X}$	0,729 <sup>3</sup>	665,0 <sup>2,3</sup>	1,0 <sup>2,3</sup>	0,883 <sup>2</sup>	19,7	154	0,562 <sup>2</sup>
	$\pm s\bar{X}$	0,0180	16,86	0,05	0,0357	0,88	8,6	0,0309
50Р/50Р – 2 (n = 72)	$\bar{X}$	0,731 <sup>3</sup>	505,8 <sup>1,3</sup>	1,7 <sup>1,3</sup>	0,765 <sup>1</sup>	24,6 <sup>1</sup>	253,1 <sup>1,3</sup>	1,376 <sup>1,3</sup>
	$\pm s\bar{X}$	0,0232	17,56	0,10	0,0365	1,32	13,74	0,0894
25П25К/50Р – 3 (n = 57)	$\bar{X}$	0,828 <sup>1,2</sup>	779,5 <sup>1,2</sup>	1,4 <sup>1,2</sup>	0,801	22,3	202,7 <sup>1,2</sup>	0,651 <sup>2</sup>
	$\pm s\bar{X}$	0,0172	11,38	0,09	0,0446	1,50	13,33	0,0470

Примечание. Цифровыми индексами показаны группы овцематок, между которыми установлены достоверные различия при уровне значимости  $p \leq 0,05$  и выше.

Table 2  
Characteristics of sheep of different breeds on the grounds of fertility

Groups of ewes and the number of lambs	Statistics	Average heterozygosity for lambs	Age of the first lambing, days	Lambs for one lambing to weaning	Survival of lambs to weaning	Milk content of sheep, kg	Average daily increase of 1 head, g	Reproduction rate
50P/50K – 1 (n = 77)	$\bar{X}$	0.729 <sup>3</sup>	665.0 <sup>2,3</sup>	1.0 <sup>2,3</sup>	0.883 <sup>2</sup>	19.7	154	0.562 <sup>2</sup>
	$\pm s\bar{X}$	0.0180	16.86	0.05	0.0357	0.88	8.6	0.0309
50R/50R – 2 (n = 72)	$\bar{X}$	0.731 <sup>3</sup>	505.8 <sup>1,3</sup>	1.7 <sup>1,3</sup>	0.765 <sup>1</sup>	24.6 <sup>1</sup>	253.1 <sup>1,3</sup>	1.376 <sup>1,3</sup>
	$\pm s\bar{X}$	0.0232	17.56	0.10	0.0365	1.32	13.74	0.0894
25P25K/50R – 3 (n = 57)	$\bar{X}$	0.828 <sup>1,2</sup>	779.5 <sup>1,2</sup>	1.4 <sup>1,2</sup>	0.801	22.3	202.7 <sup>1,2</sup>	0.651 <sup>2</sup>
	$\pm s\bar{X}$	0.0172	11.38	0.09	0.0446	1.50	13.33	0.0470

Note. Digital indices show groups of ewes between which significant differences were established at a significance level of  $p \leq 0.05$  and higher.

Из данных, представленных в таблице 2, видна дифференциация между экспериментальными группами овцематок по их породной принадлежности, возрасту начала репродукции и другим адаптивным признакам. Эти данные, на наш взгляд, плохо согласуются с оценками генетической дифференциации групп по микросателлитам (рис. 3).

Кроме возраста начала и темпа размножения, наследование других признаков по группе 25П25К/50Р было близко к промежуточному с некоторой регрессией на родительскую группу с наименьшим их проявлением. Минимальные генетические дистанции, вычисленные по микросателлитам, установлены между группами 50Р/50Р и

25П/25К/50Р. Положительного эффекта гетерозиса в результате скрещивания не выявили.

В группе романовских овцематок различие по возрасту начала размножения между дифференцированными по уровню гетерозиготности классами М0 и М+, М– и М+ было достоверным при уровне значимости  $p < 0,05$ . По остальным целевым признакам в других породных группах проявлялась недостоверная, но четкая тенденция превосходства овцематок М0 над другими классами. Исключение составило превосходство овцематок 25П25К/50Р М+ над аналогами из других классов по среднесуточному приросту приплода. Однако этот признак только опосредованно можно отнести к репродуктивным (таблица 3).

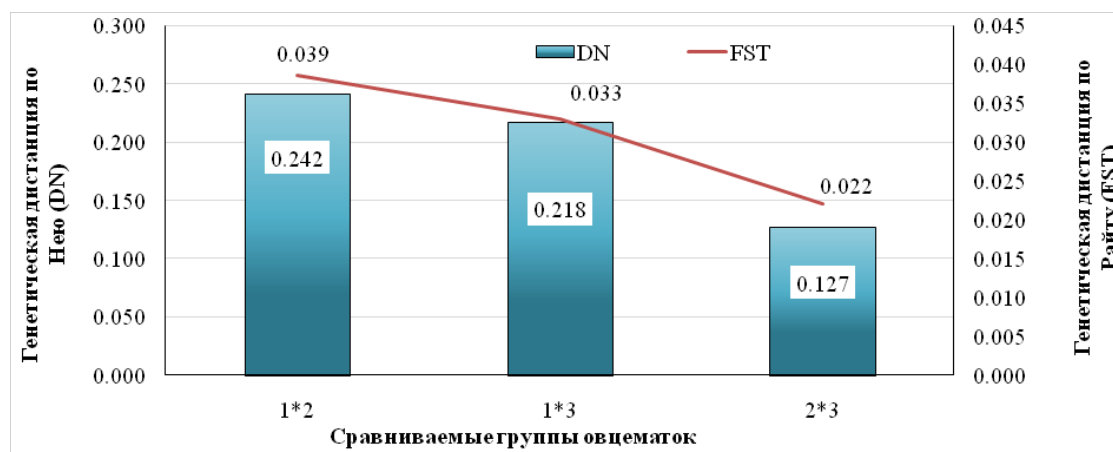


Рис. 3. Генетические дистанции по Нею и Райту между группами овцематок разной породности

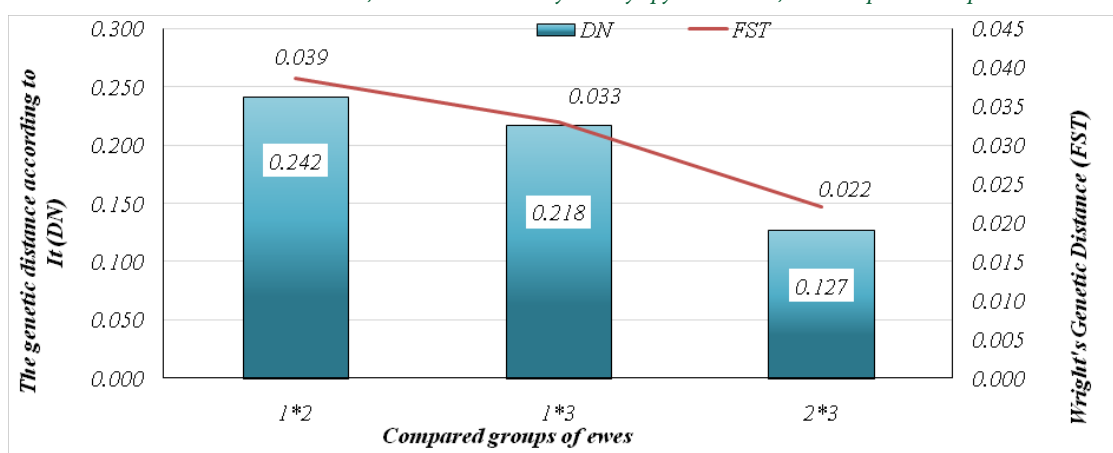


Fig. 3. Genetic distances according to Ney and Wright between groups ewes of different breeds

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По классу М+ во всех породных группах повышение гетерозиготности не привело к достоверному увеличению плодовитости и жизнеспособности потомства или, напротив, снижению его жизнеспособности вследствие разрушения коадаптированных генных комплексов в процессе образования гамет у кроссбредных родителей [19]. Группа трехпородных помесей 25П25К/50Р характеризовалась самой высокой наблюдаемой гетерозиготностью и одновременно самым большим возрастом начала репродукции. При этом внутри группы класс овцематок с низкой гетерозиготностью (М-) характеризовался по сравнению с другими классами наиболее поздним началом репродукции и пониженным темпом размножения. В группе чистопородных романовских овцематок относительно группы 25П25К/50Р ранги классов распределились зеркально. В кроссбредной родительской группе 50П/50К иерархия классов была сходной с 25П25К/50Р. У помесей дифференциация между классами М- и М0 по воспроизводительным признакам была выше, чем между М0 и М+, а в группе чистопородных животных 50Р/50Р, напротив, ниже.

В пределах отдельных породных групп каждый локус вносил различный вклад в средние значения гетерозиготности по 12 микросателлитным локу-

сам. Поэтому и в результате разных генных эффектов по группам селективно значимые эффекты гетерозиготности (в случае их обнаружения!) должны были качественно и количественно различаться в зависимости от генетического фона, а именно: величины неравновесия по сцеплению, эффектов взаимодействия сцепленных маркеров с генами или генными комплексами разных хромосом, контролирующей адаптивную изменчивость. Эти различия возможны из-за того, что у помесей взаимодействуют гаплотипы двух разных родительских пород, а у чистопородных животных эффекты взаимодействия ограничены генным пулом одной породы, а также из-за случайной вариации вследствие ограниченной численности выборок.

Действительно, некоторые различия между помесями и чистопородными животными по связям гетерозиготности по микросателлитным локусам с признаками воспроизводства были выявлены. Однако во всех группах модальные по уровню гетерозиготности классы (М0) превосходили своих аналогов М- и М+ по репродуктивной способности. Поэтому повторяемость такой связи показателей фертильности с гетерозиготностью по STR-локусам внутри разных породных групп независимо от ее статистической достоверности позволяет заключить, что оценки гетерозиготности по STR-локусам

имеют практическую ценность для прогнозирования фертильности овец при внутривидовом анализе.

В классических работах Ю. П. Алтухова показано, что выгодная для организма высокая индивидуальная гетерозиготность неблагоприятна для его потомства и популяции в целом, поскольку значи-

тельная доля выщепляющихся генотипов обладает пониженными адаптивными способностями в субоптимальных условиях среды. В связи с этим им высказано предположение, что генетический оптимум должен отражать баланс между инбридингом (увеличивающим гомозиготность) и аутбридингом (ростом гетерозиготности). Результаты нашего исследования согласуются с высказанными положениями.

Таблица 3  
Характеристика классов овцематок с разными уровнями наблюдаемой гетерозиготности по некоторым признакам фертильности

Овцематки		Средняя наблюдаемая гетерозиготность по ягнениям	Возраст первого ягнения, дней		Ягнят за одно ягнение к отбивке, голов		Среднесуточный прирост одной головы, г		Темп размножения, ягнят/год	
Группы	Классы по гетерозиготности		X	±Sx	X	±Sx	X	±Sx	X	±Sx
50П/50К	M- (n = 26)	0,513	691,0	29,09	0,9	0,08	143	14,8	0,510	0,0599
	M0 (n = 29)	0,750	618,8	25,96	1,0	0,08	166	14,6	0,598	0,0521
	M+ (n = 22)	0,890	695,3	31,80	1,0	0,08	151	15,1	0,576	0,0455
50P/50P	M- (n = 38)	0,594	491,2 <sup>M+</sup>	21,29	1,8	0,14	262	19,1	1,448	0,1236
	M0 (n = 17)	0,833	453,0 <sup>M+</sup>	28,93	1,8	0,18	267	23,1	1,462	0,1396
	M+ (n = 17)	0,936	591,1 <sup>M-</sup>	44,19	1,6	0,21	218	31,9	1,128	0,2159
25П25К/50P	M- (n = 20)	0,683	804,9	21,22	1,3	0,16	183	23,1	0,567	0,0727
	M0 (n = 14)	0,833	753,1	28,94	1,4	0,17	188	23,0	0,679	0,0872
	M+ (n = 23)	0,949	773,4	21,65	1,4	0,14	229	21,9	0,661	0,0824

Примечание. Буквенными индексами показаны классы овцематок, между которыми установлены достоверные различия при уровне значимости  $p \leq 0,05$  и выше.

Table 3  
Characteristics of classes of ewes with different levels of observed heterozygosity for some fertility traits

Sheep		Average observed heterozygosity for lambs	Age of the first lambing, days		Lambs for one lamb to the chop, heads		Average daily growth of one head, g		Reproduction rate, lambs/year	
Groups	Classes on heterozygosity		X	±Sx	X	±Sx	X	±Sx	X	±Sx
50P/50K	M- (n=26)	0.513	691.0	29.09	0.9	0.08	143	14.8	0.510	0.0599
	M0 (n=29)	0.750	618.8	25.96	1.0	0.08	166	14.6	0.598	0.0521
	M+ (n=22)	0.890	695.3	31.80	1.0	0.08	151	15.1	0.576	0.0455
50R/50P	M- (n=38)	0.594	491.2 <sup>M+</sup>	21.29	1.8	0.14	262	19.1	1.448	0.1236
	M0 (n=17)	0.833	453.0 <sup>M+</sup>	28.93	1.8	0.18	267	23.1	1.462	0.1396
	M+ (n=17)	0.936	591.1 <sup>M-</sup>	44.19	1.6	0.21	218	31.9	1.128	0.2159
25P25K/50R	M- (n=20)	0.683	804.9	21.22	1.3	0.16	183	23.1	0.567	0.0727
	M0 (n=14)	0.833	753.1	28.94	1.4	0.17	188	23.0	0.679	0.0872
	M+ (n=23)	0.949	773.4	21.65	1.4	0.14	229	21.9	0.661	0.0824

Note. Letter indices indicate classes of ewes between which significant differences were established at a significance level of  $p \leq 0.05$  and higher.

Использованная нами панель микросателлитов позволила провести анализ генетического разнообразия по 12 полиморфным STR-локусам, которые маркируют 10 из 27 хромосом гаплоидного набора *Ovis aries*. Положение STR-локусов и многих QTL на хромосомах у *Ovis aries* известно [20–23]. Поэтому расширение породного состава и увеличение численности референтной популяции, привлечение к анализу новых биоинформационных методик позволит в дальнейшем получить более объективные сведения о взаимосвязи уровня генетического раз-

нообразия по STR-маркерам с селективно значимыми признаками.

Полученная и систематизированная в настоящем исследовании информация о дифференциации овец разного направления продуктивности и происхождения по генетико-популяционным параметрам и воспроизводительным способностям дает возможность наметить перспективы дальнейших исследований и практического применения полиморфизма микросателлитов для решения задач прикладной генетики и селекции животных.

### Библиографический список

1. Улимбашев М. Б., Кулинцев В. В., Селионова М. И. [и др.] Рациональное использование генофонда ценных пород животных с целью сохранения биологического разнообразия // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13, № 2. С. 165–183. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-165-183.
2. Colino-Rabanal V. J., Rodríguez-Díaz R., Blanco-Villegas M. J., Peris S. J., Lizana M. Human and Ecological Determinants of the Spatial Structure of Local Breed Diversity // Scientific Reports. 2018. Vol. 8. No. 1. Article number 6452. DOI: 10.1038/s41598-018-24641-3.
3. Галинская Т. В., Щепетов Д. М., Лысенков С. Н. Предубеждение о микросателлитных исследованиях и как им противостоять // Генетика. 2019. Т. 55, № 6. С. 617–632. DOI: 10.1134/S0016675819060043.
4. Van der Westhuizen L., MacNeil M. D., Scholtz M. M., Naser F. W., Makgahlela M. L., van Wyk J. B. Genetic Variability and Relationships in Nine South African Cattle Breeds Using Microsatellite Markers // Tropical Animal Health and Production. 2020. Vol. 52, No. 1. Pp. 177–184. DOI: 10.1007/s11250-019-02003-z.
5. Svishcheva G., Babayan O., Lkhasaranov B., Tsendsuren A., Abdurasulov A., Stolpovsk Y. Microsatellite Diversity and Phylogenetic Relationships among East Eurasian *Bos taurus* Breeds with an Emphasis on Rare and Ancient Local Cattle // Animals. 2020. Vol. 10, No. 9. Article number 1493. DOI: 10.3390/ani10091493.
6. Demir E., Balcioglu M. S. Genetic Diversity and Population Structure of Four Cattle Breeds Raised in Turkey Using Microsatellite Markers // Czech Journal of Animal Science. 2019. Vol. 64, No. 10. Pp. 411–419. DOI: 10.17221/62/2019-CJAS.
7. Laoun A., Harkat S., Lafri, M., Gaouar S.B.S., Belabdi, I., Ciani, E., De Groot M. Blanquet, V.; Leroy G., Rognon X. Inference of Breed Structure in Farm Animals: Empirical Comparison between SNP and Microsatellite Performance // Genes. 2020. Vol. 11, No. 1. Article number 57. DOI: 10.3390/genes11010057.
8. Gororo E., Makuza S., Chatiza, F., Chidzondo F., Sanyika T. Genetic diversity in Zimbabwean Sanga cattle breeds using microsatellite markers // South African Journal of Animal Science. 2018. Vol. 48, No. 1. Pp. 128–141.
9. Ocampo R. J., Martínez J. F., Martínez R. Assessment of Genetic Diversity and Population Structure of Colombian Creole Cattle Using Microsatellites // Tropical Animal Health and Production. 2021. Vol. 53. Article number 122. DOI: 10.1007/s11250-021-02563-z.
10. Hall S. J. G. Genetic Differentiation among Livestock Breeds-Values for Fst // Animals. 2022. Vol. 12, No. 9. Article number 1115. DOI: 10.3390/ani12091115.
11. Ceballos F. C., Joshi, P. R., Clark D. W., Ramsay M., Wilson J. F. Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture // Nature Reviews Genetics. 2018. No. 19. Pp. 220–234. DOI: 10.1038/nrg.2017.109.
12. Bertolini F., Cardoso T. F., Marras G., Nicolazzi E. L., Rothschild M. F., Amills M. AdaptMap consortium. Genome-wide patterns of homozygosity provide clues about the population history and adaptation of goats // Genetics Selection Evolution. 2018. Vol. 50, No. 59. Pp. 2–12. DOI: 10.1186/s12711-018-0424-8.
13. Бакоев С. Ю., Гетманцева Л. В. Методы оценки инбридинга и подписей селекции сельскохозяйственных животных на основе протяженных гомозиготных областей // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 11. С. 63–68. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11114.
14. Muluaem T., Bekeko Z. Advances in Quantitative Trait Loci, Mapping and Importance of Markers Assisted Selection in Plant Breeding Research // International Journal of Plant Breeding and Genetics. 2016. Vol. 10, No. 2. Pp. 58–68. DOI: 10.3923/ijpb.2016.58.68.
15. Полоников А. В., Клесова Е. Ю., Азарова Ю. Э. Биоинформатические инструменты и интернет-ресурсы для оценки регуляторного потенциала полиморфных локусов, установленных полногеномными ассоциативными исследованиями мультифакториальных заболеваний (обзор) // Научные результаты биомедицинских исследований. 2021. Т. 7, № 1. С. 15–31. DOI: 10.18413/2658-6533-2020-7-1-0-2.



16. Юдин Н. С., Ларкин Д. М. Общие признаки селекции и гены, связанные с адаптацией и акклиматизацией, в геномах российских пород крупного рогатого скота и овец // Генетика. 2019. Т. 55, № 8. С. 936–943. DOI: 10.1134/S0016675819070154.

17. Озеров М. Ю., Тапио М., Кантанен Ю. [и др.] Влияние факторов окружающей среды на генетическую изменчивость грубошерстных пород овец // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 6. С. 40–44. DOI: 10.31857/S2500-26272019640-44.

18. Жариков Я. А., Матюков В. С., Канева Л. А. Биологические и продуктивные особенности овец разных генотипов в Арктической зоне разведения. Сыктывкар : ФГБУН ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. 154 с. DOI: 10.19110/89606-036.

19. Tapio M., Tapio I., Grislis Z., Holm L. E., Jeppsson S., Kantanen J., Miceikiene I., Olsaker I., Viinalass H., Eythorsdottir E. Native breeds demonstrate high contributions to the molecular variation in northern European sheep // *Molecular Ecology*. 2005. Vol. 14, No. 13. Pp. 3951–3963. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2005.02727.x.

20. Zamani W., Ghasempouri S. M., Rezaei H. R., Hesari A. R. E., Ouhrouch A. Comparing polymorphism of 86 candidate genes putatively involved in domestication of sheep, between wild and domestic Iranian sheep // *Meta Gene*. 2018. Vol. 17, No. 2. Pp. 223–231. DOI: 10.1016/j.mgene.2018.06.015.

21. Animal QTLdb [e-resource]. URL: <https://www.animalgenome.org/cgi-bin/QTLdb/index> (дата обращения 14.03.2024).

22. Hu Zhi-Liang, Park C. A., Reecy J. M. Bringing the Animal QTLdb and CorrDB into the future: meeting new challenges and providing updated services // *Nucleic Acids Research*. 2022. Vol. 50. Pp. 956–961. DOI: 10.1093/nar/gkab1116.

23. Hu Zhi-Liang, Park C. A., Reecy J. M. Building a livestock genetic and genomic information knowledge-base through integrative developments of Animal QTLdb and CorrDB // *Nucleic Acids Research*. 2019. Vol. 47. Pp. 701–710. DOI: 10.1093/nar/gky1084.

#### Об авторах:

**Валерий Самуилович Матюков**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, Россия; ORCID 0000-0002-3504-6864, AuthorID 856195. E-mail: [nipiti38@mail.ru](mailto:nipiti38@mail.ru)

**Яков Александрович Жариков**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, Россия; ORCID-0000-0002-8644-2322, AuthorID 32082. E-mail: [zharikov.yakov@yandex.ru](mailto:zharikov.yakov@yandex.ru)

**Лидия Александровна Канева**, заведующая отделом Печорской опытной станции, Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, Россия; ORCID-0009-0007-0437-7146, AuthorID 1113746. E-mail: [lidiya\\_kaneva\\_1979@mail.ru](mailto:lidiya_kaneva_1979@mail.ru)

#### References

1. Ulmbashev M. B., Kulintsev V. V., Selionova M. I. et al. Rational management of the gene pool of valuable breeds of animals for the purpose of conservation of biological diversity. *South of Russia: ecology, development*. 2018; 13 (2): 165–183. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-165-183. (In Russ.)

2. Colino-Rabanal V. J., Rodríguez-Díaz R., Blanco-Villegas M. J., Peris S. J., Lizana M. Human and Ecological Determinants of the Spatial Structure of Local Breed Diversity. *Scientific Reports*. 2018; 8 (1): 6452. DOI: 10.1038/s41598-018-24641-3.

3. Galinskaya T. V., Schepetov D. M., Lysenkov S. N. Prejudices against microsatellite studies and how to resist them. *Russian Journal of Genetics*. 2019; 55 (6): 657–671. DOI: 10.1134/S0016675819060043. (In Russ.)

4. Van der Westhuizen L., MacNeil M. D., Scholtz M. M., Neser F. W., Makgahlela M. L., van Wyk J. B. Genetic Variability and Relationships in Nine South African Cattle Breeds Using Microsatellite Markers. *Tropical Animal Health and Production*. 2020; 52 (1): 177–184. DOI: 10.1007/s11250-019-02003-z.

5. Svishecheva G., Babayan O., Lkhasaranov B., Tsendsuren A., Abdurasulov A., Stolpovsk Y. Microsatellite Diversity and Phylogenetic Relationships among East Eurasian *Bos taurus* Breeds with an Emphasis on Rare and Ancient Local Cattle. *Animals*. 2020; 10 (9): 1493. DOI: 10.3390/ani10091493.

6. Demir E., Balcioglu M. S. Genetic Diversity and Population Structure of Four Cattle Breeds Raised in Turkey Using Microsatellite Markers. *Czech Journal of Animal Science*. 2019; 64 (10): 411–419. DOI: 10.17221/62/2019-CJAS.

7. Laoun A., Harkat S., Lafri, M., Gaouar S. B. S., Belabdi, I., Ciani, E., De Groot M. Blanquet, V.; Leroy G., Rognon X. Inference of Breed Structure in Farm Animals: Empirical Comparison between SNP and Microsatellite Performance. *Genes*. 2020; 11 (1): 57. DOI: 10.3390/genes11010057.
8. Gororo E., Makuza S., Chatiza, F., Chidzondo F., Sanyika T. Genetic diversity in Zimbabwean Sanga cattle breeds using microsatellite markers. *South African Journal of Animal Science*. 2018; 48 (1): 128–141.
9. Ocampo R. J., Martínez J. F., Martínez R. Assessment of Genetic Diversity and Population Structure of Colombian Creole Cattle Using Microsatellites. *Tropical Animal Health and Production*. 2021; 53 (1): 122. DOI: 10.1007/s11250-021-02563-z.
10. Hall S. J. G. Genetic Differentiation among Livestock Breeds-Values for Fst. *Animals*. 2022; 12 (9): 1115. DOI: 10.3390/ani12091115.
11. Ceballos F. C, Joshi, P. R., Clark D. W., Ramsay M., Wilson J. F. Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture. *Nature Reviews Genetics*. 2018; 19: 220–234. DOI: 10.1038/nrg.2017.109.
12. Bertolini F., Cardoso T. F., Marras G., Nicolazzi E. L., Rothschild M. F., Amills M. AdaptMap consortium. Genome-wide patterns of homozygosity provide clues about the population history and adaptation of goats. *Genetics Selection Evolution*. 2018; 50 (59): 2–12. DOI: 10.1186/s12711-018-0424-8.
13. Bakoev S. Yu., Getmantseva L. V Methods for Assessing Inbreeding and Selection Signatures of Farm Animals Based on Runs of Homozygosity. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019; 33 (11): 63–68. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11114. (In Russ.)
14. Mulualet T., Bekeko Z. Advances in Quantitative Trait Loci, Mapping and Importance of Markers Assisted Selection in Plant Breeding Research. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2016; 10 (2): 58–68. DOI: 10.3923/ijpb.2016.58.68.
15. Polonikov A. V., Klyosova E. Yu, Azarova I. E. Bioinformatic tools and internet resources for functional annotation of polymorphic loci detected by genome wide association studies of multifactorial diseases (review). *Research Results in Biomedicine*. 2021; 7 (1): 15–31. DOI: 10.18413/2658-6533-2020-7-1-0-2. (In Russ.)
16. Yudin N. S, Larkin D. M. Shared Signatures of Selection Related to Adaptation and Acclimation in Local Cattle and Sheep Breeds from Russia. *Russian Journal of Genetics*. 2019; 55 (8): 1008–1014. DOI: 10.1134/S0016675819070154. (In Russ.)
17. Ozerov M. Yu., Tapio M., Kantanen Yu. Genetic factors affection genetic variance in coarse-wool sheep. *Russian Agricultural Sciences*. 2019; 6: 40–44. DOI: 10.31857/S2500-26272019640-44. (In Russ.)
18. Zharikov Ya. A., Matyukov V. S., Kaneva L. A. Biological and productive features of sheep of different genotypes in the Arctic breeding zone. Syktyvkar: Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022. 154 p. DOI: 10.19110/89606-036. (In Russ.)
19. Tapio M., Tapio I., Grislis Z., Holm L. E., Jeppsson S., Kantanen J., Miceikiene I., Olsaker I., Viinalass H., Eythorsdottir E. Native breeds demonstrate high contributions to the molecular variation in northern European sheep. *Molecular Ecology*. 2005; 14 (13): 3951–3963. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2005.02727.x.
20. Zamani W., Ghasempouri S. M., Rezaei H. R., Hesari A. R. E., Ouhrouch A. Comparing polymorphism of 86 candidate genes putatively involved in domestication of sheep, between wild and domestic Iranian sheep. *Meta Gene*. 2018; 17 (2): 223–231. DOI: 10.1016/j.mgene.2018.06.015.
21. Animal QTLdb [Internet]. 2023 [cited 2024 March 14]; 2. Available from: <https://www.animalgenome.org/cgi-bin/QTLdb/index>.
22. Hu Zhi-Liang, Park C. A., Reecy J. M. Bringing the Animal QTLdb and CorrDB into the future: meeting new challenges and providing updated services. *Nucleic Acids Research*. 2022; 50: 956–961. DOI: 10.1093/nar/gkab1116.
23. Hu Zhi-Liang, Park C. A., Reecy J. M. Building a livestock genetic and genomic information knowledgebase through integrative developments of Animal QTLdb and CorrDB. *Nucleic Acids Research*. 2019; 47: 701–710. DOI: 10.1093/nar/gky1084.

#### Authors' information:

**Valeriy S. Matyukov**, candidate of biological sciences, leading researcher, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia; ORCID 0000-0002-3504-6864, AuthorID 856195. *E-mail: nipti38@mail.ru*

**Yakov A. Zharikov**, candidate of agricultural sciences, senior researcher, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia; ORCID-0000-0002-8644-2322, AuthorID 32082. *E-mail: zharikov.yakov@yandex.ru*

**Lidiya A. Kaneva**, head of the department of Pechora Experimental Station, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia; ORCID-0009-0007-0437-7146, AuthorID 1113746. *E-mail: lidiya\_kaneva\_1979@mail.ru*

## Ресурсы молока и молочной продукции России в условиях экспортоориентированной модели развития АПК

С. П. Воробьев<sup>1✉</sup>, В. В. Воробьева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Алтайский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы, Барнаул, Россия

<sup>2</sup> Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

✉ E-mail: servsp@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – выявить основные тенденции формирования и использования ресурсов молока и молочной продукции России, изменения объемов и структуры экспорта молока и молочной продукции, в том числе мороженого, а также оценка влияния факторов на доходы от экспорта молока и молочной продукции, мороженого. Применялись экономико-статистический, балансовый **методы исследования.** Для оценки влияния факторов на экспортные доходы был использован индексный метод и метод детерминированного факторного анализа (способ цепных подстановок). **Результаты.** Экономическая доступность молока и молочной продукции в России снижалась с учетом структурных сдвигов в производстве молока по категориям хозяйств, стабильном импорте (на уровне 16,76–17,97 % ресурсов молока и молочной продукции в 2017–2022 гг.) и увеличивающемся экспорте продукции. Объемы экспорта продукции в 2022 г. снизились как в физическом, так и в стоимостном выражении. Однако основные направления экспорта остались прежними: Казахстан, Грузия, Азербайджан, Узбекистан, Армения, Кыргызстан, Таджикистан, Беларусь. При этом экспорт увеличился в страны с большим уровнем цен на продукцию, в том числе в Китай. На рынке Китая молочная продукция из России занимала всего 0,075–0,087 % общего импорта. При этом было выявлено, что по отдельным товарным позициям Россия может конкурировать по цене на рынке Китая с его традиционным поставщиком – Новой Зеландией. В статье обозначено, что экспорт продукции молока, молочной продукции и мороженого из России может быть лишь инструментом сбыта излишков продукции, в перспективе необходимо создание условий повышения объемов производства молока, замещения импорта и повышения экономической доступности молочной продукции для населения страны. **Научная новизна** заключается в оценке влияния количественных, структурных (ассортиментных, географических) факторов на экспортные доходы России по молоку, молочной продукции и мороженому в стоимостной оценке, а также выявлении ценовых преимуществ России относительно других импортеров Китая.

**Ключевые слова:** баланс продукции, санкции, платежеспособный спрос, запасы продукции, импорт, экспорт, Китай

**Для цитирования:** Воробьев С. П., Воробьева В. В. Ресурсы молока и молочной продукции России в условиях экспортоориентированной модели развития АПК // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 522–530. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-522-530>.

**Благодарности.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (номер проекта 24-28-20309) «Мониторинг эффективности воспроизводственных процессов регионального сельского хозяйства в условиях трансформации его территориально-отраслевой структуры, холдингизации аграрного производства, государственного регулирования продовольственных рынков и экспортной деятельности субъектов АПК».

**Дата поступления статьи:** 06.01.24, **дата рецензирования:** 25.01.2024, **дата принятия:** 16.02.2024.

# The resources of milk and dairy products in Russia in the context of an export-oriented model of agricultural development

S. P. Vorobyev<sup>1</sup>✉, V. V. Vorobyeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Altai branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration, Barnaul, Russia

<sup>2</sup> Altai State University, Barnaul, Russia

✉ E-mail: servsp@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the study is to identify the main trends in the formation and use of the resources of milk and dairy products in Russia, changes in the volume and structure of exports of milk and dairy products, including ice cream, as well as to assess the impact of factors on income from exports of milk and dairy products, ice cream. Economic-statistical and balance-sheet **research methods** were used. To assess the impact of factors on export revenues, the index method and the method of deterministic factor analysis (the method of chain substitutions) were used. **Results.** The economic availability of milk and dairy products is decreasing, taking into account structural shifts in milk production by category of farms, stable imports (at the level of 16.76–17.97 % of the formed milk and dairy products resources in 2017–2022) and increasing exports of products. The volume of exports of products in 2022 decreased both in physical and value terms. However, the main export directions remained the same – Kazakhstan, Georgia, Azerbaijan, Uzbekistan, Armenia, Kyrgyzstan, Tajikistan, Belarus. At the same time, exports increased to countries with high product prices, including China. In the Chinese market, dairy products from Russia account for only 0.075–0.087 % of total imports. At the same time, it was revealed that for certain commodity items, Russia can compete in price in the Chinese market with its traditional supplier, New Zealand. The article indicates that the export of milk products, dairy products and ice cream from Russia can only be a tool for selling surplus products, in the future it is necessary to create conditions for increasing milk production, replacing imports and increasing the economic accessibility of dairy products for the population of the country. **The scientific novelty** lies in assessing the impact of quantitative, structural (assortment, geographical) factors on Russia's export revenues for milk, dairy products and ice cream in value estimation, as well as identifying Russia's price advantages relative to other importers of China.

**Keywords:** product balance, sanctions, effective demand, product stocks, import, export, China

**For citation:** Vorobyev S. P., Vorobyeva V. V. The resources of milk and dairy products in Russia in the context of an export-oriented model of agricultural development. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 522–530. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-522-530>. (In Russ.)

**Acknowledgments.** The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation (project number 24-28-20309) “Monitoring the efficiency of reproductive processes in regional agriculture in the context of transformation of its territorial and sectoral structure, holdingization of agricultural production, state regulation of food markets and export activities of agricultural entities.”

**Date of paper submission:** 06.01.24, **date of review:** 25.01.2024, **date of acceptance:** 16.02.2024.

## Постановка проблемы (Introduction)

В последние годы Россия за счет увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции достигла продовольственной безопасности по основным товарным позициям, однако экономическая доступность отдельных видов продовольствия, в том числе молока и молочных продуктов, в силу различных причин не позволяет обеспечить питание населения в соответствии с оптимальными медицинскими нормами. В условиях увеличения объемов производства в сельском хозяйстве, трансформации мировых аграрных рынков при санкци-

онных ограничениях ряда западных стран к России необходимы исследования, направленные на выявление основных тенденций продовольственного обеспечения населения России и ее регионов, эффективного функционирования АПК и обеспечения развития экспортной деятельности его субъектов.

Цель исследования – выявить основные тенденции формирования и использования ресурсов молока и молочной продукции России, изменения объемов и структуры экспорта молока и молочной продукции, в том числе мороженого, а также оценить влияние факторов на доходы от экспорта молока и молочной продукции, мороженого.



**Методология и методы исследования (Methods)**

Основной метод исследований – экономико-статистический, в частности способы сравнения (при выявлении основных тенденций рядов динамики по основным элементам баланса молока и молочной продукции в России, в том числе экспорта, покупательной способности среднедушевых доходов населения России, доходов от экспорта молочной продукции по странам-импортерам и т. д.), индексный (при выявлении влияния факторов на доходы российских экономических субъектов от экспорта молока и молочной продукции, мороженого). Дополнительно был использован балансовый метод при расчете отсутствующих за 2022 г. сведений по объемам экспорта молока и молочной продукции в перерасчете на молоко. Информационной базой аналитической части исследований послужили статистические сведения Росстата (в частности, сведения о ресурсах и использовании молока и молокопродуктов в России за 1990–2021 гг., объемах производства молока в хозяйствах всех категорий за 2022 г., поголовье коров и надое молока на 1 корову в 1990–2022 гг., покупательной способности среднедушевых денежных доходов населения России за 2010–2022 гг.) [1], базы статистических данных торговой статистики для развития международного бизнеса Trade MAP (в частности, сведения об экспорте молока и молочной продукции из России по странам-импортерам за 2022 г. в натуральном и стоимостном выражении, сведения об импорте молока и молочной продукции в Китае по странам-экспортерам) [2]. При этом сведения об экспорте молока и молочной продукции из России по странам-импортерам за 2022 г. в натуральном и стоимостном выражении были получены путем зеркализации, т. е. на основе сведений не ФТС России, а таможенных служб стран-экспортеров. Сопоставление доступных сведений об экспорте молока и молочной продукции из России за 2015–2021 гг. и сведений таможенных служб стран-импортеров выявило отклонения как в физическом, так и в стоимостном выражении, что определено методологическими, техническими особенностями таможенного учета различных стран, а иногда – умышленным искажением сведений. О подобных «зеркальных» расхождениях таможенных данных различных стран в 2020 г. достаточно подробно дал комментарий Банк России, отметив, что в отдельные периоды величина и значимость отклонений могут быть различны [3]. Проведенное нами сопоставление «зеркальных» сведений импорта из России по данным Trade MAP и сведений ФТС России по доступным сведениям за 2015–2021 гг. выявило их высокую корреляцию/сопоставимость по товарным позициям 0401 («несладкие» не сгущенные молоко и сливки), 0402 (сгущенные и/или «сладкие» молоко, сливки), 0403 (пахта, свернувшиеся молоко и сливки, йогурт, ке-

фир и прочие ферментированные или сквашенные молоко и сливки), 0404 (молочная сыворотка; продукты из натуральных компонентов молока), 0405 (сливочное масло и прочие жиры и масла, изготовленные из молока; молочные пасты), 0406 (сыры и творог) группы 04 ТСНВ, а также 2105 (мороженое и прочие виды пищевого льда): коэффициент корреляции по физическому весу отдельных товарных групп варьировал от 0,993 до 0,998, по стоимостным показателям от 0,992 до 0,999, что позволяет использовать сведения Trade MAP для проведения статистического анализа. Вместе с тем в случае публикации сведений ФТС России о физическом и стоимостном выражении экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия за 2022 г. и последующие периоды авторами предполагается уточнение полученных результатов для обеспечения сопоставимости в динамике с полученными ранее результатами исследований различных ученых.

Индексный анализ доходов от экспорта молока и молочной продукции ( $I_{TR}$ ) с учетом изменения количества ( $I_Q$ ), структуры продаж по товарным позициям ( $I_{стр.сдв(асс)}$ ) и цен по товарным позициям ( $I_{P_{ассорт}}$ ) был проведен по методике:

$$I_{TR} = I_Q \cdot I_{стр.сдв(асс)} \cdot I_{P_{ассорт}} \quad (1)$$

Индексный анализ доходов от экспорта молока и молочной продукции ( $I_{TR}$ ) с учетом изменения количества ( $I_Q$ ), географической структуры продаж по странам-импортерам ( $I_{стр.сдв(геогр)}$ ) и цен по странам ( $I_{P_{геогр}}$ ) был проведен по методике:

$$I_{TR} = I_Q \cdot I_{стр.сдв(геогр)} \cdot I_{P_{геогр}} \quad (2)$$

О необходимости исследования доходов от экспортной деятельности с учетом изменения товарной структуры и трансформации структуры поставок по странам-импортерам свидетельствуют результаты, полученные О. А. Елиной и В. И. Брутер [4, с. 5], Д. С. Лебедева [5, с. 78], Н. М. Светлова с соавторами [6, с. 8]. Многие авторы констатировали длительное преобладание в экспорте продукции АПК и рыбного хозяйства товаров-сырья или товаров низкого передела, что не отвечало стратегическим целям и задачам развития агропромышленной экономики России [7, с. 152], но отражало краткосрочные спекулятивные интересы отдельных ее участников (производители, трейдеры) в периоды высоких цен на мировых аграрных рынках [8, с. 44], в частности, на рынке зерна и семян масличных культур [9, с. 33]. Следует согласиться с мнением К. В. Чепелевой о том, что сырьевая направленность экспорта приводила к «... ослаблению конкурентоспособности отечественной пищевой и перерабатывающей промышленности, к замедлению темпов экономического роста АПК» [10, с. 15], а также с А. И. Алтуховым, Е. И. Семеновым [11, с. 3], С. В. Соркиным [12, с. 33] о том, что

усиление государственного регулирования экспортной деятельности в АПК путем установления плавающих пошлин и квот имеет как положительные, так и отрицательные (неэффективность кратко- и долгосрочного планирования, снижение цен на внутреннем рынке сельскохозяйственной продукции при усилившемся диспаритете цен в системе АПК) последствия для стабильности функционирования продовольственных рынков в России, обеспечения физической и экономической доступности продовольствия в стране и ее регионах. Одним из основных положительных аспектов тарифного регули-

рования экспорта является повышение мотивации крупных игроков рынка в экспорте не сырья, а продукции с более высокой добавленной стоимостью, например, растительных масел. Многие авторы отмечают высокую дифференциацию стран мира по обеспеченности молоком и молочной продукцией, в том числе в странах с низкими денежными доходами населения [13], на фоне увеличения объемов потребления растительных аналогов молока [14] и усиления конкуренции стран, в том числе в составе ЕС, на мировом рынке молока и молочной продукции [15].

Таблица 1  
Импорт и экспорт молока и молочной продукции в России в 1990–2022 гг., тыс. т

Годы	Ресурсы	Ввоз, в т. ч. импорт		Экспорт		Чистый экспорт	
		Всего	% к ресурсам	Всего	% к ресурсам		
В среднем	1990–1995	55 622,2	5 912,0	10,63	317,0	0,57	–5595,0
	1996–2001	39 936,2	5 014,0	12,56	395,3	0,99	–4618,7
	2002–2007	40 137,3	6 408,7	15,97	504,6	1,26	–5904,1
	2008–2013	41 416,9	8 069,1	19,48	580,0	1,40	–7489,1
2014	41 134,8	9 157,9	22,26	628,9	1,53	–8529,0	
2015	39 959,2	7 951,3	19,90	606,0	1,52	–7345,3	
2016	39 313,6	7 578,6	19,28	644,8	1,64	–6933,8	
2017	38 927,9	6 996,9	17,97	607,6	1,56	–6389,3	
2018	38 743,0	6 493,0	16,76	576,3	1,49	–5916,7	
2019	39 768,3	6 727,8	16,92	611,0	1,54	–6116,8	
2020	41 068,4	7 044,4	17,15	707,2	1,72	–6337,2	
2021	41 241,8	6 889,5	16,71	806,2	1,95	–6083,3	
2022	41 157,8*	6 090,3**	14,80	800,0**	1,94	–5290,3	

\* Расчеты авторов на основе остатков молока и молочной продукции в России на конец 2021 г. [1], объемов производства молока во всех категориях сельскохозяйственных товаропроизводителей за 2022 г. [1], сведений Минсельхоза РФ об экспорте молока и молочной продукции [16].

\*\* Приведено на основе сведений Минсельхоза РФ об импорте и экспорте молока и молочной продукции [16].

Table 1  
Import and export of milk and dairy products in Russia in 1990–2022, thousand tons

Years	Resources	Import		Export		Net exports	
		In total	% of resources	In total	% of resources		
On average	1990–1995	55 622.2	5 912.0	10.63	317.0	0.57	–5595.0
	1996–2001	39 936.2	5 014.0	12.56	395.3	0.99	–4618.7
	2002–2007	40 137.3	6 408.7	15.97	504.6	1.26	–5904.1
	2008–2013	41 416.9	8 069.1	19.48	580.0	1.40	–7489.1
2014	41134.8	9 157.9	22.26	628.9	1.53	–8529.0	
2015	39959.2	7 951.3	19.90	606.0	1.52	–7345.3	
2016	39313.6	7 578.6	19.28	644.8	1.64	–6933.8	
2017	38927.9	6 996.9	17.97	607.6	1.56	–6389.3	
2018	38743.0	6 493.0	16.76	576.3	1.49	–5916.7	
2019	39768.3	6 727.8	16.92	611.0	1.54	–6116.8	
2020	41068.4	7 044.4	17.15	707.2	1.72	–6337.2	
2021	41241.8	6 889.5	16.71	806.2	1.95	–6083.3	
2022	41157.8*	6 090.3**	14.80	800.0**	1.94	–5290.3	

\* The author's calculation is based on the remains of milk and dairy products in Russia at the end of 2021 [1], milk production volumes in all categories of agricultural producers for 2022 [1], information from the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the export of milk and dairy products [16].

\*\* Based on information from the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the import and export of milk and dairy products [16].

Таблица 2

Покупательная способность среднедушевых доходов населения России, кг (л) / месяц

Годы	Масло сливочное, кг	Творог, кг (жирный/нежирный)	Молоко питьевое цельное 2,5–3,2 % жирности, л (пастеризованное/стерилизованное)	Сыры сычужные твердые и мягкие, кг
2010	89,1	124,5/139,0	654,7/484,3	77,7
2011	83,4	119,8/132,2	653,5/468,9	78,1
2012	91,4	128,9/140,5	708,2/512,2	86,2
2013	92,8	132,7/143,4	726,6/536,9	88,8
2014	81,0	119,1/125,1	657,1/482,4	78,1
2015	78,1	114,0/120,3	653,3/482,0	72,8
2016	73,1	109,3/115,3	632,0/463,1	70,9
2017	62,0	105,2/110,8	608,2/439,2	67,3
2018	61,8	106,3/114,1	628,4/451,0	68,5
2019	60,5	107,6/115,5	630,6/458,8	66,7
2020	57,5	104,4/114,3	614,6/456,0	62,6
2021	60,5	110,2/122,8	663,4/490,4	65,8
2022	54,9	110,5	628,6/467,6	61,2

Экономика

Table 2

Purchasing power of the average per capita income of the Russian population, kg (l) / month

Years	Butter, kg	Cottage cheese, kg (fat/low-fat)	Whole drinking milk 2.5–3.2% fat content, liters (pasteurized / sterilized)	Rennet cheeses, hard and soft, kg
2010	89.1	124.5/139.0	654.7/484.3	77.7
2011	83.4	119.8/132.2	653.5/468.9	78.1
2012	91.4	128.9/140.5	708.2/512.2	86.2
2013	92.8	132.7/143.4	726.6/536.9	88.8
2014	81.0	119.1/125.1	657.1/482.4	78.1
2015	78.1	114.0/120.3	653.3/482.0	72.8
2016	73.1	109.3/115.3	632.0/463.1	70.9
2017	62.0	105.2/110.8	608.2/439.2	67.3
2018	61.8	106.3/114.1	628.4/451.0	68.5
2019	60.5	107.6/115.5	630.6/458.8	66.7
2020	57.5	104.4/114.3	614.6/456.0	62.6
2021	60.5	110.2/122.8	663.4/490.4	65.8
2022	54.9	110.5	628.6/467.6	61.2

Результаты (Results)

При формировании ресурсов молока и молочной продукции в России на протяжении 1990–2022 гг. наблюдалось явное превышение импорта над экспортом: импорт формировал 10,63–12,56 % ресурсов молока в 1990–2001 гг., 15,97 % – в 2002–2007 гг., 19,27–22,26% – в 2008–2016 гг., 16,76–17,97% – в 2017–2022 гг. На фоне достаточно высоких показателей зависимости рынка молока от импортных поставок в стране наблюдалось и увеличение экспорта с 504,6–580,0 тыс. т в 2002–2013 гг. до 800,0–806,2 тыс. т в 2021–2022 гг. (таблица 1).

Несмотря на продолжающийся тренд увеличения продуктивности коров в сельскохозяйственных предприятиях России, которая в 2014 г. впервые за период с 1990 г. превысила 4000 кг/гол и к 2022 г. увеличилась на 53,69 %, составив 7440 кг/гол (в хозяйствах населения и крестьянских (фермерских) хозяйствах надой на 1 корову за 2014–2022 гг. также увеличился, но более низкими темпами: прирост по

хозяйствам населения составил всего 2,03 %, в крестьянских (фермерских) хозяйствах – 15,62 %), увеличению валового надоя молока в стране препятствует снижение поголовья в сельскохозяйственных организациях и хозяйствах населения, в которых на 1 января 2023 г. содержалось 81,06 % всего поголовья коров. При достижении предельной продуктивности коров в крупнотоварном производстве и продолжении снижения общего поголовья коров можно будет прогнозировать резкое снижение объемов производства молока в России в ближайшие годы. Строительство крупными агрохолдингами современных ферм по производству молока, которое наблюдается в различных регионах страны, лишь временно сгладит негативный тренд снижения обеспеченности населения молоком отечественного производства. С учетом существенности инвестиций в строительство современных ферм вряд ли следует ожидать повышения экономической доступности молока и молочной продукции в целом

по России, поскольку темпы роста цен на продукцию в розничной торговле превышают темпы роста номинальных среднедушевых доходов населения страны: если в 2010–2014 гг. покупательная способность среднедушевых доходов населения России составляла 81,0–92,8 кг/месяц по сливочному маслу, то в 2022 г. – всего 54,9 кг/месяц; по жирному творогу снижение с 119,1–132,7 кг/месяц до 110,5 кг/месяц; по нежирному творогу – с 125,1–143,4 кг/месяц до 110,5 кг/месяц; сычужным сырам – с 77,7–88,8 кг/месяц до 61,2 кг/месяц (таблица 2).

В 2022 г. на фоне снижения покупательной способности среднедушевых доходов населения России по молоку и молочной продукции, осложнения внешнеполитической ситуации и ограниченных экспортных возможностях (даже при том, что девальвация национальной валюты относительно других валют делала экспорт продукции привлекательным для экспортоориентированных товаропроизводителей) в стране началось увеличение запасов молочной продукции на складах: к концу 2022 г. запасы сыров на 31,0 % превышали среднегодовые

запасы за 2017–2021 гг., по мороженому превышение составляло 29,0 %, сливочному маслу – 32,0 %, сливкам – 70,0 %, сухому обезжиренному молоку – 60,0 %, сухой сыворотке – 156,0 % (в 2,56 раза) [16]. Экспорт молочной продукции и мороженого России в физическом выражении снизился за 2021–2022 гг. с 246,3 тыс. т до 147,9 тыс. т, или на 39,96 %, в стоимостном выражении – на 14,42 %.

При этом «традиционный» рынок остался неизменным: в Казахстан, Грузию, Азербайджан, Узбекистан, Армению, Кыргызстан, Таджикистан, Беларусь (на которые в 2021 г. приходилось 56,65 % всего экспорта молока, молочной продукции и мороженого в физическом выражении (139,5 млн т)) в 2022 г. было экспортировано 131,5 млн т продукции (88,96 % всего объема экспорта в физическом выражении и 87,93 % – в стоимостном). Резко в 2022 г. по сравнению с 2021 г. был снижен экспорт продукции в Молдову – с 1975 тыс. т до 1021 тыс. т (–48,30 %), США – с 9062 тыс. т до 2691 тыс. т (–70,30 %), Монголию – с 5345 тыс. т до 4729 тыс. т (–11,52 %).

Изменение доходов от продажи продукции: –60 804 тыс. долл. (индекс товарооборота 0,8558)					
Ассортиментные сдвиги			Географические (пострановые) сдвиги		
Изменение объема продаж: –168 549 тыс. долл. (индекс объема продаж 0,6004)	Изменение структуры продаж (ассортимента) по группам товаров: +1626 тыс. долл. (индекс структурных сдвигов по ассортименту 1,0064)	Изменение цен: +106 118 тыс. долл. (индекс цен по ассортименту 1,4164)	Изменение объема продаж: –168 549 тыс. долл. (индекс объема продаж 0,6004)	Изменение структуры продаж по странам (географии): +11 565 тыс. долл. (индекс географических структурных сдвигов 1,04574)	Изменение цен: +96 180 тыс. долл. (индекс цен по странам 1,3632)

Рис. 1. Декомпозиция факторов, определяющих экспортные доходы России от экспорта молока, молочной продукции, мороженого

Change in income from the sale of products: –60 804 thousand dollars (turnover index 0.8558)					
Assortment shifts			Geographical (country-by-country) shifts		
Change in sales volume: –168 549 thousand dollars (sales volume index 0.6004)	Change in the structure of sales by product groups: +1626 thousand dollars (index of structural shifts in the assortment of 1.0064)	Price change: +106 118 thousand dollars (assortment price index 1.4164)	Change in sales volume: –168 549 thousand dollars (sales volume index 0.6004)	Change in the structure of sales by country (geography): +11 565 thousand dollars (index of geographical structural shifts 1.04574)	Price change: +96 180 thousand dollars (country price index 1.3632)

Fig. 1. Decomposition of factors determining Russia's export revenues from exports of milk, dairy products, and ice cream



Таблица 3

Экспорт молочной продукции и мороженого в России

Годы		Экспорт молочной продукции и мороженого						Удельный вес продукции из России в импорте Китая, %	
		Тонн			Тыс. долл.			Тонн	Тыс. долл.
		Всего	в т. ч. в Китай		Всего	в т. ч. в Китай			
Всего	% к итогу		Всего	% к итогу		Тонн	Тыс. долл.		
В среднем	2003–2008	121 369	79	0,07	181 058	103	0,06	0,024	0,018
	2009–2014	124 377	69	0,06	239 749	235	0,10	0,006	0,007
	2015	164 827	193	0,12	221 859	729	0,33	0,012	0,022
	2016	196 569	753	0,38	238 576	2 424	1,02	0,039	0,071
	2017	165 026	619	0,38	272 524	2 742	1,01	0,028	0,056
	2018	173 399	795	0,46	256 374	3 107	1,21	0,034	0,058
	2019	227 508	1 006	0,44	279 170	3 148	1,13	0,038	0,052
	2020	207 009	1 548	0,75	317 718	5 900	1,86	0,052	0,087
	2021	246 287	3 230	1,31	421 760	7 779	1,84	0,089	0,085
	2022	147 863	3 509	2,37	360 956	6 653	1,84	0,118	0,075

Экономика

Table 3

Export of dairy products and ice cream in Russia

Years		Export of dairy products and ice cream						The share of products from Russia in China's imports, %	
		Tons			Thousands of dollars			Tons	Thousands of dollars
		In total	Including to China		In total	Including to China			
In total	% of the total		In total	% of the total		Tons	Thousands of dollars		
On average	2003–2008	121 369	79	0.07	181 058	103	0.06	0.024	0.018
	2009–2014	124 377	69	0.06	239 749	235	0.10	0.006	0.007
	2015	164 827	193	0.12	221 859	729	0.33	0.012	0.022
	2016	196 569	753	0.38	238 576	2 424	1.02	0.039	0.071
	2017	165 026	619	0.38	272 524	2 742	1.01	0.028	0.056
	2018	173 399	795	0.46	256 374	3 107	1.21	0.034	0.058
	2019	227 508	1 006	0.44	279 170	3 148	1.13	0.038	0.052
	2020	207 009	1 548	0.75	317 718	5 900	1.86	0.052	0.087
	2021	246 287	3 230	1.31	421 760	7 779	1.84	0.089	0.085
	2022	147 863	3 509	2.37	360 956	6 653	1.84	0.118	0.075

Снижение экспорта молока, молочной продукции и мороженого из России за 2021–2022 гг. привело к снижению экспортной выручки на 168,5 млн долл., что было частично компенсировано ростом средневзвешенных цен (+106,1 млн долл.) и несущественным изменением структуры экспорта продукции по товарным группам (+1,6 млн долл.). Факторный анализ географических сдвигов экспорта позволил выявить, что экспорт увеличился в страны с большим уровнем цен на продукцию (+11,6 млн долл.), поскольку средневзвешенные цены по анализируемым товарным группам в разрезе стран-импортеров в среднем повысились на 36,32 % (рис. 1).

Китай, на долю которого приходилось всего 1,31 % экспорта молока, молочной продукции, мороженого из России в 2021 г. и 2,37 % в 2022 г., является привлекательным для России по емкости рынка, но не по ценам, поскольку в 2022 г. цены

в Китай по «несладким» не сгущенным молоку и сливкам были на 28,58 % ниже средневзвешенных цен экспорта, на 35,75 % – по молочной сыворотке, на 6,85 % – по сырам и творогу. Цены экспортной продукции в Китай в 2022 г. были выше средних лишь по «сладким» не сгущенным молоку и сливкам (в 1,36 раза) и по мороженому – на 26,06 % (таблица 3).

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Удельный вес России в формировании импортных поставок молока, молочной продукции, мороженого в Китай был несущественным: в 2020–2022 гг. доля России в импорте по анализируемым группам товаров в среднем не превышала 0,075–0,087%, наиболее весома была доля только мороженого – 0,78 % в 2022 г. Однако ценовая привлекательность импортной российской молочной продукции для Китая очевидна: цены на «несладкие» не сгущенные молоко и сливки из России были

ниже средних цен импорта в Китай на 44,55 %, а по сравнению с ценами Новой Зеландии (лидер-импортер, доля в импорте Китая – 33,26 %) – на 60,74 %; молочная сыворотка из России была дешевле, чем в среднем, на 47,33 %, а по сравнению с ценами США (лидер-импортер, доля в импорте Китая – 50,98 %) – на 13,99 %, с ценами Франции и Германии (импортеры, занимающие II и III место по доле в импорте (12,61 %)) – на 63,29 и 66,91 %. При этом не стоит в перспективе ожидать существенных изменений по ценам «сладких» молока и сливок, экспортируемых из России в Китай, а также мороженого, поскольку цены на них в 2022 г. были существенно выше средних импортных цен (на 53,71 % и 8,52 % соответственно).

Таким образом, анализ динамики формирования баланса молока и молочной продукции в России за 1990–2022 гг. позволил выявить следующие противоречия: высокая доля импорта в ресурсах молока и молочной продукции на фоне увеличения экспорта продукции; снижение среднедушевого потребления молока и молочной продукции на фоне роста цен на продукцию и увеличения запасов на складах товаропроизводителей (не позволяет обеспечить положительный эффект масштаба при увеличении объемов производства продукции); строительство

крупных молочных ферм агрохолдингами при снижении заинтересованности малых форм хозяйствования и сельскохозяйственных предприятий с небольшим поголовьем коров в развитии молочного скотоводства; резервы повышения экспортных доходов от продажи молока и молочной продукции на емком рынке Китая нивелируются девальвацией национальной валюты в России и повышением цен на импортную продукцию для потребителей, сырье и оборудование для производителей.

Обозначенные противоречия в перспективе будут определять эффективность молочного скотоводства, перерабатывающей промышленности, функционирования продовольственного рынка России. Ожидать существенного увеличения экспорта молока и молочной продукции из России в ближайшие годы не стоит, данное направление следует воспринимать лишь как инструмент снижения давления запасов на ценовую конъюнктуру внутреннего рынка продукции в России, а в условиях изменения потребительского спроса внутри страны – как источник замещения импортной продукции и повышения экономической доступности молока и молочной продукции для населения страны.

#### Библиографический список

1. Официальная статистика [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> (дата обращения: 30.12.2023).
2. Торговая статистика для развития международного бизнеса [Электронный ресурс] // International Trade Center Trade Map (ITC Trade Map). URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (дата обращения: 30.12.2023).
3. Комментарий к сравнительным таблицам данных внешней торговли товарами при зеркальном сопоставлении [Электронный ресурс] // Банк России. URL: [https://cbr.ru/statistics/macro\\_itm/svs/mirror/](https://cbr.ru/statistics/macro_itm/svs/mirror/) (дата обращения: 30.12.2023).
4. Елина О. А., Брутер В. И. Концепция опережающего развития экспорта продукции агропромышленного комплекса России до 2024 года. Москва: ИНФРА-М, 2023. 213 с.
5. Лебедев Д. С. Институциональная трансформация социально-экономических систем: теория, методология анализа, практика применения во внешней торговле России. Москва: Проспект, 2021. 192 с.
6. Светлов Н. М., Терновский Д. С., Узун В. Я., Шагайда Н. И., Шишкина Е. А. Влияние экспорта на сельхозпроизводителей и потребителей в России: монография. Москва: Дело, 2020. 76 с.
7. Узун В. Я., Шагайда Н. И., Гатаулина Е. А., Шишкина Е. А. Холдингизация агробизнеса России. Москва: Дело, 2022. 344 с.
8. Конкина В. С. Молочный рынок в контексте формирования агропродовольственной политики // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2022. № 4. С. 44–51.
9. Карташова В. Россия – в числе ведущих производителей молока // Животноводство России. 2023. № 9. С. 32–35.
10. Чепелева К. В. Совершенствование стратегического планирования экспорта продукции АПК в России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 5. С. 14–23.
11. Алтухов А. И., Семенова Е. И. К вопросу определения экспортных пошлин на российское зерно // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 2. С. 2–7.
12. Соркин С. В. Основные тенденции современного состояния международной торговли молоком и молочной продукцией // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика. Социология. Биология. 2023. Т. 13, № 3. С. 32–41.
13. Headey D. D., Alderman H., Hoddinott J., Narayanan S. The glass of milk half-empty? Dairy development and nutrition in low and middle income countries // Food Policy. 2024. Vol. 122. Article number 102585.
14. Pingali P., Boiteau J., Choudhry A., Hall A. Making meat and milk from plants: A review of plant-based food for human and planetary health // World Development. 2023. Vol. 170. Article number 106316.

15. Bojnec Š., Fertő I. Export competitiveness of dairy products on global markets: The case of the European Union countries // *Journal of Dairy Science*. 2014. Vol. 97. Pp. 6151–6163.

16. Развитие молочной индустрии России: итоги 2022 года и прогноз на 2023 год [Электронный ресурс] // Национальный союз производителей молока. URL: [https://veterinary.lenobl.ru/media/news/docs/55995/Итоги\\_развития\\_молочной\\_отрасли.\\_Прогноз\\_2023.pdf](https://veterinary.lenobl.ru/media/news/docs/55995/Итоги_развития_молочной_отрасли._Прогноз_2023.pdf) (дата обращения: 30.12.2023).

**Об авторах:**

**Сергей Петрович Воробьев**, кандидат экономических наук, доцент, ORCID 0000-0001-8504-7622, AuthorID 632074; Алтайский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы, Барнаул, Россия. *E-mail: servsp@mail.ru*

**Виктория Владимировна Воробьева**, кандидат экономических наук, доцент, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия; ORCID 0000-0003-2999-1453, AuthorID 659597. *E-mail: vvtoria@mail.ru*

**References**

1. Official statistics. *Federal State Statistics Service* [Internet]. 2024 [cited 2023 Dec 30]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705>. (In Russ.)

2. Trade statistics for international business development. *International Trade Center Trade Map* [Internet]. 2024 [cited 2023 Dec 30]. Available from: <https://www.trademap.org/Index.aspx>.

3. Commentary on comparative tables of data on foreign trade in goods in case of mirror comparison. *Bank Ros-sii* [Internet]. 2024 [cited 2023 Dec 30]. Available from: [https://cbr.ru/statistics/macro\\_itm/svs/mirror](https://cbr.ru/statistics/macro_itm/svs/mirror). (In Russ.)

4. Elina O. A., Bruter V. I. *The concept of advanced development of exports of products of the agro-industrial complex of Russia until 2024*. Moscow: INFRA-M, 2023. 213 p. (In Russ.)

5. Lebedev D. S. *Institutional transformation of socio-economic systems: theory, methodology of analysis, practice of application in Russian foreign trade*. Moscow: Prospekt, 2021. 192 p. (In Russ.)

6. Svetlov N. M., Ternovskiy D. S., Uzun V. Ya., Shagayda N. I., Shishkina E. A. *The impact of exports on agricultural producers and consumers in Russia*. Moscow: Delo, 2020. 76 p. (In Russ.)

7. Uzun V. Ya., Shagayda N. I., Gataulina E. A., Shishkina E. A. *Holding of Russian agribusiness*. Moscow: Delo, 2022. 344 p. (In Russ.)

8. Konkina V. S. Dairy market in the context of the formation of agri-food. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2022; 4: 44–51. (In Russ.)

9. Kartashova V. Russia is among the leading milk producers. *Animal husbandry in Russia*. 2023; 9: 32–35. (In Russ.)

10. Chepeleva K.V. Improvement of strategic planning of export of AIC products in Russia. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2023; 5: 14–23. (In Russ.)

11. Altuhov A. I., Semenova E. I. On the issue of determining export duties on Russian grain. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022; 2: 2–7. (In Russ.)

12. Sorkin S. V. Main Trends of the current state of international trade in milk and dairy products. *Vestnik Grodnenskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Yanki Kupaly. Seriya 5. Ekonomika. Sociologiya. Biologiya*. 2023; 13-3: 32–41. (In Russ.)

13. Headey D. D., Alderman H., Hoddinott J., Narayanan S. The glass of milk half-empty? Dairy development and nutrition in low and middle income countries. *Food Policy*. 2024; 122: 102585.

14. Pingali P., Boiteau J., Choudhry A., Hall A. Making meat and milk from plants: A review of plant-based food for human and planetary health. *World Development*. 2023; 170: 106316.

15. Bojnec Š., Fertő I. Export competitiveness of dairy products on global markets: The case of the European Union countries. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97: 6151–6163.

16. Development of the Russian dairy industry: results of 2022 and forecast for 2023. *Nacional'nyj soyuz proiz-voditelej moloka* [Internet]. 2024 [cited 2023 Dec 30]. Available from: [https://veterinary.lenobl.ru/media/news/docs/55995/Itogi\\_razvitiya\\_molochnoi\\_otrasli.\\_Prognoz\\_2023.pdf](https://veterinary.lenobl.ru/media/news/docs/55995/Itogi_razvitiya_molochnoi_otrasli._Prognoz_2023.pdf). (In Russ.)

**Authors' information:**

**Sergey P. Vorobyev**, candidate of technical sciences, associate professor, Altai branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration, Barnaul, Russia; ORCID 0000-0001-8504-7622, Author ID 632074. *E-mail: servsp@mail.ru*

**Viktoriya V. Vorobyeva**, candidate of technical sciences, associate professor, Altai State University, Barnaul, Russia; ORCID 0000-0003-2999-1453, Author ID 659597. *E-mail: vvtoria@mail.ru*

## Факторы конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке и перспективы развития зернового хозяйства в контексте наращивания экспортного потенциала

Д. А. Зюкин✉

Курский государственный аграрный университет им. И. И. Иванова, Курск, Россия

✉E-mail: [nightingale46@rambler.ru](mailto:nightingale46@rambler.ru)

**Аннотация.** В статье проводится анализ внутренних и экспортных цен на зерно в России, а также анализ мировых цен среди топ-7 лидеров по объемам поставок пшеницы в период 2017–2021 гг. **Целью** исследования является изучение внутренних факторов конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке для поиска возможностей повышения экспортного потенциала России как элемента санации отечественного зернового рынка и стимула увеличения объема производства зерновых культур. **Методология и методы.** Автором проводятся исследование изменения объемов экспорта в сопоставлении с валовыми сборами зерна, анализ соотношения экспортных цен для стран дальнего зарубежья и СНГ в сравнении с фактическими внутренними ценами, дается сопоставление по ценам среди крупнейших зернопроизводящих регионов. **Результаты.** В статье отражено, что цена является важным фактором конкурентоспособности российского экспорта зерна, обеспечивая его доступность в странах с ограниченными экономическими возможностями. Отмечается, что в изучаемом периоде внутренние цены эластично растут по уровню мировых, что ограничивает маржу на экспорт зерна из регионов, удаленных от портов, однако рост цен создает стимулы для производителей зерна наращивать урожаи зерновых, в том числе через увеличение интенсификации. Для дальнейшего повышения экспортного потенциала в статье рекомендуется конкретизировать механизмы зернового демпфера в сторону увеличения адресной поддержки прямых производителей зерна и создавать условия для снижения транзакционных издержек как способа обеспечения конкурентоспособной цены российского зерна на мировом рынке. **Научная новизна** заключается в позиционировании цены как основополагающего фактора конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке, что формирует высокий экспортный потенциал и позволяет использовать его как инструмент санации внутреннего зернового рынка, обеспечивающий благоприятную ценовую конъюнктуру и эффективность зерносеющим организациям и стимулирующий наращивание урожаев зерновых культур в регионах России.

**Ключевые слова:** экспорт зерновых культур, санирование зернового рынка, конкурентоспособность, государственное регулирование, развитие зернового хозяйства, эффективность

**Для цитирования:** Зюкин Д. А. Факторы конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке и перспективы развития зернового хозяйства в контексте наращивания экспортного потенциала // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 531–541. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-531-541>.

**Дата поступления статьи:** 24.11.2023, **дата рецензирования:** 21.01.2024, **дата принятия:** 16.02.2024.



# Factors of competitiveness of Russian grain on the world market and prospects for the development of grain farming in the context of increasing export potential

D. A. Zyukin<sup>✉</sup>

Kursk State Agrarian University named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: [nightingale46@rambler.ru](mailto:nightingale46@rambler.ru)

**Abstract.** The article analyzes the domestic and export prices for grain in Russia, as well as the analysis of world prices among the top-7 leaders in terms of wheat supplies in the period from 2017 to 2021. **The purpose** of the study is to study the internal factors of the competitiveness of Russian grain on the world market and search for opportunities to increase the export potential of Russia as an element of the rehabilitation of domestic grain market and incentive to increase the volume of grain production. **Methodology and methods.** The author conducts a study of changes in export volumes in comparison with gross grain collections, analyzes the ratio of export prices for non-CIS countries and CIS countries in comparison with actual domestic prices, provides a comparison of prices among the largest grain-producing regions. **Results.** The article notes that price is an important factor in the competitiveness of Russian grain exports, ensuring its availability in countries with limited economic opportunities. It is noted that in the period under study, domestic prices are growing elastically at the level of world prices, which limits the margin for grain exports from regions remote from ports, however, price increases create incentives for grain producers to increase grain yields, including through increased intensification. To further increase the export potential, the article recommends specifying the mechanisms of the grain damper in the direction of increasing targeted support for direct grain producers and creating conditions for reducing transaction costs as a way to ensure a competitive price of Russian grain on the world market. **The scientific novelty** it consists in the positioning of the price as a fundamental factor of the competitiveness of Russian grain on the world market, which forms a high export potential and allows it to be used as a tool for the rehabilitation of the domestic grain market, providing favorable price conditions and efficiency to grain-growing organizations and stimulating the increase in grain yields in the regions of Russia.

**Keywords:** export of grain crops, sanitation of the grain market, competitiveness, state regulation, development of grain farming, efficiency

**For citation:** Zyukin D. A. Factors of competitiveness of Russian grain on the world market and prospects for the development of grain farming in the context of increasing export potential. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 531–541. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-531-541>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 24.11.2023, **date of review:** 21.01.2024, **date of acceptance:** 16.02.2024.

## Постановка проблемы (Introduction)

Мировая продовольственная проблема носит серьезный характер, несмотря на все достижения современной науки, техники, технологий и международной политики в области глобализации и формирования оптимальных международных логистических коридоров. Это исходит из нерешенных экономических и социальных проблем, которые обостряются в период политических противоречий и глобальных социально-экономических кризисов.

В последние годы такими активаторами агропродовольственного кризиса стали, как отмечает ряд авторов, распространение пандемии COVID-19 и обострение международных военно-политических конфликтов по всему миру, в том числе и украинский, ставший ключевым для российской

экономики. При этом возникновение новых очагов вооруженных конфликтов на Ближнем Востоке и Африке провоцирует дефицит продовольствия в беднейших странах, что подогревает почву для развития внутривнутриполитических и социальных кризисов в этих регионах [1].

Зерно как продукт для прямого потребления и как сырье для обеспечения функционирования смежных сельскохозяйственных отраслей является одной из ключевых составляющих продовольственной безопасности практически в любой стране мира, так как именно продукция его переработки лежит в основе рациона питания населения. Во второй половине первого десятилетия XXI века Россия начала активное продвижение отечественного зерна, в основном пшеницы, на экспорт, в результате

чего на данный момент она является одним из основных игроков на мировом зерновом рынке [2].

С активацией политических конфликтов российская экономика, в том числе и в разрезе агропродовольственного рынка, попала под санкционное давление многих развитых стран, которое способствует осложнению процессов логистики российского зерна конечным потребителям через акваторию Черного моря, а также проведения финансовых операций. В частности, затягивание решения логистических и финансовых вопросов является следствием саботажа со стороны западных партнеров своих обязательств в рамках «зерновой сделки» [3].

Российское зерно обладает высокой востребованностью на мировом рынке, позволяющей занимать там солидную нишу в торговле, даже несмотря на тот факт, что по некоторым характеристикам качество ниже, чем у других активных игроков мирового рынка зерна. Одним из ключевых параметров конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке является его более низкая цена, что, в свою очередь, позволяет формировать высокий экспортный потенциал, который стал на данном этапе развития отечественного зернового хозяйства не только инструментом санации внутреннего зернового рынка, но и стимулом для наращивания урожаев зерновых культур [4].

Целью исследования является изучение внутренних факторов конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке и поиск возможностей повышения экспортного потенциала России как элемента санации отечественного зернового рынка и стимула увеличения объема производства зерновых культур.

Поставленная цель предопределила необходимость решения в ходе исследования следующих задач:

- отразить влияние и долю экспорта зерна в сравнении с валовыми сборами;
- сопоставить динамику цен и объемов экспорта пшеницы на мировом рынке среди основных игроков;
- изучить, как меняется динамика цен на основные экспортные зерновые культуры на российском рынке, сравнив ее с динамикой экспортных цен на рынках стран СНГ и дальнего зарубежья;
- оценить динамику и вариацию цен на зерно в основных зернопроизводящих регионах страны.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

В работе используются статистические данные, опубликованные на официальных сайтах Федеральной службы государственной статистики и ведущих финансовых порталах. 2017 год для России стал годом выхода на позиции мирового лидерства по объемам экспорта зерна на мировой рынок, что обосновывает целесообразность определения его в

качестве базисного периода. Авторами проводится оценка динамики валовых сборов зерна в соотношении с объемами экспорта в 2017–2021 годы и сравнительный анализ фактических внутренних и экспортных цен на пшеницу как основной экспортимой зерновой культуры, а также сопоставлена динамика цен на зерно среди основных зернопроизводящих регионов страны. В итоге полученные результаты позволяют сделать вывод о возможностях повышения конкурентоспособности российского зерна за счет ценового фактора с позиции стратегического развития зернового хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности.

В процессе исследования используются общенаучные методы, обобщение научной практики, экономико-статистический анализ, синтез, дедукция, индукция.

#### **Результаты (Results)**

Производство зерновых в России традиционно существенно превышает потребности в нем, что перегружает внутренний рынок, обуславливая необходимость его санирования и поддержания эффективной для производителей цены. Преимущества экспорта в таких условиях определяются, помимо санации внутреннего рынка, еще и возможностями получения валютной выручки для агробизнеса и экономики в целом. Так, для сравнения В. А. Рязанов отмечает, что в 2020 году российская выручка от экспорта зерна на один миллиард превысила объем выручки от экспорта машин и оборудования [5].

Если смотреть на вопрос с другой стороны, то очевидным становится наличие целого ряда проблем. Во-первых, на фоне роста валовых сборов зерновых не всегда удается поддерживать его качество и сбалансированную структуру производства. Основным видом среди экспортных культур России является пшеница, которая и востребована на мировом рынке. Во-вторых, хронические проблемы в семеноводстве, ставшие последствиями множественных реорганизаций селекционного блока постсоветской России, привели к импортозависимости в вопросах обеспечения качественным посевным материалом [6]. Ряд авторов отмечает именно это как причины недостаточного обеспечения производства пшеницы сортами, способными формировать зерно высокого качества [7]. В-третьих, негативно на формирование качественного урожая также влияет и отсутствие рекомендаций по технологиям зонального возделывания пшеницы планируемого качества в отдельных почвенно-климатических зонах страны. Поэтому резкий рост отгрузок зерновых из регионов Юга России, обладающих большим аграрным потенциалом, привел к сдвигу локальных балансов производства и использования зерна внутри страны и формированию ценовых диспропорций [5]. В-четвертых, экспорт российского зерна сопровождается инфляцией расходов на его осуществле-

ние, что одновременно снижает его эффективность и, соответственно, возможности ресурсной базы для его увеличения при использовании удаленных регионов, обладающих высоким производственным потенциалом [8].

За последние пять лет объем валовых сборов зерна снизился на 10,3 %, а объем экспорта сократился на 1,1 %, но очевидно, что экспорт развивался по той же тенденции, что и валовые сборы, но с учетом расхождения календарного и сельскохозяйственного годов (рис. 1). Сравнение осуществлялось с наиболее успешным по уровню валового сбора 2017 годом, поэтому можно выделить определенный вектор сокращения урожая и соотношения валовых сборов зерновых и экспорта. С одной стороны, рост валовых сборов требовал принятия мер по санированию внутреннего рынка, с другой стороны, производители преимущество сбыта отдавали экспортным поставкам по более высоким ценам, чем на внутреннем рынке.

По большей части Россия экспортирует пшеницу, и именно экспорт пшеницы позволил России занять лидирующие позиции на мировом зерновом рынке [4]. В числе крупнейших мировых экспортеров пшеницы по количеству экспортируемого продукта с 2017 года стабильно держатся семь стран: Россия, США, Канада, Австралия, Франция, Украина и Аргентина (рис. 2).

Суммарно за пять лет Россия экспортировала почти на 45 млн т пшеницы больше, чем США, которые занимают вторую позицию по объемам экспорта. На третьей позиции находится Канада, которая экспортировала на 60 млн т пшеницы меньше. Украина и Франция по объемам суммарного экспорта находятся практически на равных позициях, меньше всего экспортируют Австралия и Аргентина. При этом ежегодный объем экспорта странами топ-7 находится на уровне 141–150 млн т и скорее имеет тенденцию к сокращению. Доля России ежегодно составляет от 19 % до 30 %, и в каждом периоде занимаемая Россией доля превалирует над долей основных стран-экспортеров.

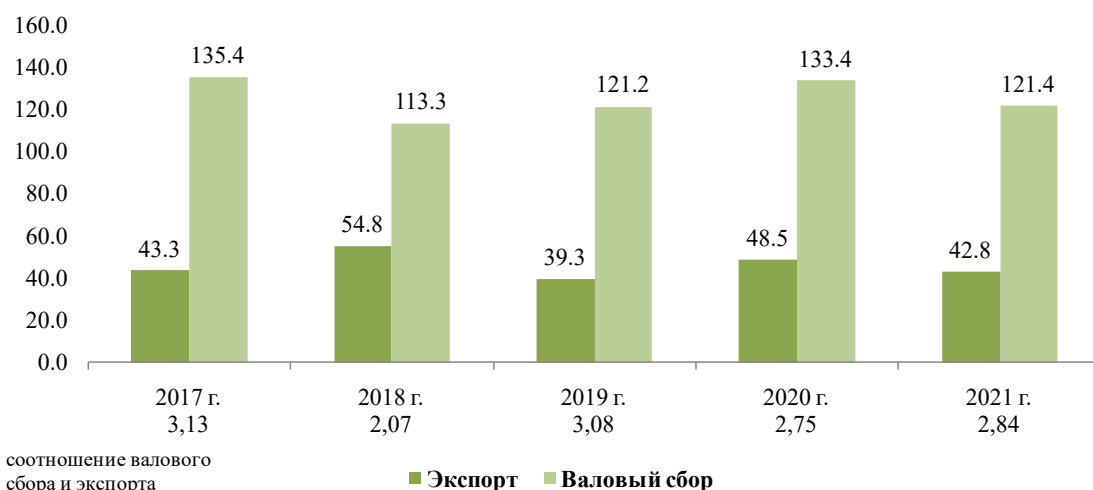


Рис. 1. Динамика валовых сборов и экспорта зерна в 2017–2021 гг., млн т  
Источник: составлено авторами по данным [9; 10]

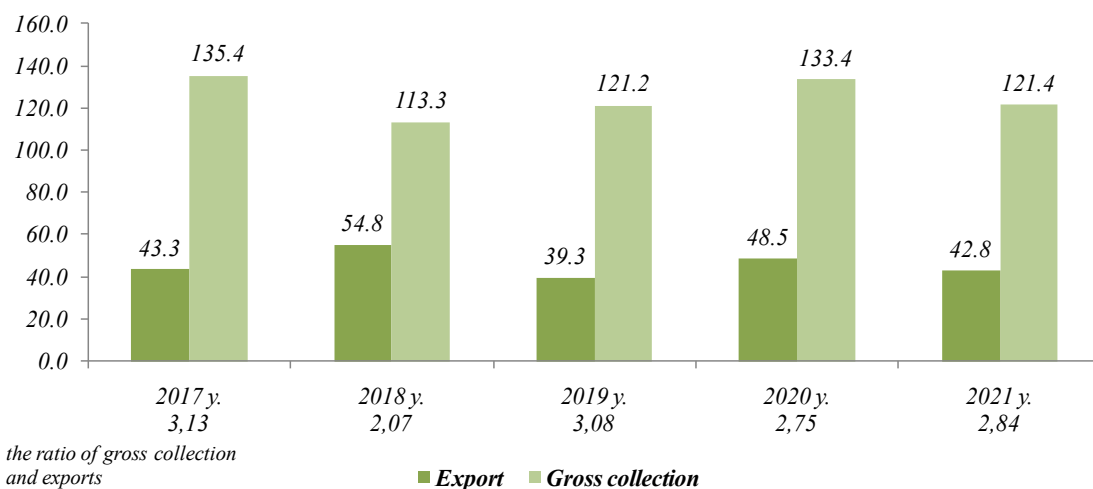


Fig. 1. Dynamics of gross grain collections and exports in 2017–2021, million tons  
Source: compiled by the authors according to [9; 10]

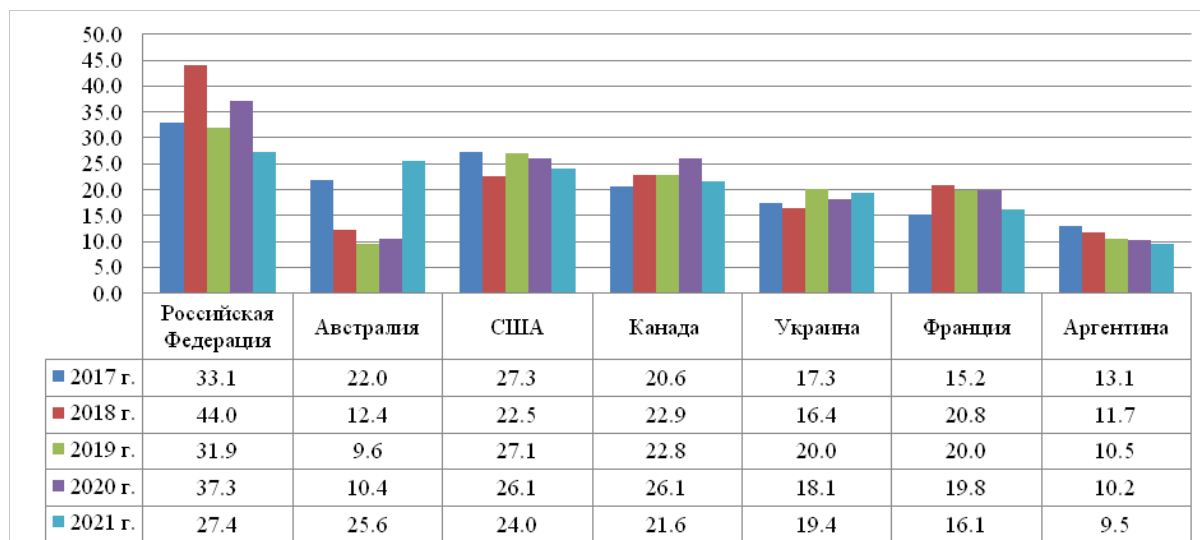


Рис. 2. Динамика экспорта пшеницы среди топ-7 мировых лидеров по объемам продаж, млн т  
Источник: составлено авторами по данным [11]

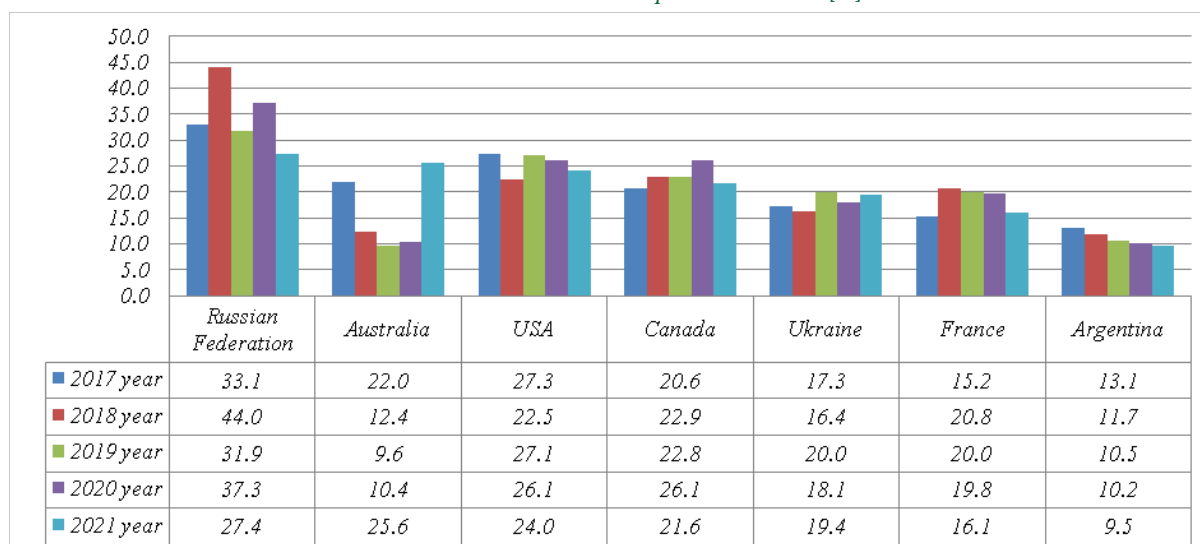


Fig. 2. Dynamics of wheat exports among the top-7 world leaders in terms of sales, million tons  
Source: compiled by the authors according to [11]

Завоеванию лидирующих позиций на мировом зерновом рынке Россия в большей степени обязана конкурентоспособной цене при приемлемом качестве [12]. Канадское, американское и австралийское зерно непропорционально дороже зерна из России (соотношение колеблется от 1,3 до 1,5), хотя стоит отметить, что по ряду характеристик превосходят российское. С другой стороны, существует и негласная ценовая дискриминация в некоторых локальных рынках мира на фоне введения первой очереди санкций, о чем свидетельствует исследование ученых других стран [13]. Дешевле российского зерна всегда украинское, но за счет объемов поставок Россия выигрывает конкуренцию в ряде локальных зон мировой торговли. В некоторые годы конкуренцию по цене России и Украине могла составить Аргентина, но объемы ее поставок на мировой рынок значительно ниже, чем может поставлять Россия (рис. 3).

Таким образом, занимаемая Россией ниша на мировом рынке пшеницы образовалась во многом благодаря конкурентоспособной цене. Но такая реализация зерна по относительно низким ценам возможна лишь в логистически благоприятных условиях, а поставки на дальние расстояния для России экономически не всегда выгодны. Именно по этой причине крупнейшие потребители российской пшеницы находятся в Северной Африке и на Ближнем Востоке, что делает сделки по купле-продаже зерна выгодными для обеих сторон.

Столь стремительный рост объемов экспорта зерна вполне объясним ростом фактических экспортных цен на пшеницу и меслин, которые в среднем на 30–37 % выше для стран дальнего зарубежья и на 15–25 % выше для стран СНГ (а в отдельные годы и на 40 %), чем на внутреннем рынке (рис. 4).



Страна	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год
Российская Федерация	175.3	191.8	200.9	212.5	266.9
Австралия	211.5	246.1	258.9	258.7	278.0
США	223.2	242.6	231.5	241.8	303.4
Канада	247.1	249.8	236.0	241.1	308.1
Украина	159.4	183.5	182.7	199.1	243.5
Франция	196.6	198.6	218.2	229.6	281.9
Аргентина	180.3	206.3	217.7	199.0	258.7

Рис. 3. Расчетная цена на пшеницу на мировом рынке среди топ-7 экспортеров, долл. США за тонну  
Источник: составлено авторами по данным [11]

Country	2017 year	2018 year	2019 year	2020 year	2021 year
Russian Federation	175.3	191.8	200.9	212.5	266.9
Australia	211.5	246.1	258.9	258.7	278.0
USA	223.2	242.6	231.5	241.8	303.4
Canada	247.1	249.8	236.0	241.1	308.1
Ukraine	159.4	183.5	182.7	199.1	243.5
France	196.6	198.6	218.2	229.6	281.9
Argentina	180.3	206.3	217.7	199.0	258.7

Figure 3. Estimated price of wheat on the world market among the top-7 exporters, USD per ton  
Source: compiled by the authors according to [11]

Динамика цен на пшеницу и меслин, тыс. руб. за тонну



Рис. 4. Динамика цен на пшеницу и меслин в 2017–2021 гг., руб. за тонну  
Источник: составлено авторами по данным [9; 10]

Dynamics of prices for wheat and meslin, thousand rubles per ton

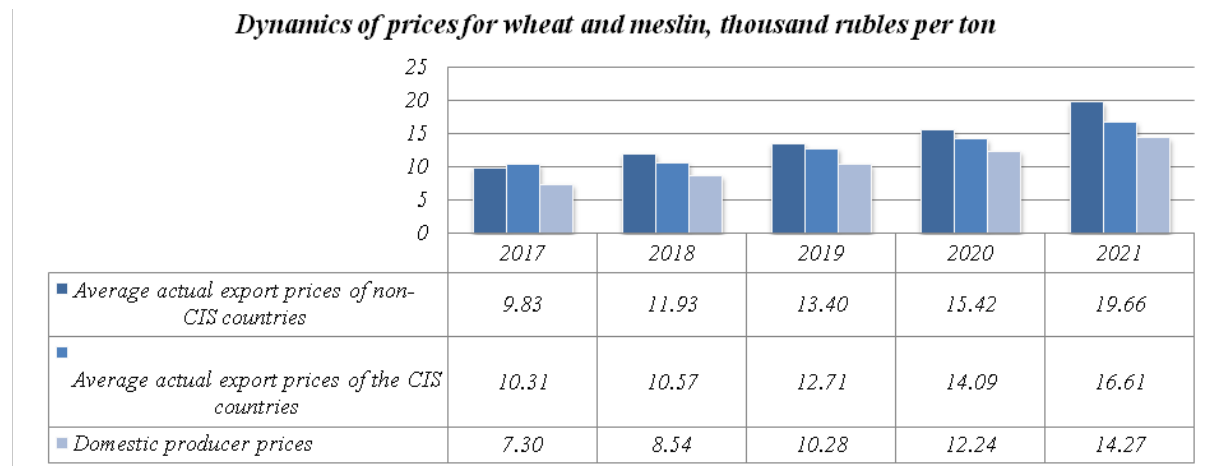


Fig. 4. Dynamics of wheat and meslin prices in 2017–2021, rubles per ton  
Source: compiled by the authors according to [9; 10]



Рис. 5. Динамика цен на ячмень в 2013–2021 гг., руб. за тонну  
Источник: составлено авторами по данным [9; 10]

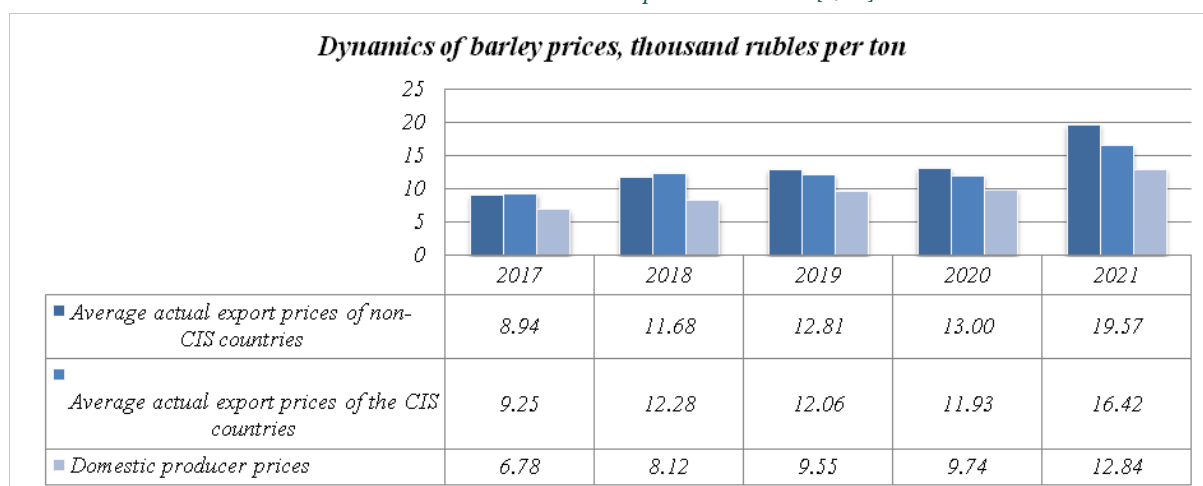


Fig. 5. Dynamics of barley prices in 2013–2021, rubles per ton  
Source: compiled by the authors according to [9; 10]

Российские производители из южных регионов при подобных ценовых тенденциях более заинтересованы в реализации зерна на экспорт, чем на внутренний рынок, чему также способствует логистика – близость к Черноморскому бассейну и Каспию, через которые производится транспортировка зерна ключевым потребителям.

Ячмень Россия экспортирует в меньших объемах, чем пшеницу, которая также имеет более привлекательную цену для экспортеров: для стран дальнего зарубежья в 1,3 раза и для стран СНГ в 1,2–1,5 выше внутренних цен (рис. 5).

Ячмень Россия в основном также сбывает в страны Аравийского полуострова и Турцию, то есть расположенных в небольшой удаленности, в отличие от стран Южной Африки, Южной Америки или Тихоокеанского бассейна.

Сделки по экспорту зерна в основном сосредоточены на базе регионов Юга и в меньшей степени – Центрального Черноземья, которые также логистически приближены к основным экспортным магистралям. Безусловно, цена в случае выбора

путей сбыта для производителей является ключевым определяющим фактором. Стратегически с позиции мирового рынка цена также является одним из ключевых параметров при выборе поставщика. В текущей ситуации внешние цены для российских производителей являются более привлекательными относительно внутренних, но и внутренние цены в разрезе основных зернопроизводящих регионов не слишком отличаются, что подтверждается значением коэффициента вариации (таблица 1).

Значение коэффициента вариации между регионами, кроме 2018 года, не превышает 10 %, что говорит о низкой вариации цен на зерно в основных зернопроизводящих регионах страны, расположенных в самых различных экономических и географических районах. Также следует отметить общность в изменении цены в разрезе изучаемых регионов, о чем свидетельствуют сопоставимые значения среднегодового прироста: в разрезе каждого региона показатель колеблется на 10 %. Причем прослеживается однородная тенденция среди территориально приближенных регионов. Например, среднего-

довой прирост в Краснодарском и Ставропольском краях находится на уровне 13 %, в регионах Черноземья – на уровне 16–18 %, в более удаленных от Центральной России – на уровне 17–20 %. Наибольшая средняя динамика свыше 20 % отмечена в Омской области и Красноярском крае, однако это является следствием низкой статистической базы. В 2021 году вариация цен на зерно среди изучаемых регионов наименьшая и наблюдается четкая тенденция усреднения цен по стране.

Сохранение динамики роста внутренних цен не позволяет существенно повысить эффективность экспорта, так как снижает дельту в разнице с ценой на мировом рынке. Это может иметь негативное отражение для конкурентоспособности российского зерна на мировом рынке в случае падения мировых цен или удорожания логистики в силу санкционных ограничений. Особенно в случае с его поставками в страны дальнего зарубежья или при выходе на новые рынки становится чувствительным снижение дельты цен.

Таблица 1  
Динамика средних цен на приобретенное промышленными организациями зерно для основного производства в 2017–2021 гг., руб. за тонну

Регион	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднегодовой прирост, %
Краснодарский край	10 025	10 950	12 590	14 992	16 641	13,6
Ростовская область	9 024	11 283	12 560	14 794	16 389	16,2
Ставропольский край	10 156	11 157	13 335	14 135	16 557	13,1
Алтайский край	8 221	8 269	10 779	13 940	15 161	17,3
Курская область	8 677	10 249	12 413	14 255	15 823	16,3
Воронежская область	8 622	9 826	12 192	13 735	15 368	15,6
Волгоградская область	9 452	10 619	12 199	14 856	16 002	14,2
Саратовская область	7 656	8 971	11 594	13 209	14 758	18,0
Тамбовская область	7 901	9 181	11 765	13 701	15 299	18,1
Новосибирская область	8 411	8 248	10 591	12 849	14 985	16,1
Белгородская область	8 022	8 893	11 969	13 617	15 608	18,5
Липецкая область	8 699	10 607	12 341	13 012	15 904	16,5
Омская область	7 717	7 750	10 884	14 195	17 522	23,7
Красноярский край	6 840	6 973	10 379	12 306	14 225	21,2
Республика Татарстан	9 139	9 099	12 416	13 572	16 367	16,5
Коэффициент вариации, %	9,1	13,9	7,2	5,5	5,3	-3,8

Источник: составлено автором по данным [10].

Table 1  
Dynamics of average prices for grain purchased by industrial organizations for the main production in 2017–2021, rubles per ton

Region	2017 year	2018 year	2019 year	2020 year	2021 year	Average annual growth, %
Krasnodar Krai	10 025	10 950	12 590	14 992	16 641	13.6
Rostov region	9 024	11 283	12 560	14 794	16 389	16.2
Stavropol Krai	10 156	11 157	13 335	14 135	16 557	13.1
Altai Krai	8 221	8 269	10 779	13 940	15 161	17.3
Kursk region	8 677	10 249	12 413	14 255	15 823	16.3
Voronezh region	8 622	9 826	12 192	13 735	15 368	15.6
Volgograd region	9 452	10 619	12 199	14 856	16 002	14.2
Saratov region	7 656	8 971	11 594	13 209	14 758	18.0
Tambov region	7 901	9 181	11 765	13 701	15 299	18.1
Novosibirsk region	8 411	8 248	10 591	12 849	14 985	16.1
Belgorod region	8 022	8 893	11 969	13 617	15 608	18.5
Lipetsk region	8 699	10 607	12 341	13 012	15 904	16.5
Omsk region	7 717	7 750	10 884	14 195	17 522	23.7
Krasnoyarsk Krai	6 840	6 973	10 379	12 306	14 225	21.2
Republic of Tatarstan	9 139	9 099	12 416	13 572	16 367	16.5
Coefficient of variation, %	9.1	13.9	7.2	5.5	5.3	-3.8

Source: compiled by the author based on data from [10].

Однако именно в этом и проявляется положительный эффект санации для отечественных зернопроизводителей, которые получают дополнительный доход, имея возможность реализовывать зерно по более выгодным ценам. Обратная сторона – удорожание кормовой базы и повышение себестоимости продуктов смежных отраслей, потребляющих зерносырье. Поэтому важно обеспечивать баланс зерна и цен на него в стране, учитывая интересы всей воспроизводственной цепочки, а не только экспортеров зерна и его производителей.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Проведенный анализ показал, что цена является важнейшим фактором, определяющим конкурентоспособность российского зерна на мировом рынке. Ряд мировых стран готов приобретать российское зерно, хотя оно может и уступать по качеству американскому, канадскому и австралийскому, так как более доступные цены позволяют удовлетворить потребности их населения при имеющихся экономических возможностях. Этот фактор формирует устойчивый и существенный спрос на мировом рынке на российское зерно.

Однако остается вопрос, насколько долго развитие российского зернового хозяйства будет устойчивым и эффективным при стихийном регулировании экспорта. Более того, интервал между мировой и внутренней ценой сужается из-за инфляции логистических расходов. Поэтому при всей эффективности экспорта и производства зерна это направление также нуждается в государственном внимании, в первую очередь через поддержку развития транспортно-производственной инфраструктуры и различных льгот на транспортировку, иначе в неблагоприятные финансовые периоды это может подорвать основу финансовой эффективности и целесообразности экспорта зерна [13].

При этом в годы благоприятной рыночной конъюнктуры целесообразно сформировать механизм перераспределения дополнительных экспортных доходов в пользу непосредственных зернопроизводителей. На данный момент в России действует механизм зернового демпфера, но в силу неопределенности понятийного аппарата на законодательном уровне и сосредоточения экспортирующих холдингов на территориях, не относящихся к зоне прямого производства зерна, наблюдается диспропорциональное распределение средств государственной поддержки, что приводит к недополучению поддержки реальными производителями [14].

Как отмечает А. И. Алтухов [15], в целях совершенствования механизма поддержки зернового экспорта следует корректировать условия поддержки реальных производителей с привязкой к реальным темпам роста, усовершенствовать меры по стимулированию продаж на зарубежных рынках, а также расширять меры поддержки в рамках зернового

демпфера по направлениям поддержки отечественных производителей товарного зерна и на увеличение производства зерна более высокого качества.

Выступая важным фактором в достижении Россией лидирующих позиций на мировом зерновом рынке, цены на российском рынке прямо влияют на возможности расширения не только экспортного потенциала, но и развития зернового хозяйства в целом. Величина валовых сборов зерновых культур напрямую влияет на экспортный потенциал, создавая необходимость в корректировке объема экспорта в равных пропорциях с изменениями валовых сборов. Высокая степень взаимосвязи между однородностью внутренних цен среди крупнейших зернопроизводящих регионов подтверждает тот факт, что и на внутреннем рынке цены идут по индикаторам мирового рынка, которые в изучаемом периоде на 20–30 % выше при общем растущем тренде. В то же время стоит отметить, что дельта между внутренними и экспортными ценами не так велика и может сокращаться при неблагоприятных факторах и условиях, что способно оказать негативное влияние на увеличение экспортного потенциала России как крупнейшего поставщика зерна на мировой рынок при прочих неблагоприятных внешнеполитических факторах. Отсюда и возникает обоснованность мер регулирования цен на российском зерновом рынке через мягкие рыночные инструменты, чтобы поддерживать сложившуюся разницу с мировой ценой, одновременно обеспечивая стабильность на внутреннем продовольственном рынке и сохраняя условия расширения экспорта как стимула наращивания урожаев зерновых культур.

Путем увеличения ценовой дельты между внутренней и мировой ценой на зерно является снижения конечной себестоимости экспортируемого российского зерна. В условиях роста внутренних цен на предметы и средства труда проблематично найти способ сокращения себестоимости производства зерновых культур, а вот задача снижения транзакционных издержек выглядит более реальной. Высокие транзакционные издержки негативно влияют и на внутренний рынок, поскольку внутренние перемещения зерна из удаленных регионов в Центральную Россию для восполнения дефицита зерна на внутреннем рынке, возникающего по причине выкачивания зерна из Черноземных регионов на экспорт, обуславливают рост цен для конечного потребителя без весомых выгод для производителя зерна. Следует помнить, что любой нарастающий дисбаланс рано или поздно приводит к кризису, который гораздо сложнее исправить, чем постепенно свести на нет своевременными корректирующими мерами в виде субсидирования, льготирования, налоговых послаблений и иных мер поддержки производителей.



**Библиографический список**

1. Ревенко Л. С., Солдатенкова О. И., Ревенко Н. С. Глобальная продовольственная проблема: новые вызовы для мира и России // Экономика. Налоги. Право. 2022. № 4. С. 54–65.
2. Zyukin D. A., Pronskaya O. N., Golovin A. A., Belova T. V. Prospects for increasing exports of Russian wheat to the world market // Amazonia Investiga. 2020. Vol. 9, No. 28. Pp. 346–355.
3. Наговицына Э. В., Тусин Д. С. Современные аспекты внешней торговой политики Российской Федерации и ее экспортный потенциал на зерновом рынке // Вестник университета. 2022. № 12. С. 125–135.
4. Zyukin D. A., Pronskaya O. N., Svyatova O. V., et al. Directions and prospects for expanding the export of russian wheat // Revista de la Universidad del Zulia. 2021. Vol. 12, No. 32. Pp. 87–101.
5. Рязанов В. А. Влияние мирового рынка на внутренние цены на зерно в России // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2022. № 4. С. 50–59.
6. Зюкин Д. А. Поддержка развития селекции и семеноводства в России как элемента становления инновационной аграрной экономики // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 9. С. 173–180.
7. Алтухов А. И., Завалин А. А., Милащенко Н. З., Трушкин С. В. Проблема повышения качества пшеницы в стране требует комплексного решения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 32–39.
8. Svanidze M., Götz L. Spatial market efficiency of grain markets in Russia: implications of high trade costs for export potential // Global Food Security. 2019. No. 21. Pp. 60–68.
9. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 18.11.2022).
10. Официальный сайт ЕМИСС. Государственная статистика [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/indicator/30950> (дата обращения: 18.11.2022).
11. Официальный сайт База данных ООН Comtrade [Электронный ресурс]. URL: <https://comtradeplus.un.org> (дата обращения: 18.11.2022).
12. Goychuk K., Meyers W. H. Black Sea and world wheat market price integration analysis // Canadian Journal of Agricultural Economics. Revue Canadienne d'Agroeconomie. 2014. No. 62. Pp. 245–261.
13. Uhl K., Perekhozhuk O., Glauben T. Price Discrimination in Russian Wheat Exports: Evidence from Firm-level Data // Journal of Agricultural Economics. 2016. Vol. 67, No. 3. Pp. 722–740.
14. Зюкин Д. А. Модель экономического и государственного регулирования развития инфраструктуры зернового рынка // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1. С. 47–50.
15. Петрушина О. В., Жилияков Д. И. Направления оптимизации государственного регулирования цен и поддержки зернового производства // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 3 (31). С. 149–156.
16. Алтухов А. И., Семенова Е. И. К вопросу определения экспортных пошлин на российское зерно // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 2. С. 2–7.

**Об авторе:**

**Данил Алексеевич Зюкин**, доцент кафедры бухгалтерского учета и финансов, Курский государственный аграрный университет им. И. И. Иванова, Курск, Россия; ODCID 0001-0001-8118-2907, AuthorID 701128. E-mail: [nightingale46@rambler.ru](mailto:nightingale46@rambler.ru)

**References**

1. Revenko L. S., Soldatenkova O. I., Revenko N. S. Global food problem: new challenges for the world and Russia. *Economics, Taxes & Law*. 2022; 4: 54–65. (In Russ.)
2. Zyukin D. A., Pronskaya O. N., Golovin A. A., Belova T. V. Prospects for increasing exports of Russian wheat to the world market. *Amazonia Investiga*. 2020; 9 (28): 346–355.
3. Nagovitsyna E. V., Tusin D. S. Modern aspects of foreign trade policy of the Russian Federation and its export potential in the grain market. *Vestnik Universiteta*. 2022; 12: 125–135. (In Russ.)
4. Zyukin D. A., Pronskaya O. N., Svyatova O. V., et al. Directions and prospects for expanding the export of russian wheat. *Revista de la Universidad del Zulia*. 2021; 12 (32): 87–101.
5. Ryazanov V. A. The influence of the world market on domestic grain prices in Russia. *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2022; 4: 50–59. (In Russ.)
6. Zyukin D. A. Support for the development of breeding and seed production in Russia as an element of the formation of an innovative agricultural economy. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2019; 9: 173–180. (In Russ.)

7. Altukhov A. I., Zavalin A. A., Milashchenko N. Z., Trushkin S. V. The problem of improving wheat quality in the country requires a complex solution. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2020; 2: 32–39. (In Russ.)
8. Svanidze M., Götz L. Spatial market efficiency of grain markets in Russia: implications of high trade costs for export potential. *Global Food Security*. 2019; 21: 60–68.
9. Official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation [Internet]. [cited 2022 Nov 18]. Available from: <https://rosstat.gov.ru>.
10. Official website of the Unified Interdepartmental Information and Statistical System. State statistics [Internet]. [cited 2022 Nov 18]. Available from: <https://fedstat.ru/indicator/30950>.
11. Official website of the UN Comtrade Database [Internet]. [cited 2022 Nov 18]. Available from: <https://comtradeplus.un.org>.
12. Goychuk K., Meyers W. H. Black Sea and world wheat market price integration analysis. *Canadian Journal of Agricultural Economics. Revue Canadienne d'Agroeconomie*. 2014; 62: 245–261.
13. Uhl K., Perekhozhuk O., Glauben T. Price Discrimination in Russian Wheat Exports: Evidence from Firm-level Data. *Journal of Agricultural Economics*. 2016; 67 (3): 722–740.
14. Zyukin D. A. Model of economic and state regulation of grain market infrastructure development. *International agricultural journal*. 2020; 1: 47–50. (In Russ.)
15. Petrushina O. V., Zhilyakov D. I. Directions for optimization state regulation of prices and support of grain production. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2021; 3 (31): 149–156. (In Russ.)
16. Altukhov A. I., Semenova E. I. On the issue of determining export duties on Russian grain. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022; 2: 2–7. (In Russ.)

**Author's information:**

**Danil A. Zyukin**, associate professor of accounting and finance, Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, Kursk, Russia; ORCID 0000-0001-8118-2907, AuthorID 701128.  
E-mail: [nightingale46@rambler.ru](mailto:nightingale46@rambler.ru)

## Тенденции и перспективы развития многоукладной аграрной экономики региона

Е. Н. Криулина<sup>✉</sup>, Л. Р. Оганян

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

<sup>✉</sup>E-mail: [enkriulina@mail.ru](mailto:enkriulina@mail.ru)

**Аннотация.** В статье изучены региональные аспекты многоукладности аграрной экономики. **Цель исследования** – получение новых знаний об уровне и перспективах развития различных категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей субъектов Северо-Кавказского федерального округа (СКФО) в контексте их вклада в продовольственное обеспечение страны и региона. **Методика** исследования включала использование различных приемов абстрактно-логического, расчетно-конструктивного, экономико-статистического, диалектического, аналитического, монографического, графического и других методов. **Научная новизна** исследования заключается в выявлении особенностей современного этапа развития многоукладности аграрной отрасли субъектов СКФО и обосновании основных направлений повышения ее эффективности с учетом национальной специфики социума региона. **Результаты.** Установлены тенденции сохранения и развития как крупнотоварного сельскохозяйственного производства (Ставропольский край), так и малых форм хозяйствования (большинство национальных республик). Так, если в Ставропольском крае на долю крупного бизнеса приходится почти 70 %, то в Республике Дагестан – не более 15 %. Здесь доминируют хозяйства населения – (78 %). В Кабардино-Балкарской Республике более 40 % в структуре продукции сельского хозяйства составляет доля крестьянских (фермерских) хозяйств. Исследованы факторы, определяющие особенности аграрного сектора региона, установлена значительная территориальная и отраслевая дифференциация по категориям товаропроизводителей округа. Обоснована необходимость развития многоукладной экономики с учетом специфики функционирования каждой формы хозяйствования, организационных и экономических мер поддержки со стороны федеральных, региональных и муниципальных органов власти. Определены значение и перспективы развития крупного производства и малого предпринимательства в сельском хозяйстве с учетом их вклада в продовольственное обеспечение региона. Аргументирована необходимость селективной государственной поддержки для реализации экономических интересов всех категорий товаропроизводителей и эффективного использования потенциала многоукладности сельского хозяйства субъектов СКФО.

**Ключевые слова:** многоукладная экономика, сельское хозяйство, территориальная и отраслевая дифференциация, формы хозяйствования, малоформатный сектор экономики, государственная поддержка

**Для цитирования:** Криулина Е. Н., Оганян Л. Р. Тенденции и перспективы развития многоукладной аграрной экономики Северо-Кавказского федерального округа // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 542–558. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-542-558>.

**Дата поступления статьи:** 20.09.2023, **дата рецензирования:** 14.11.2023, **дата принятия:** 11.01.2024.

## Trends and prospects for the development of the diversified agrarian economy of the region

E. N. Kriulina<sup>✉</sup>, L. R. Oganyan

<sup>1</sup> North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: [enkriulina@mail.ru](mailto:enkriulina@mail.ru)

**Abstract.** The article examines the regional aspects of the complexity of the agrarian economy. **The purpose** of the study is to gain new knowledge about the level and prospects of development of various categories of agricultural producers of the subjects of the North Caucasus Federal District (NCFD) in the context of their contribution to the food supply of the country and the region. **The research methodology** included the use of various methods of abstract-logical, computational-constructive, economic-statistical, dialectical, analytical, monographic, graphic, etc. methods. The scientific novelty of the study is to identify the features of the current stage of the development of the diversity of the agricultural sector of the subjects of the North Caucasus Federal District and substantiate the main directions for improving its effectiveness, taking into account the national specifics of the society of the region. **Results.** The trends of preservation and development of both large-scale agricultural production (Stavropol Krai) and small forms of management (most national republics) have been established. So, if in the Stavropol Krai the share of large business accounts for almost 70 %, then in the Republic of Dagestan – no more than 15 %. Households of the population dominate here (78 %). In the Kabardino-Balkar Republic, the share of peasant (farm) farms in the structure of agricultural production is more than 40 %. The factors determining the peculiarities of the agricultural sector of the region are investigated, a significant territorial and sectoral differentiation by categories of producers of the district is established. The necessity of developing a multi-layered economy is substantiated, taking into account the specifics of the functioning of each form of management, organizational and economic support measures from federal, regional and local authorities. The importance and prospects of the development of large-scale production and small entrepreneurship in agriculture are determined, taking into account their contribution to the food supply of the region. The necessity of selective state support for the realization of economic interests is argued.

**Keywords:** diversified economy of the region, agriculture, territorial and sectoral differentiation, forms of management, small-format sector of the economy, state support

**For citation:** Kriulina E. N., Oganyan L. R. Trends and prospects for the development of the diversified agrarian economy of the region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 24 (04): 542–558. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-542-558>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 20.09.2023, **date of review:** 14.11.2023, **date of acceptance:** 11.01.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО) расположен на юге европейской части России, занимает 170,5 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет около 1 % территории Российской Федерации, в СКФО проживает 9,8 млн чел., или свыше 6,7 % населения страны [1]. При этом доля сельского населения здесь существенно превышает средний уровень по России (около 26 %) и составляет в среднем 50,2 %: от 35,8 % в Республике Северная Осетия – Алания до 65,1 % в Чеченской Республике [2]. СКФО является одним из аграрно-ориентированных регионов Российской Федерации. Этому способствуют почвенно-климатические условия, наличие крупных обводнительно-оросительных систем, высокая трудоустроенность, а также наличие значительных площадей земельных ресурсов: 5,8 % общероссийской площади сельскохозяйственных угодий (11,3 млн га) и 4,6 % пашни (5,4 млн га) и др. [3].

Это позволяет аграрному сектору региона производить 7,9–8,7 % (2018–2022 гг.) объема валовой продукции сельского хозяйства России [4].

Характерной особенностью экономики региона является высокий удельный вес аграрного сектора в структуре валового регионального продукта, в 3,6 раза превышающий аналогичный среднероссийский показатель. За период 2017–2021 гг. его доля увеличилась с 13,9 % до 16,1 %. Аналогичная динамика характерна для большинства субъектов СКФО: в республиках Дагестан – с 16,5 % до 19,6 %; Ингушетия – с 8,9 % до 11,0 %; Карачаево-Черкессия – с 16,6 % до 19,5 %; Северная Осетия – Алания – с 10,1 % до 14,8 %; в Чеченской Республике – с 9,1 % до 12,7 %, в Ставропольском крае – с 13,4 % до 14,2 % [5].

Как следствие, в среднем за последние пять лет доля СКФО в общероссийском объеме овощей открытого и закрытого грунта, винограда, плодов и



ягод превысила 40 %; зерновых и зернобобовых – 10 %, картофеля и сахарной свеклы – 6,5 %, семян подсолнечника – 5,3 %. Отметим, что два из девяти субъектов России, возделывающих рис (Республика Дагестан и Чеченская Республика), находятся также в СКФО и обеспечивают около 8 % его общего производства. В настоящее время в регионе производится более половины общероссийского объема продукции интенсивного садоводства. Переориентация садоводства округа на интенсивные формы значительно повысила его результативность. Лидирующие позиции в России по закладке садов интенсивного типа принадлежат Кабардино-Балкарской Республике, а по площадям и валовому сбору винограда – Республике Дагестан, где внедряется модель кластерного развития виноградарства.

Значим удельный вес СКФО в общероссийском производстве животноводческой продукции: шерсти – 45 %; молока – 9 %, мяса – почти 7 %. По численности мелкого рогатого скота регион занимает первое место в стране, а крупного – третье. При этом развивается племенное животноводство: например, в Карачаево-Черкесской Республике выведена карачаевская порода овец одновременно молочного и мясо-шерстного направления продуктивности.

Совокупность природно-экономических условий хозяйствования региона способствует развитию всех форм аграрного предпринимательства (наличие плодородных черноземных и каштановых почв с довольно высоким содержанием гумуса, обилие тепла и высокая сумма активных температур, продолжительный вегетационный период и др.). Однако сдерживающим фактором выступает сложный и разнообразный рельеф территории – почти 70 % общей площади округа приходится на горные и предгорные районы, что обуславливает в них малоземелье и вертикальную поясность размещения сельскохозяйственного производства. Это затрудняет ведение высокомеханизированного сельского хозяйства, ограничивает набор и объем традиционных видов сельскохозяйственной деятельности, способствует развитию многоукладной аграрной экономики с приоритетом в большинстве своем мелкотоварного производства: три четверти регионального объема производства овощей, более 87 % картофеля, почти 85 % молока обеспечивают малые формы хозяйствования. Стоит отметить, что если в России на долю сельскохозяйственных организаций приходится около 60 % общего объема произведенной продукции, то в СКФО, напротив, 60 % занимает индивидуальный сектор, включающий хозяйства населения, крестьянско-фермерские хозяйства и индивидуальных предпринимателей. Вследствие этого его доля в стоимости валовой продукции сельского хозяйства региона составляет 55,9 %, в т. ч. в растениеводстве – 54 %, животноводстве – 58 %. В субъектах округа сложилась довольно контрастная структура сельскохозяйственных угодий:

в половине национальных республик доля пашни не превышает трети, в остальных – едва достигает 50 %, а в Ставропольском крае ее удельный вес составляет почти 70 %.

Санкционные ограничения привели к существенному уменьшению финансовых, технических, технологических ресурсов сельского хозяйства, изменению внешних и внутренних факторов хозяйствования, появлению новых рисков и угроз продовольственной безопасности СКФО.

С учетом вышеизложенного цель исследований – получение новых знаний об уровне и перспективах развития различных категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей субъектов СКФО в контексте их вклада в продовольственное обеспечение страны и региона.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Для оценки состояния сложившейся в регионе многоукладной экономики исследованы состав, структура и динамика сельскохозяйственных товаропроизводителей в соответствии с принятой в статистике классификацией. Крупный и средний аграрный бизнес формируют в основном сельскохозяйственные организации, а малый аграрный бизнес – крестьянско-фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели и хозяйства населения.

В процессе исследования наряду с официальной информацией Федеральной службы государственной статистики РФ [4; 5] использовались материалы сельскохозяйственной микропереписи, проведенной в 2021 г. [6]. Они позволили выявить структурные изменения в сельском хозяйстве СКФО, оценить ресурсную базу и потенциал развития отрасли в текущей экономической ситуации.

Методика исследования включала использование различных приемов абстрактно-логического, расчетно-конструктивного, экономико-статистического, диалектического, аналитического, монографического, графического и др. методов.

#### **Результаты (Results)**

Многоукладность в аграрном секторе экономики СКФО является исторической константой, обусловленной сегментацией его территории по особенностям образа жизни, связанным с объективными условиями среды. Почти 70 % общей площади округа приходится на горные и предгорные районы, что ограничивает набор и объем традиционных видов сельскохозяйственной деятельности и способствует приоритетному развитию малоформатного сектора экономики.

Специфику формирования и тенденции развития укладов, под которыми принято понимать общественно-экономические формы организации производства в процессе хозяйственной деятельности, определили как структурные преобразования сельского хозяйства разной степени радикальности, так и организационные и технологические изменения в отрасли. Многоукладность аграрной

экономики рассмотрена нами с позиции сочетания различных форм хозяйствования (сельскохозяйственные организации, личные подсобные и крестьянско-фермерские хозяйства), представляющих собой «способ осуществления процесса производства, основанный на определенном сочетании формы собственности и способа организации средств производства и задействованных в сельхозпроизводстве работников [7–9].

Таким образом, уклад – это «совокупность однотипных предприятий и форм хозяйствования, занимающих довольно устойчивое положение в экономической и социально-политической системе общества» [10]. Систематизация взглядов зарубежных и отечественных ученых показала, что наиболее эффективной является аграрная структура, в которой 65–70 % приходится на долю малого и среднего агробизнеса, 20–25 % – на крупные агрохолдинговые структуры, 10–15 % – на предприятия государственного сектора [11–13]. Формирование и развитие многоукладной экономики аграрного сектора предполагает учет следующих принципов:

- идентификация конкурентных преимуществ на основе биоклиматического и ресурсного потенциала всех форм хозяйствования;
- оптимальное сочетание различных форм хозяйствования с учетом реализации экономических интересов всех категорий товаропроизводителей;
- преемственность и взаимодополняемость укладов в зависимости от внешних и внутренних факторов, экономических, правовых, природно-климатических и других условий деятельности [14; 15];
- целевой характер, адресность и доступность государственной поддержки для всех категорий товаропроизводителей; прозрачность направлений распределения и объемов бюджетных средств;
- формирование организационно-экономического механизма взаимодействия органов власти и хозяйствующих субъектов на основе государственно-частного партнерства;
- формирование механизма экономического взаимодействия между хозяйствами населения и сельскохозяйственными организациями (помощь хозяйствам населения по обработке почвы, уборке урожая, обеспечению кормами, реализации продукции и др.) [16].

Структурные преобразования в отечественной аграрной экономике во многом обусловлены экономической неоднородностью регионального пространства, а также степенью взвешенности государственной политики применительно к каждому из укладов [17].

Отметим, что развитие многоукладности в аграрном секторе признано в качестве генеральной линии государственной политики, целью которой является обеспечение устойчивого развития и повышения эффективности сельского хозяйства.

Неоднородность регионального пространства России находит подтверждение в различиях организационной структуры аграрной экономики южных регионов страны, к числу которых относятся и Северо-Кавказский федеральный округ. От соседних регионов – Краснодарского края, Ростовской области – его отличают выраженная многоукладность и многолетний устойчивый приоритет мелкотоварного производства. Как правило, крупные сельхозтоваропроизводители располагают ресурсами, позволяющими производить большой объем продукции, в то время как малые формы хозяйствования (ЛПХ и КФХ) более мобильны, и в зависимости от изменения спроса и других факторов им легче перестроиться на производство других видов продукции [18]. В настоящее время экономический и социальный симбиоз хозяйственных укладов отрасли региона складывается под влиянием природно-климатических условий, особенностей рельефа территории, наличия, структуры и обеспеченности ресурсами, производственной специализации, степени трудоемкости возделываемых культур и выращиваемых животных, достигнутого уровня механизации трудоемких процессов, обеспечивая различный уровень эффективности сельскохозяйственного производства в целом.

Базовыми условиями формирования многоукладного сельского хозяйства субъектов СКФО выступают состав и структура сельскохозяйственных угодий, их состояние и рациональность использования. По итогам сельскохозяйственной микропереписи 2021 г. в структуре сельскохозяйственных угодий округа удельный вес сельхозорганизаций составил 62,2 %; крестьянско-фермерских хозяйств – 29,0 %; хозяйств населения – 8,8 % [6]. Информация об уровне их хозяйственного использования представлена на рис. 1.

Согласно представленным данным, уровень хозяйственного использования земель сельскохозяйственными организациями значительно варьирует: от 58,1 % в Чеченской Республике до 97,1 % в Кабардино-Балкарской Республике. Развитие этих тенденций может иметь негативные последствия. Так, затраты на вовлечение в сельскохозяйственный оборот земель, не использовавшихся более 30 лет, сопоставимы с расходами на их первоначальное освоение. Гораздо более сбалансированная ситуация по уровню хозяйственного использования сельскохозяйственных угодий сложилась по крестьянско-фермерским хозяйствам (от 70,5 % в Карачаево-Черкесской Республике до 100 % в Республике Ингушетия) и хозяйствам населения (от 70,9 % в Ставропольском крае до 94,4 % в Кабардино-Балкарской Республике). Таким образом, в малоформатном секторе СКФО доля земель, не используемых в сельскохозяйственной деятельности, существенно меньше.

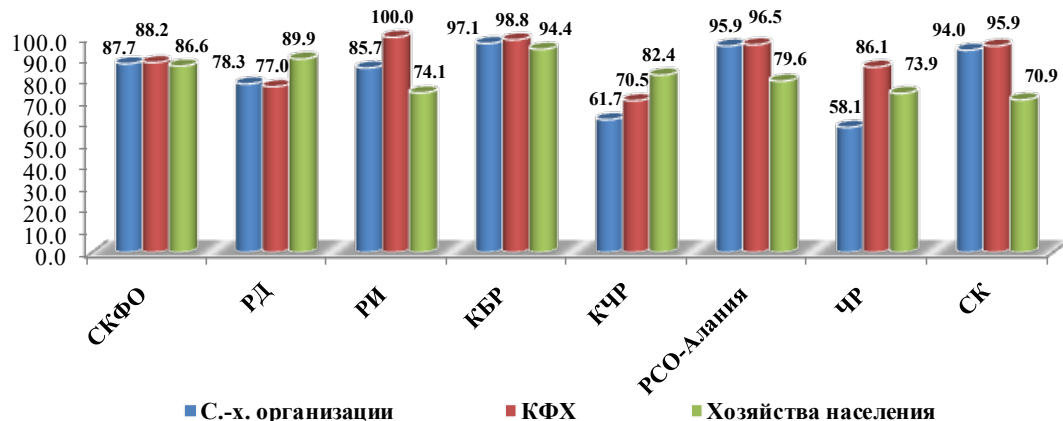


Рис. 1. Уровень хозяйственного использования сельскохозяйственных угодий различными категориями товаропроизводителей в СКФО в 2021 г., %

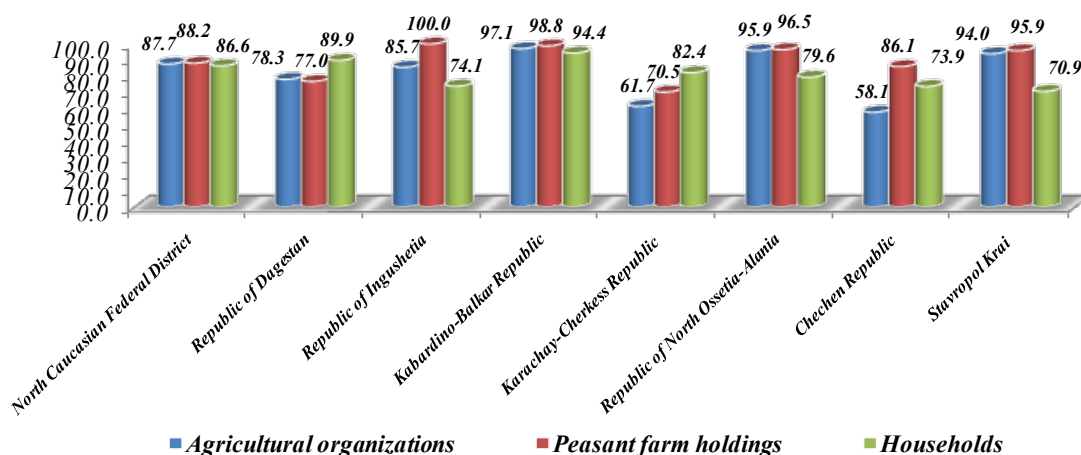


Fig. 1. The level of economic use of agricultural land by various categories of commodity producers in the North Caucasus Federal District in 2021, %

Таблица 1  
Посевные площади в хозяйствах всех категорий товаропроизводителей субъектов СКФО, тыс. га

Субъекты СКФО	Годы					Темп роста, %
	2010	2019	2020	2021	2022	
СКФО	3980,9	4431,0	4229,6	4374,2	4461,6	112,1
Республика Дагестан	272,1	351,6	357,6	360,1	358,2	131,6
Республика Ингушетия	62,8	66,0	63,6	66,7	66,0	105,2
Кабардино-Балкарская Республика	287,9	281,8	281,8	281,9	307,4	106,8
Карачаево-Черкесская Республика	121,5	128,6	130,2	124,9	116,8	96,1
Республика Северная Осетия – Алания	159,8	170,0	168,1	174,1	173,2	108,4
Чеченская Республика	188,01	276,4	291,0	300,8	306,1	162,8
Ставропольский край	2888,9	3156,6	2937,4	3065,7	3133,9	108,5

Table 1  
Acreage in farms of all categories of commodity producers of the subjects of the North Caucasus Federal District, thousand hectares

Subject of the North Caucasus Federal District	Years					Growth rate, %
	2010	2019	2020	2021	2022	
North Caucasian Federal District	3980.9	4431.0	4229.6	4374.2	4461.6	112.1
Republic of Dagestan	272.1	351.6	357.6	360.1	358.2	131.6
Republic of Ingushetia	62.8	66.0	63.6	66.7	66.0	105.2
Kabardino-Balkar Republic	287.9	281.8	281.8	281.9	307.4	106.8
Karachay-Cherkess Republic	121.5	128.6	130.2	124.9	116.8	96.1
Republic of North Ossetia – Alania	159.8	170.0	168.1	174.1	173.2	108.4
Chechen Republic	188.01	276.4	291.0	300.8	306.1	162.8
Stavropol Krai	2888.9	3156.6	2937.4	3065.7	3133.9	108.5

Соотношение среднегодовых объемов производства продукции растениеводства различными категориями товаропроизводителей субъектов СКФО в среднем за 2020–2022 гг.

Регионы	С.-х. организации		КФХ		ХН		Всего, млн руб.
	млн руб.	в % к итогу	млн руб.	в % к итогу	млн руб.	в % к итогу	
Республика Дагестан	9,8	11,4	74,2	86,0	2,2	2,6	86,2
Республика Ингушетия	2,8	19,5	1,7	11,9	9,8	68,6	14,3
Кабардино-Балкарская Республика	12,7	56,4	4,2	18,7	5,6	24,9	22,5
Карачаево-Черкесская Республика	6,7	41,9	5,3	33,1	4,0	25,0	16,0
Республика Северная Осетия – Алания	8,4	52,2	4,4	27,3	3,3	20,5	16,1
Чеченская Республика	10,6	28,6	3,3	8,9	23,1	62,5	37,0
Ставропольский край	128,2	66,6	14,0	7,3	50,2	26,1	192,4
СКФО	179,2	46,6	107,1	27,9	98,2	25,5	384,5

Table 2  
The ratio of the average annual production of crop production by various categories of commodity producers of the subjects of the North Caucasus Federal District on average for 2020–2022

Subject of the North Caucasus Federal District	Agricultural organizations		Peasant farm holdings		Households		Total, million rubles
	million rubles	as a % of the total	million rubles	as a % of the total	million rubles	as a % of the total	
Republic of Dagestan	9.8	11.4	74.2	86.0	2.2	2.6	86.2
Republic of Ingushetia	2.8	19.5	1.7	11.9	9.8	68.6	14.3
Kabardino-Balkar Republic	12.7	56.4	4.2	18.7	5.6	24.9	22.5
Karachay-Cherkess Republic	6.7	41.9	5.3	33.1	4.0	25.0	16.0
Republic of North Ossetia-Alania	8.4	52.2	4.4	27.3	3.3	20.5	16.1
Chechen Republic	10.6	28.6	3.3	8.9	23.1	62.5	37.0
Stavropol Krai	128.2	66.6	14.0	7.3	50.2	26.1	192.4
North Caucasian Federal District	179.2	46.6	107.1	27.9	98.2	25.5	384.5

Наиболее продуктивными видами сельскохозяйственных угодий являются пашня и многолетние продуктивные насаждения. Субъекты округа значительно различаются по уровню распаханности вследствие рельефных особенностей их территорий. Так, доля пашни в структуре сельскохозяйственных угодий составляет от 15,5 % в Республике Дагестан, 24 % в Карачаево-Черкесской Республике, 34 % в Чеченской Республике до 68 % в Ставропольском крае [4]. Важнейшим фактором функционирования многоукладной экономики является размер площади посевов, характеризующий одновременно уровень хозяйственного использования пашни. Более 70 % посевов округа сосредоточены в Ставропольском крае. В таблице 1 приведены сведения об общей площади посевов в субъектах округа в длительной динамике. За период с 2010 по 2022 гг. она увеличилась почти на полтысячи гектаров преимущественно за счет проведения культуртехнических работ и введения в эксплуатацию ранее неиспользованных под распашку сельскохозяйственных угодий.

Особенно высокий прирост площади посевов отмечен в Чеченской Республике (почти 63 %) и

в Республике Дагестан (выше 31 %). В остальных регионах темп роста составил 5–8 % при том, что в Карачаево-Черкесской Республике произошло сокращение пашни, причинами чего могут быть ее перевод в другие виды угодий, геологические процессы, бесхозяйственность.

Динамика и структура посевных площадей определяют объем произведенной продукции растениеводства, представленный в разрезе категорий товаропроизводителей в среднегодовом исчислении за последние три года (таблица 2).

Представленные данные свидетельствуют о том, что в структуре продукции растениеводства удельный вес сельскохозяйственных организаций варьирует от 11,4 % в Республике Дагестан до 66,6 % в Ставропольском крае. Экономическую ставку на крестьянско-фермерские хозяйства делает население Чечни и Республики Ингушетия и Чечня (62,5 % и 68,6 % соответственно), при этом в Республике Дагестан данный показатель составляет 2,6 %. Вместе с тем доля хозяйств населения в Дагестане превышает 86 % производства продукции растениеводства при минимальном показателе в Ставропольском крае – 7,3 %. Таким образом, предпочте-



ние в развитии отрасли условиям ведения крупного и среднего бизнеса отдают Ставропольский край, Республика Северная Осетия – Алания, Кабардино-Балкарская и Карачаево-Черкесская республики.

Информация о соотношении среднегодовых объемов производства продукции животноводства различными категориями товаропроизводителей субъектов СКФО в среднем за 2020–2022 гг. представлена в таблице 3. Для развития данной отрасли большая часть регионов округа располагает продуктивными естественными кормовыми угодьями, при этом значительная часть пастбищ, формально закрепленных за сельхозорганизациями (особенно земли отгонного животноводства), используются также для содержания скота, заготовки кормов хозяйствами населения. Согласимся с мнением В. Л. Аничина с соавторами о том, что развитие сельскохозяйственных организаций находится в сфере интересов представителей других укладов [16]. Территориальное соседство с сельскохозяйственными предприятиями выгодно как крестьянско-фермерским хозяйствам, так и хозяйствам на-

селения. Это связано с возможностью арендовать технику, получить по льготным ценам фураж, молодняк сельскохозяйственных животных. Таким образом, интересы представителей фермерского уклада и хозяйств населения оказывают организующее воздействие на развитие сельскохозяйственных организаций.

Информация, представленная в таблице, свидетельствует о том, что практически во всех субъектах округа в производстве продукции животноводства доминируют хозяйства населения (за исключением Ставропольского края). Так, в Чечне и Республике Северная Осетия – Алания эта форма хозяйствования обеспечивает до 85 % ее совокупной стоимости. Высокая доля индивидуального сектора в производстве животноводческой продукции в большинстве субъектов СКФО обусловлена природными (почти 0% общей площади приходится на горные и предгорные районы) и национально-историческими (разведение мелкого и крупного рогатого скота является неотъемлемой частью жизненного уклада и основой семейного хозяйства) особенностями территориально-хозяйственных систем.

Таблица 3  
Соотношение среднегодовых объемов производства продукции животноводства различными категориями товаропроизводителей субъектов СКФО в среднем за 2020–2022 гг.

Регионы	С.-х. организации		КФХ		ХН		Всего, млн руб.
	млн руб.	в % к итогу	млн руб.	в % к итогу	млн руб.	в % к итогу	
Республика Дагестан	15,6	18,2	14,2	16,5	56,0	65,3	85,8
Республика Ингушетия	0,3	3,1	4,5	45,8	5,0	51,1	9,8
Кабардино-Балкарская Республика	6,2	21,1	7,1	24,1	16,1	54,8	29,4
Карачаево-Черкесская Республика	4,2	19,7	6,2	29,1	10,9	51,2	21,3
Республика Северная Осетия – Алания	1,0	4,7	1,9	9,0	18,2	86,3	21,1
Чеченская Республика	1,1	4,0	3,5	12,8	22,7	83,2	27,3
Ставропольский край	40,9	58,5	4,3	6,1	24,7	35,4	69,9
СКФО	69,3	26,2	41,7	15,8	153,6	58,0	264,6

Table 3  
The ratio of the average annual production of livestock products by various categories of commodity producers of the subjects of the North Caucasus Federal District on average for 2020–2022

Subject of the North Caucasus Federal District	Agricultural organizations		Peasant farm holdings		Households		Total, million rubles
	million rubles	as a % of the total	million rubles	as a % of the total	million rubles	as a % of the total	
Republic of Dagestan	15.6	18.2	14.2	16.5	56.0	65.3	85.8
Republic of Ingushetia	0.3	3.1	4.5	45.8	5.0	51.1	9.8
Kabardino-Balkar Republic	6.2	21.1	7.1	24.1	16.1	54.8	29.4
Karachay-Cherkess Republic	4.2	19.7	6.2	29.1	10.9	51.2	21.3
Republic of North Ossetia-Alania	1.0	4.7	1.9	9.0	18.2	86.3	21.1
Chechen Republic	1.1	4.0	3.5	12.8	22.7	83.2	27.3
Stavropol Krai	40.9	58.5	4.3	6.1	24.7	35.4	69.9
North Caucasian Federal District	69.3	26.2	41.7	15.8	153.6	58.0	264.6

В Ставропольском крае, напротив, почти 60 % животноводческой продукции производится в сельскохозяйственных организациях, прежде всего на специализированных комплексах. Особенностью Республики Ингушетия является практически паритетное производство продукции в крестьянско-фермерских хозяйствах и хозяйствах населения. В целом между мелким и крупным сельскохозяйственным производством округа прослеживается своеобразное разделение: для крупных организаций характерна концентрация капиталоемких и высокомеханизированных производств, а трудоемкие – более типичны для малоформатного сектора.

Проведенное исследование позволило констатировать преобладание малых форм хозяйствования в структуре сельскохозяйственной отрасли ряда субъектов СКФО как в растениеводстве, так и в животноводстве. Хозяйства населения, в большинстве своем низкотоварные, играют важную роль в обеспечении населения продовольствием и служат страховкой в кризисные периоды, что связано с особыми целевыми установками и мотивами их хозяйственной деятельности. Кроме того, малые формы хозяйствования занимают определенные ниши в развитии отраслей, основанных на индивидуальном подходе и преимущественном использовании

ручного труда (пчеловодство, рыболовство, разведение редких пород птиц и др.) [19].

В отличие от крупного агробизнеса эффективность их деятельности повышается благодаря лучшим адаптационным возможностям к изменениям рыночной конъюнктуры. Кроме того, малые формы хозяйствования обеспечивают более высокую рентабельность производства невыгодной для крупных сельскохозяйственных товаропроизводителей продукции и способны быстро заполнять потребительские рынки при наличии интенсивных кооперационных связей [20].

По субъектам округа отмечается высокая вариативность структуры производства сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств. Так, если в Ставропольском крае на долю крупного бизнеса приходится почти 70 %, то в Республике Дагестан – не более 15 %. Здесь доминируют хозяйства населения – 78 %. В Кабардино-Балкарской Республике 41 % в структуре продукции сельского хозяйства составляет доля крестьянских (фермерских) хозяйств. Рассмотренная нами отраслевая структура аграрного производства требует своей детализации в части составляющих ее отдельных видов продукции растениеводства и животноводства. Представление об этом дают сведения таблицы 4.

Таблица 4  
Структура производства основных видов сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств СКФО, %

Наименование продукции	Сельскохозяйственные организации		Хозяйства населения		Крестьянские (фермерские) хозяйства	
	2015 г.	2022 г.	2015 г.	2022 г.	2015 г.	2022 г.
Зерно (в весе после доработки)	74,1	71,1	1,7	2,0	24,2	29,3
Семена подсолнечника	82,2	77,8	1,5	1,4	16,4	20,6
Картофель	14,3	15,4	68,7	68,7	17,0	15,9
Овощи	15,0	25,0	72,1	66,2	12,9	8,7
Скот и птица на убой	50,9	55,1	37,5	32,8	11,6	10,8
Молоко	14,0	15,4	71,7	68,4	14,3	16,3

Table 4  
The structure of production of the main types of agricultural products by categories of farms of the North Caucasus Federal District, %

Product Name	Agricultural organizations		Households		Peasant (farm) holdings	
	2015	2022	2015	2022	2015	2022
Grain (in weight after completion)	74.1	71.1	1.7	2.0	24.2	29.3
Sunflower seeds	82.2	77.8	1.5	1.4	16.4	20.6
Potato	14.3	15.4	68.7	68.7	17.0	15.9
Vegetables	15.0	25.0	72.1	66.2	12.9	8.7
Cattle and poultry for slaughter	50.9	55.1	37.5	32.8	11.6	10.8
Milk	14.0	15.4	71.7	68.4	14.3	16.3

Основные виды продукции в растениеводстве и животноводстве производятся всеми группами товаропроизводителей СКФО, хотя их объемы и структура существенно различаются. Преобладающая часть зерна и маслосемян подсолнечника поставляется сельскохозяйственными организациями, а картофеля, овощей и молока – хозяйствами населения. Так, в 2022 г. в Республике Дагестан в хозяйствах населения выращено 98,4 % картофеля и 96,3 % овощей, в Карачаево-Черкессии – по 79 % соответственно. Крестьянско-фермерские хозяйства по объему произведенной продукции занимают промежуточное положение между сельскохозяйственными организациями и хозяйствами населения. Только по производству овощей КФХ значительно уступают и тем и другим. Отсюда следует, что мелкотоварное производство играет существенную роль в производстве трудоемких и пока низкоэффективных видов продукции овощей, картофеля, молока, необходимых и для внутреннего потребления населения.

Как уже отмечалось, индивидуальный сектор преобладает в животноводстве во всех субъектах региона. В Ставропольском крае в хозяйствах населения, фермерских хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей содержится основная часть поголовья крупного рогатого скота (70,0 %), овец и коз (84,1 %). В 2022 г. в Кабардино-Балкарской Республике на долю хозяйств населения приходилось 72 % поголовья крупного рогатого скота, 94,3 % свиней, 51,7 % овец и коз. В национальных республиках сохраняются практически утраченные в стране традиции домашнего животноводства. Во многих районах, прежде всего высокогорных, разведение скота является неотъемлемой частью традиционного жизненного уклада и основой семейного хозяйства. С учетом того, что домашнее животноводство является основной статьей доходов для значительной части сельского населения СКФО, необходимо обеспечение их сезонного доступа к высокогорным и равнинным пастбищам, оказание помощи при закупке кормов, оборудования, ветеринарных препаратов, а также организации стабильного сбыта мясной и молочной продукции (особенно в отдаленных и высокогорных селах).

При условии обеспечения доступа к земле и кредитным ресурсам субъекты малого предпринимательства могут более эффективно реализовать имеющийся у них потенциал и накопленный опыт. Этому будет способствовать и реализация вступившего с 1 января 2023 г. в силу Постановления Правительства РФ № 695, согласно которому занятые в ЛПХ могут быть зарегистрированы в качестве самозанятых, что позволяет им получать субсидии от государства на возмещение части расходов по: возделыванию овощных культур в открытом грунте; выращиванию картофеля; овцеводству и козовод-

ству; выращиванию скота на мясо; получению молока. Отличительной особенностью самозанятых от индивидуальных предпринимателей является освобождение от уплаты страховых взносов, налогов на доход, при условии что земельная площадь не превышает 0,5 га и не привлекаются наемные работники.

Таким образом, в СКФО сформировались основные ниши производственно-отраслевой и сбытовой деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей различных хозяйственных форм: основную долю в производстве зерна, семян подсолнечника и мяса занимают сельскохозяйственные организации. Хозяйствам населения принадлежат лидирующие позиции по производству картофеля и овощей, а также молока. Одновременно прослеживается тенденция повышения доли крестьянских (фермерских) хозяйств в производстве зерна, семян подсолнечника и молока.

В настоящее время реализуются государственные программы по развитию малого бизнеса на селе, для малых форм хозяйствования предусмотрены различные формы поддержки, в том числе предоставление грантов на развитие семейных ферм, поддержку начинающих фермеров, развитие материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов [18]. Вместе с тем необходимость развития и поддержки малых форм хозяйствования в СКФО обусловлена комплексом объективных условий и факторов, характерных для данного региона. С учетом того, что малоформатный сектор экономики субъектов СКФО играет значимую роль в производстве большинства видов сельскохозяйственной продукции, особую актуальность приобретает разработка и реализация программ его поддержки, направленных как на повышение его эффективности, так и на расширение участия субъектов малого агробизнеса в обеспечении населения продуктами питания собственного производства. Это предполагает: поддержку малого бизнеса, содействие развитию кооперации, создание инфраструктуры, снижение уровня налогообложения, предоставление льгот на аренду земли, обеспечение финансовыми ресурсами малых хозяйств и др.

Несмотря на то что, согласно ФЗ № 264 от 29.12.2006 г. «О развитии сельского хозяйства», малые формы хозяйствования имеют равные с крупным бизнесом права на получение государственной поддержки, в настоящее время она предоставляется преимущественно сельскохозяйственным организациям. Так, в 2019–2021 гг. на долю крестьянско-фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей пришлось менее 10 % субсидий по льготным кредитам.

Эффективность деятельности малоформатного сектора экономики снижают, кроме низкого уровня

финансовой обеспеченности, и неэффективность налоговой системы, ограниченный доступ к факторам производства и рынкам сбыта, преобладание экстенсивных технологий производства, трудности при решении различных финансово-кредитных вопросов, как правило, более высокие издержки производства, проблемы с привлечением инвестиций и др. [18].

Одним из традиционных видов деятельности и основным источником доходов населения СКФО, ведением которой преимущественно занимаются малые хозяйства, является овцеводство. С учетом того, что разведение овец представляет собой уклад жизни для многих семей Северного Кавказа, ситуация, когда отрасль является самой депрессивной в плане реализации собственной продукции на всех рынках, недопустима. Решению этой проблемы будет способствовать реализация проектов по созданию комплекса полного цикла по производству и переработке баранины на основе контрактного фермерства и комплексной программы развития индустриального мясного овцеводства в Северо-Кавказском федеральном округе до 2030 года, стоимость которой оценивается в 40,6 млрд руб., в том числе 14,9 млрд руб. – из федерального бюджета. Предусматривается поддержка в виде компенсации 25 % затрат на создание и модернизацию комплексов, а также субсидия в размере 35 руб. на 1 кг мяса в живом весе, сданного на убой или переработку. По нашим оценкам, к 2035 г. по результатам реализации программы суммарный объем валового продукта с мультипликативным эффектом достигнет 900 млрд руб. Численность поголовья овец в СКФО увеличится на 60 %, также на 60 % возрастет количество КФХ и хозяйств населения, занимающихся разведением овец. Это значит, что около 20 тыс. хозяйств населения сектора этноэкономики, значительная часть которого находится в «тени», перейдут в категорию самозанятых, на сельских территориях появится 33 тыс. новых рабочих мест, а также 2 тыс. семейных ферм.

Таким образом, основным инструментом усиления мотивации хозяйствующих субъектов всех форм выступает государственная финансовая поддержка, механизм распределения которой требует корректировки в соответствии с изменившимися условиями. При этом приоритет должен быть отдан малоформатному сектору аграрного бизнеса, а одним из критериев распределения бюджетных средств должно стать снижение дифференциации в уровнях развития различных категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Перспективным направлением является разработка и внедрение в практику механизма трансформации хозяйств населения в семейные, фермерские хозяйства и другие формы малого и среднего

предпринимательства, особенно при производстве молока, мяса крупного рогатого скота, овец, шерсти, овощей, картофеля. Для этого необходимо как прямое государственное участие, так и интеграция с крупным бизнесом и кооперативами, способными обеспечить единые технологии производства и качественные характеристики производимой продукции.

В современных условиях одним из приоритетных направлений решения проблем в аграрном секторе, обусловленных нестабильностью условий функционирования многоукладной экономики, труднопрогнозируемой конъюнктурой и др., может стать широкое использование цифровых технологий (внедрении интернета вещей с соответствующей компонентной базой в виде датчиков, сенсоров и иных устройств; распространение БПЛА, систем автоматического управления техникой и роботизированного оборудования; развитие биотехнологических разработок по защите растений и здоровья животных, а также синтетическую биологию и др.).

Сравнительная оценка недостатков, преимуществ и перспектив развития многоукладной аграрной экономики субъектов СКФО представлена в таблице 5.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Особенностями сельской экономики СКФО являются устойчивые тенденции роста удельного веса малоформатного сектора в производстве продукции; малоземелье, трудоизбыточность, низкий уровень жизни сельского населения. Развитие малого агробизнеса позволит не только повысить уровень продовольственного обеспечения, но и решить ряд социально-экономических проблем: оптимизировать расселение и занятость, увеличить доходную часть местных бюджетов, улучшить использование земельного фонда. При этом многоукладность сельского хозяйства СКФО нужно рассматривать как важнейшее конкурентное преимущество, которое следует использовать в процессе стратегирования регионального развития региона. При выборе приоритетов развития, достижения мультипликативного эффекта необходима соответствующая экономическая политика, направленная на эффективное и рациональное взаимное дополнение потенциалов каждого из укладов сельского хозяйства СКФО. При этом высока вероятность, что развитие «горной аграрной экономики» (высокий удельный вес горных территорий в общей площади округа. Так, например, в Республике Дагестан этот показатель составляет 51 % при его общемировом значении в 22 %) на основе многоукладного хозяйства в будущем определит развитие всего Северного Кавказа. В связи с этим необходима разработка Концепции развития многоукладного сельского хозяйства СКФО, предусматривающая:



Таблица 5  
Сравнительная оценка недостатков, преимуществ и перспектив развития многоукладной аграрной экономики субъектов СКФО

Вид деятельности	С.-х. организации	КФХ	ХН
Инвестиционная привлекательность	<p>Производство, переработка, хранение, реализация и транспортировка продукции</p> <p>Средняя и высокая</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– реализация эффекта масштаба (рациональное использование техники и технологий, снижение затрат при наращивании объемов производства;</li> <li>– вертикальная интеграция (наука, производство, переработка с.-х. сырья и сбыт продукции);</li> <li>– повышение уровня товарности;</li> <li>– большая доступность средств государственной поддержки;</li> <li>– возможность использования административного ресурса</li> </ul>	<p>Производство, переработка продукции собственного производства</p> <p>Низкая</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– возможность кооперирования малых и средних КФХ в производстве, переработке, хранении и реализации продукции, а также в финансовой сфере;</li> <li>– доступность получения государственной поддержки на развитие малых форм хозяйствования;</li> <li>– высокая заинтересованность в результатах деятельности и мотивация труда;</li> <li>– оперативное реагирование на изменения конъюнктуры рынка</li> </ul>	<p>Производство, переработка продукции собственного производства</p> <p>Очень низкая</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая мотивация труда;</li> <li>– возможность применения льготного налогообложения;</li> <li>– необязательность государственной регистрации;</li> <li>– прозрачность владения и управления бизнесом;</li> <li>– весомый вклад в обеспечение населения продуктами питания;</li> <li>– повышение уровня доходов сельских домохозяйств</li> </ul>
Преимущества			
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> <li>– низкая мотивация и уровень оплаты труда</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ограниченные возможности расширения земельных угодий и внедрения новых технологий;</li> <li>– сложности в материально-техническом обеспечении;</li> <li>– преобладание ручного труда в овощеводстве, животноводстве;</li> <li>– ограниченность финансовых средств;</li> <li>– слабые кооперационные связи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– незначительные объемы и высокая трудоемкость производства;</li> <li>– недоступность инновационных технологий в кормлении, содержании с.-х. животных, обновление генфонда и племенной базы;</li> <li>– ограниченность финансовых ресурсов;</li> <li>– отсутствие производственной инфраструктуры;</li> <li>– проблемы сбыта продукции;</li> <li>– нерациональный режим труда и отдыха</li> </ul>
Направления совершенствования	<p>Для повышения устойчивости:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– расширенное воспроизводство плодородия почв;</li> <li>– оптимизация структуры посевных площадей;</li> <li>– развитие перспективных направлений деятельности (тепличное овощеводство и интенсивное садоводство, мясное скотоводство и овцеводство, рыбоводство);</li> <li>– разработка мероприятий по коренному улучшению воспроизводства стада, повышению доли продуктивных групп скота;</li> </ul>	<p>Для увеличения прибыльности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– отменить ограничения на экспорт зерна, прежде всего экспортные пошлины;</li> <li>– обеспечить объем государственной поддержки малых форм хозяйствования на уровне их вклада в производство сельскохозяйственной продукции;</li> <li>– упростить порядок оформления и получения государственных субсидий для малых форм хозяйствования;</li> </ul>	<p>Для реализации продовольственной и социальной функций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обеспечение сезонного доступа к высокогорным и равнинным пастбищам;</li> <li>– оказание помощи при закупке кормов, обору-дования, ветеринарных препаратов, а также организации стабильного сбыта мясной и молочной продукции (особенно в отдаленных и высокогорных селах);</li> <li>– предоставление льгот на аренду земли;</li> <li>– обеспечение финансовыми ресурсами;</li> </ul>

	<p>– обеспечение инновационного характера аграрного развития;</p> <p>– внедрение прогрессивных технологий, переход на качественно новый уровень интенсификации, основанный на более эффективном использовании трудовых, материальных, энергетических и агроэкологических ресурсов, биологического потенциала, продуктивности современных сортов растений и пород животных;</p> <p>– формирование эффективной системы государственного регулирования АПК на основе проведения целенаправленной бюджетной, кредитной, налоговой и социальной политики в интересах сельхозтоваропроизводителей</p>	<p>– отменить акцизный сбор на дизельное топливо для сельхозпроизводителей;</p> <p>– уравнивать тарифы на электроэнергию для сельхозпроизводителей и промышленных предприятий;</p> <p>– изменить законодательство в сфере агрострахования, в т. ч. разработать унифицированный договор</p>	<p>– интеграция с крупным бизнесом и кооперативами, способными обеспечить единые технологии производства и качественные характеристики производимой продукции;</p> <p>– формирование механизма экономического взаимодействия между хозяйствами населения и сельскохозяйственными организациями</p>
Перспективы	<p>– внедрение инновационных технологий, что позволит повысить эффективность использования биоклиматического и ресурсного потенциала отрасли; производительность труда и эффективность с.-х. деятельности;</p> <p>– экономическая концентрация усилит эффект масштаба и укрепит рыночное положение организации</p>	<p>– эффективное развитие при условии увеличения государственной поддержки, внедрения инновационных технологий, совершенствования кооперационных связей</p>	<p>– создание самостоятельных внутренних кооперативных связей на базе ХН и их интеграция с КФХ, с.-х. организациями и другими кооперативными структурами, с учетом экономических интересов сторон;</p> <p>– постепенная трансформация высокоотоварных хозяйств в КФХ</p>
Результат	<p>– достижение продовольственного самообеспечения региона зерном, картофелем, плодовоовощной продукцией, возможность направить ее значительную часть на переработку, межрегиональный обмен или экспорт</p>	<p>– реализация потенциала, основу которого составляет уникальная комбинация возможности применять современную технику и технологию, сочетания в одном лице частного экономического интереса, права распоряжаться ресурсами и предпринимательской ответственности</p>	<p>Эффективная форма хозяйствования, одновременно обеспечивает:</p> <p>– производство широкого ассортимента качественных продуктов,</p> <p>– занятость и качество жизни сельских жителей;</p> <p>– устойчивое развитие сельских территорий</p>

Table 5  
Comparative assessment of disadvantages, advantages and prospects for the development of a multi-layered agrarian economy of the subjects of the North Caucasus Federal District

Type of activity	Agricultural organizations	Peasant farm holdings	Households
Investment attractiveness	Production, processing, storage, sale and transportation of products Medium and high	Production, processing of products of own production Low	Production, processing of products of own production Very low
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>– implementation of economies of scale (rational use of equipment and technologies, cost reduction while increasing production volumes);</li> <li>– vertical integration (science, production, processing of agricultural raw materials and marketing of products);</li> <li>– increasing the level of marketability;</li> <li>– greater availability of state support funds;</li> <li>– the possibility of using an administrative resource</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– the possibility of cooperation of small and medium-sized farms in the production, processing, storage and sale of products, as well as in the financial sector;</li> <li>– availability of state support for the development of small businesses;</li> <li>– high interest in the results of activities and motivation of work;</li> <li>– prompt response to changes in market conditions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– high motivation of work;</li> <li>– the possibility of applying preferential taxation;</li> <li>– optional state registration;</li> <li>– transparency of business ownership and management;</li> <li>– a significant contribution to the provision of food to the population;</li> <li>– increasing the income level of rural households</li> </ul>
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>– low motivation and level of remuneration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– limited opportunities to expand land and introduce new technologies;</li> <li>– difficulties in logistics;</li> <li>– the predominance of manual labor in open-ground vegetable growing, potato growing, animal husbandry;</li> <li>– limited financial resources;</li> <li>– weak cooperative ties</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– small volumes and high labor intensity of production;</li> <li>– unavailability of innovative technologies in feeding, keeping farm animals, updating the gene pool and breeding base;</li> <li>– limited financial resources;</li> <li>– lack of production infrastructure; - problems of product sales;</li> <li>– irrational work and rest regime</li> </ul>
Areas of improvement	<ul style="list-style-type: none"> <li>– To increase sustainability:</li> <li>– expanded reproduction of soil fertility;</li> <li>– optimization of the structure of acreage;</li> <li>– development of promising areas of activity (greenhouse vegetable growing and intensive gardening, beef cattle and sheep breeding, fish farming);</li> <li>– development of measures to radically improve the reproduction of the herd, increase the share of productive groups of livestock;</li> <li>– ensuring the innovative nature of agricultural development;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– To increase profitability:</li> <li>– to lift restrictions on grain exports, primarily export duties;</li> <li>– to ensure the volume of state support for small businesses at the level of their contribution to the production of agricultural products;</li> <li>– simplify the procedure for registration and receipt of state subsidies for small businesses;</li> <li>– abolish the excise duty on diesel fuel for agricultural producers;</li> <li>– equalize electricity tariffs for agricultural producers and industrial enterprises;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– For the realization of the food and social function:</li> <li>– providing seasonal access to high-altitude and lowland pastures;</li> <li>– assistance in the purchase of feed, equipment, veterinary drugs, as well as the organization of stable sales of meat and dairy products (especially in remote and mountainous villages);</li> <li>– provision of land lease benefits;</li> <li>– provision of financial resources;</li> <li>– integration with large businesses and cooperatives capable of providing unified production technologies and quality characteristics of manufactured products;</li> </ul>

End of table 5

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– introduction of advanced technologies, transition to a qualitatively new level of intensification based on more efficient use of labor, material, energy and agroecological resources, biological potential, productivity of modern plant varieties and animal breeds;</li> <li>– formation of an effective system of state regulation of the agro-industrial complex on the basis of targeted budgetary, credit, tax and social policy in the interests of agricultural producers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– to change the legislation in the field of agricultural insurance, including to develop a unified contract</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– formation of a mechanism of economic interaction between households of the population and agricultural organizations</li> </ul>
The prospects	<ul style="list-style-type: none"> <li>– introduction of information technologies, which will increase the efficiency of using the bioclimatic and resource potential of the industry; labor productivity and efficiency of agricultural activities;</li> <li>– economic concentration will enhance the economies of scale and strengthen the market position of the organization</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– effective development on condition of increasing state support, introduction of innovative technologies, improvement of cooperative ties</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– creation of independent internal cooperative relations on the basis of KHN and their integration with farms, agricultural organizations, etc. cooperative structures, taking into account the economic interests of the parties;</li> <li>– gradual transformation of high-commodity farms into farms</li> </ul>
Result	<ul style="list-style-type: none"> <li>– achieving food self-sufficiency of the region with grain, potatoes, fruit and vegetable products, the ability to direct a significant part of it for processing, interregional exchange or export</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– realization of potential, which is based on a unique combination of the ability to use modern technology and technology, a combination of private economic interest, the right to dispose of resources and entrepreneurial responsibility in one person</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– an effective form of management, at the same time provides:</li> <li>– production of a wide range of quality products,</li> <li>– employment and quality of life of rural residents;</li> <li>– sustainable development of rural areas</li> </ul>



– системный подход к оптимальному сочетанию различных форм хозяйствования с учетом реализации экономических интересов всех категорий товаропроизводителей;

– основные направления, механизмы и систему мер государственного регулирования (финансово-экономические, законодательно-правовые, организационные условия, фискальная политика и др.),

обеспечивающие устойчивое развитие многоукладности в сельском хозяйстве;

– определение условий для эффективной деятельности как организаций, относящихся к базовому коллективному хозяйственному укладу, так и индивидуально-предпринимательского (фермерского) и семейного мелкотоварного хозяйственных укладов.

#### Библиографический список

1. Балянец К. М. Стратегические подходы инновационного развития агропромышленного комплекса Северо-Кавказского федерального округа // АПК: экономика, управление. 2022. № 10. С. 42–53. DOI: 10.33305/2210-42.
2. Кашаев И. В., Криулина Е. Н. Концептуальные механизмы повышения устойчивости сельскохозяйственной деятельности субъектов Северо-Кавказского федерального округа // АПК: экономика, управление. 2022. № 1. С. 3–8. DOI: 10.33305/221-3.
3. Криулина Е. Н., Кашаев И. В., Оганян Л. Р. Устойчивость развития сельскохозяйственного производства СКФО // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 5. С. 92–98. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_5\_92.
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система. [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (дата обращения: 25.05.2023).
5. Продукция сельского хозяйства в фактически действовавших ценах (окончательные данные). Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/43337> (дата обращения: 15.04.2023).
6. Сельскохозяйственная микроперепись 2021 года. [Электронный ресурс] Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/75792> (дата обращения: 23.05.2023).
7. Исаева О. В. Прогнозная модель развития аграрной структуры агропромышленного комплекса юга России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 103. С. 45–51. DOI: 10.21515/1999-1703-103-45-51.
8. Клименко А. И., Усенко Л. Н., Холодова М. А. Прогнозирование продовольственной безопасности региона в контексте экономической доступности продуктов питания // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 264–283. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-264-283.
9. Кашаев И. В., Криулина Е. Н. Концепция устойчивого развития сельского хозяйства Северо-Кавказского федерального округа в условиях территориальной и отраслевой дифференциации // АПК: экономика, управление. 2022. № 3. С. 50–59. DOI: 10.33305/223-50.
10. Воитлева З. А. Сравнительный анализ эффективности сельскохозяйственного производства различных форм хозяйствования // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 42–46. DOI: 10.31857/S2500-26272019342-46.
11. Mittal D., Yadav K., Kaur G., et al. Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook // *Frontiers in Nanotechnology*. 2020. Vol. 2. Article number 579954. DOI: 10.3389/fnano.2020.579954.
12. Chaplitskaya A., Heijman W., van Ophem J., Kusakina O. Innovation policy and sustainable regional development in agriculture: A case study of the Stavropol Territory // *Sustainability*. 2021. Vol. 13, No. 6. Article number 3509. DOI: 10.3390/su13063509.
13. Asma A. L. I., Perna S. Sustainability indicators in Agriculture: A Review and Bibliometric analysis using Scopus database // *Journal of Agriculture and Environment for International Development*. 2021. Vol. 115, No. 2. Pp. 5–21. DOI: 10.36253/JAEID-12083.
14. Zhichkin K. A., Nosov V. V., Abdulragimov I. A., et al. The food security concept as the state support basis for agriculture // *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19, No. 2. Pp. 629–637. DOI: 10.15159/AR.21.097.
15. Usenko L. N., Chernysheva Y. G., Guzey V. A., et al. Problems and perspectives of cluster formation in view of sustainability of development of regional business structures of the Russian Federation // *International Journal of Trade and Global Markets*. 2017. Vol. 10, No. 2-3. Pp. 160–167. DOI: 10.1504/IJTG.2017.086074.
16. Аничин В. Л., Дорофеев А. Ф., Юрченко Ю. Н. Экономические границы сельскохозяйственного производства в самостоятельных организациях // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 102. С. 13–18. DOI: 10.21515/1999-1703-102-13-18.
17. Мирошниченко Т. А., Криничная Е. П. Сельскохозяйственная кредитная потребительская кооперация как инструмент финансовой инклюзивности на селе // Аграрный вестник Урала. 2021. № 8 (211). С. 75–87. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-211-08-75-87.

18. Мухаметгалиев Ф. Н., Хафизов Д. Ф., Хисматуллин М. М. [и др.] Вопросы развития малых форм хозяйствования и кооперации в сельской местности // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 1(52). С. 138–144. DOI: 10.12737/article\_5ccedf76d50a12.50893731.

19. Maslova V. V., Chekalin V. S., Avdeev M. V. Agricultural Development in Russia in Conditions of Import Substitution // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. Vol. 89, No. 5. Pp. 478–485. DOI: 10.1134/S1019331619050058.

20. Kusnandar K., Kooten O., Brazier F.M. Supporting self-organisation in farmer organisations in developing countries: A case with a group of farmer groups in Indonesia // Journal of Co-operative Organization and Management. 2023. Vol. 11, Iss. 2. Article number 100214. DOI: 10.1016/j.jcom.2023.100214.

### Об авторах:

**Елена Николаевна Кривулина**, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией экономики, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0003-3112-4367, AuthorID 356930. *E-mail: enkriulina@mail.ru*  
**Лусине Робертовна Оганян**, руководитель научно-аналитического центра, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0002-0019-8956, AuthorID 744093. *E-mail: oganyan@inbox.ru*

### References

1. Baliyants K. M. Strategic approaches of innovative development of the agro-industrial complex of the North Caucasus Federal District. *AIC: economics, management*. 2022; 10: 42–53. DOI: 10.33305/2210-42. (In Russ.)

2. Kashchaev I. V., Kriulina E.N. Conceptual mechanisms for increasing the sustainability of agricultural activities of the subjects of the North Caucasus Federal District. *AIC: economics, management*. 2022; 1: 3–8. DOI: 10.33305/221-3. (In Russ.)

3. Kriulina E. N., Kashchaev I. V., Ohanyan L. R. Sustainability of agricultural production development in the North Caucasus Federal District. *Achievements of science and technology of the AIC*. 2022; 36 (5): 92–98. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_5\_92. (In Russ.)

4. Single Interdepartmental Information and Statistical System. EMISS [Internet] [cited 2023 May 25]. Available from: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950>. (In Russ.)

5. Agricultural products in actual prices (final data). State statistics [Internet] [cited 2023 April 15]. Available from: <https://www.fedstat.ru/indicator/43337>. (In Russ.)

6. Agricultural micro-census of 2021. Federal State Statistics Service [Internet] [cited 2023 May 23]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/folder/75792>. (In Russ.)

7. Isaeva O. V. Forecast model of the development of the agrarian structure of the agro-industrial complex of Southern Russia. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2023; 103: 45–51. DOI: 10.21515/1999-1703-103-45-51. (In Russ.)

8. Klimentko A. I., Usenko L. N., Kholodova M. A. Forecasting the food security of the region in the context of the economic availability of food. *Melioracia i gidrotehnika*. 2022; 12 (1): 264–283. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-264-283. (In Russ.)

9. Kashchayev I. V., Kriulina E. N. The concept of sustainable development of agriculture in the North Caucasus Federal District in terms of territorial and sectoral differentiation. *AIC: economics, management*. 2022; 3: 50–59. (In Russ.)

10. Voitleva Z. A. Comparative analysis of the efficiency of agricultural production of various forms of management. *Russian Agricultural Sciences*. 2019; 3: 42–46. DOI: 10.31857/S2500-26272019342-46. (In Russ.)

11. Mittal D, Yadav K, Kaur G., et al. Nanoparticle-Based Sustainable Agriculture and Food Science: Recent Advances and Future Outlook. *Frontiers in Nanotechnology*. 2020; 2: 579954. DOI: 10.3389/fnano.2020.579954.

12. Chaplitskaya A., Heijman W., van Ophem J., Kusakina O. Innovation policy and sustainable regional development in agriculture: A case study of the Stavropol Territory. *Sustainability*. 2021; 13 (6): 3509. DOI: 10.3390/su13063509.

13. Asma A. L. I., Perna S. Sustainability indicators in Agriculture: A Review and Bibliometric analysis using Scopus database. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*. 2021; 115 (2.): 5–21. DOI: 10.36253/JAEID-12083.

14. Zhichkin K. A., Nosov V. V., Abdulragimov I. A., et al. The food security concept as the state support basis for agriculture. *Agronomy Research*. 2021; 19 (2): 629–637. DOI: 10.15159/AR.21.097.

15. Usenko L. N., Chernysheva Y. G., Guzey V. A., et al. Problems and perspectives of cluster formation in view of sustainability of development of regional business structures of the Russian Federation. *International Journal of Trade and Global Markets*. 2017; 10 (2-3): 160–167. DOI: 10.1504/IJTGM.2017.086074.

16. Anichin V. L., Dorofeev A. F., Yurchenko Yu. N. Economic boundaries of agricultural production in independent organizations. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022; 102: 13–18. DOI: 10.21515/1999-1703-102-13-18. (In Russ.)

17. Miroshnichenko T. A., Krinichnaya E. P. Agricultural credit consumer cooperation as an instrument of financial inclusion in rural areas. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 8 (211): 75–87. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-211-08-75-87. (In Russ.)

18. Mukhametgaliyev F. N., Khafizov D. F., Khismatullin M. M., et al. Issues of development of small forms of management and cooperation in rural areas. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2019; 14 (1): 138–144. DOI: 10.12737/article\_5ccedf76d50a12.50893731.

19. Maslova V. V., Chekalin V. S., Avdeev M. V. Agricultural Development in Russia in Conditions of Import Substitution. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019; 89 (5): 478–485. DOI: 10.1134/S1019331619050058.

20. Kusnandar K., Kooten O., Brazier F. M. Supporting self-organisation in farmer organisations in developing countries: A case with a group of farmer groups in Indonesia. *Journal of Co-operative Organization and Management*. 2023; 11 (2): 100214. DOI: 10.1016/j.jcom.2023.100214.

**Authors' information:**

**Elena N. Kriulina**, candidate of economic sciences, head of the laboratory of economics, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0000-0003-3112-4367, AuthorID 356930. *E-mail: enkriulina@mail.ru*

**Lusine R. Oganyan**, head of the information and analytical center, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0000-0002-0019-8956, AuthorID 744093. *E-mail: oganyan@inbox.ru*

## Факторный анализ волатильности производства сельскохозяйственной продукции в РФ как индикатора экономического кризиса

А. М. Терехов<sup>1,2✉</sup>, А. О. Овчаров<sup>2</sup>, Н. Е. Назарова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный университет правосудия (Приволжский филиал), Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup> Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

<sup>3</sup> Институт пищевых технологий и дизайна – филиал Нижегородского государственного инженерно-экономического университета

✉ E-mail: [terehoff.t@yandex.ru](mailto:terehoff.t@yandex.ru)

**Аннотация.** Актуальность. Большой потенциал развития сельскохозяйственной отрасли в РФ обуславливает необходимость исследования факторов, оказывающих на нее влияние. В современных кризисных условиях развития экономики данное направление будет способствовать выявлению причин развития аграрных кризисов, принятию своевременных управленческих решений, связанных с минимизацией последствий их негативного влияния, быстрому восстановлению экономики. **Цель исследования** состоит в анализе факторов сельскохозяйственной деятельности, способных отражать влияние нестабильности и экономических кризисов на развитие аграрного сектора. **Методы.** Использовались методы нормированного скользящего стандартного отклонения, модель множественной линейной регрессии, метод прогнозирования на основе модели ARIMA, тест Грейнджера на причинность. **Научная новизна.** Впервые в российской практике произведена оценка волатильности сельскохозяйственных показателей, выявлены связи между этими показателями и шоками на финансовых рынках. **Результаты.** Смоделирована статистическая связь между объемом производства сельскохозяйственной продукции и факторами нестабильности, показавшая, что 87,5 % вариации производства сельскохозяйственной продукции может объясняться вариацией переменных (вода, труд). Тест на причинность показал, что нестабильность в сельскохозяйственном секторе является причиной волатильности индекса РТС, индекса промышленного производства. Спрогнозирован рост производства сельскохозяйственной продукции по всем трем сценариям прогнозирования. Наиболее вероятный (оптимальный) сценарий показал рост объемов производства до 9806,9 млрд руб. – по итогам 2023 г., до 10 707,1 млрд руб. – по итогам 2024 г. и до 11 605,1 млрд руб. – по итогам 2025 г. Сделан вывод, что финансовые шоки вызывают рост волатильности на сельскохозяйственных рынках.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, экономический кризис, индикаторы кризиса, факторы нестабильности, волатильность, прогноз, тест на причинность, статистическая связь

**Для цитирования:** Терехов А. М., Овчаров А. О., Назарова Н. Е. Факторный анализ волатильности производства сельскохозяйственной продукции в РФ как индикатора экономического кризиса // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 559–566. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-559-566>.

**Дата поступления статьи:** 13.12.2023, **дата рецензирования:** 09.01.2024, **дата принятия:** 16.02.2024.



# Factor analysis of the volatility of agricultural production in the Russian Federation as an indicator of the economic crisis

A. M. Terekhov<sup>1, 2✉</sup>, A. O. Ovcharov<sup>2</sup>, N. E. Nazarova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Russian State University of Justice (Volga Region Branch), Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup>Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>3</sup>Institute of Food Technology and Design – branch of the Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Nizhny Novgorod, Russia

✉E-mail: terehoff.t@yandex.ru

**Abstract. Relevance.** The great potential for the development of the agricultural industry in the Russian Federation necessitates the study of factors influencing it. In the current crisis conditions of economic development, this direction will help identify the causes of the development of agricultural crises, make timely management decisions related to minimizing the consequences of their negative impact and rapid economic recovery. **The purpose** of the study is to analyze the factors of agricultural activity that can reflect the impact of instability and economic crises on the development of the agricultural sector. **Methods.** The methods of normalized sliding standard deviation, a model of multiple linear regression, a forecasting method based on the ARIMA model, and the Granger causality test were used. **Scientific novelty.** For the first time in Russian practice, the volatility of agricultural indicators was assessed, the links between these indicators and shocks in financial markets were revealed. **Results.** A statistical relationship between the volume of agricultural production and instability factors has been modeled, showing that 87.5 % of the variation in agricultural production can be explained by variations in variables – water, labor. The causality test showed that instability in the agricultural sector is the reason for the volatility of the RTS index, the index of industrial production. The growth of agricultural production is predicted for all three forecasting scenarios. The most likely (optimal) scenario showed an increase in production volumes to 9806,9 billion rubles by the end of 2023, to 10 707,1 billion rubles by the end of 2024 and to 11 605,1 billion rubles by the end of 2025. It is concluded that financial shocks cause an increase in volatility in agricultural markets.

**Keywords:** agriculture, economic crisis, crisis indicators, instability factors, volatility, forecast, causality test, statistical relationship

**For citation:** Terekhov A. M., Ovcharov A. O., Nazarova N. E. Factor analysis of volatility of agricultural production in the Russian Federation as an indicator of the economic crisis. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 559–566. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-559-566>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 13.12.2023, **date of review:** 09.01.2024, **date of acceptance:** 16.02.2024.

## Постановка проблемы (Introduction)

Особенностью функционирования современных экономических систем является их подверженность влиянию кризисов разной природы, частота которых в последние годы заметно увеличилась. Любой кризис приводит к ухудшению экономического состояния, которое может быть продолжительным и затрагивать самые разные сектора и рынки, включая сельское хозяйство. В этом смысле последние кризисы 2020–2022 гг. (пандемия COVID-19 и зерновой кризис 2022 г.) стали серьезными потрясениями для существующих систем производства и распределения агропродовольственных товаров. В ряде исследований авторы выделяют такие возникшие, например, в связи с пандемией проблемы, как срывы в цепочках поставок сельскохозяйственной продукции [1], нарушения в транспортных се-

тях и банкротство многих поставщиков продуктов питания [2], рост прогулов в компаниях пищевой промышленности [3]. Зерновой кризис был связан с сокращением сельскохозяйственного производства в Украине, введением рядом стран ограничений на экспорт продовольствия. Этот кризис вызвал резкий рост цен на продукты питания, удобрения и энергоресурсы, а для некоторых стран Африки и Ближнего Востока, зависимых от импорта пшеницы из России и Украины, стал глобальным шоком, поскольку существенно ограничил доступ этих стран к продовольствию [4]. Многими авторами делается вывод, что долгосрочное воздействие кризисов на агропродовольственные системы может быть крайне разрушительным и трудно управляемым [5–7].

При анализе проявлений кризисов в сельском хозяйстве в современных исследованиях выде-

ляются факторы, которые либо провоцируют нестабильность в данном секторе, либо, наоборот, способствуют его устойчивому развитию. Среди дестабилизирующих факторов на первом месте находятся природные аномалии. В частности, большое внимание уделяется проблемам засухи и мероприятиям по повышению урожайности, прибыльности и устойчивости сельского хозяйства в засушливых районах многих стран, расположенных в различных макрорегионах [8–10]. К факторам, способствующим смягчению или преодолению последствий кризисов в сельскохозяйственном секторе, следует прежде всего отнести использование инноваций и технологий. Так, на основе глубинных интервью бразильских фермеров была выявлена система факторов устойчивого развития сельского хозяйства [11]. Среди них большое значение имеют инновации: фермеры под ними понимают технологии производства и использования возобновляемых источников энергии, которые позволяют повысить эффективность сельскохозяйственной деятельности (при условии, что это не наносит вред окружающей среде) [12]. Схожее исследование представлено в [13]: авторы разработали модель, измеряющую степень устойчивости развития сельского хозяйства через проверку взаимосвязей между различными факторами, среди которых особое место занимают инновации. В контексте внедрения инноваций в сельскохозяйственную практику встречаются также исследования, которые затрагивают поведенческие и этические аспекты проблемы. Например, при анализе основных факторов, определяющих вероятность внедрения итальянскими фермерами новых технологий в период сильных кризисов, была отмечена важность так называемого запланированного поведенческого контроля (Planned Behavioural Control) [5]. Согласно полученным результатам, он положительно влияет на намерение внедрять новые технологии, причем гораздо сильнее, чем, например, доступ к внешним финансовым ресурсам. Кроме того, выбор технологий должен быть ориентирован не только на снижение затрат и повышение производительности труда, но и на сохранение экологии.

Следует также отметить, что немаловажную роль играет выработка государственной политики по борьбе с экономическими кризисами на разных рынках, включая сельскохозяйственные рынки [14–16]. При этом традиционная практика помощи участникам рынка через субсидии или льготные кредиты не всегда приводит к положительному эффекту. Сегодня обсуждается комплексная концепция повышения устойчивости, которая в условиях внешней турбулентности должна позволить фермерам безболезненно менять операционные парадигмы. Однако для этого правительствам следует признать особенности различных систем ведения сель-

ского хозяйства и сформировать запасы ресурсов, причем не только экономических, но также институциональных и природных [17]. Эффективными могут стать и так называемые схемы общественного маркетинга (community marketing schemes), выступающие как альтернатива традиционным маркетинговым каналам. Благодаря этому инструменту можно реализовывать сельскохозяйственную продукцию среди потребителей в периоды нестабильности, обеспечивая при этом приемлемый уровень фермерских доходов.

Целью данного исследования является анализ по данным публичной российской отчетности факторов сельскохозяйственной деятельности, способных отражать влияние нестабильности и экономических кризисов на развитие аграрного сектора.

Задачи исследования:

- оценка волатильности сельскохозяйственных показателей и выявление связи между ними;
- среднесрочное прогнозирование объемов производства сельскохозяйственной продукции;
- выявление взаимосвязи волатильности на сельскохозяйственных и финансовых рынках.

В этом контексте наша гипотеза заключается в том, что финансовые шоки являются предикторами нарастания нестабильности и кризиса в сельскохозяйственной отрасли. Для проверки нашей гипотезы использовались продвинутое статистические и эконометрические приемы и обширная эмпирическая база.

Методология и методы исследования (Methods)

Практические результаты нашего исследования были получены за счет использования статистических и эконометрических методов анализа данных. Применялись методы нормированного скользящего стандартного отклонения, модель множественной линейной регрессии, тест Грейнджера на причинность, а также метод прогнозирования по модели ARIMA. Предварительно были выбраны статистические данные, которые связаны с результатами сельскохозяйственной деятельности в России. Кроме того, использовались данные, характеризующие финансовые рынки (курс рубля к доллару и индекс РТС) и промышленное производство. Динамические ряды были протестированы на стационарность, проанализированы автокорреляционные функции. В результате были выбраны наиболее подходящие формы моделей. Моделирование осуществлялось в программной среде Gretl.

В качестве кризисного индикатора  $I_x$  рассматривалась нормированная (переведенная в шкалу от 0 до 1) волатильность соответствующей сельскохозяйственной переменной, полученная по формуле:

$$I_x = \frac{V_x - \min V_x}{\max V_x - \min V_x}, \quad (1)$$

где  $V_x$  – отношение стандартного отклонения к среднему значению этой переменной за определен-

ный период времени. Минимальная волатильность соответствует нулевому значению кризисного индикатора, максимальная – единичному значению.

Использование метода множественной линейной регрессии позволило смоделировать статистическую связь между результирующей переменной и регрессорами, оказывающими на нее влияние. Данная модель имеет вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon, \quad (2)$$

где  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  – коэффициенты регрессии;  
 $X_1, X_2, \dots, X_k$  – регрессоры;  
 $\varepsilon$  – случайная ошибка модели;  
 $k$  – количество факторов в модели.

Качество модели проверялось по следующим тестам:  $p$ -test,  $t$ -test, тесты на нелинейность, RESET-test, White test (heteroscedasticity), Breusch – Pagan test (heteroscedasticity),  $LM$ -тест на автокорреляцию, анализ коррелограммы остатков, тест на наличие ARCH-процессов, тест на мультиколлинеарность переменных (на основе метода инфляционных факторов), тесты на нормальное распределение ошибок.

Для установления причинно-следственных связей между временными рядами различных переменных был использован тест Грейнджера на основе модели вида:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{k=1}^p \alpha_k Y_{t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{t-k} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

где  $X_t$  и  $Y_t$  – значение независимой (влияющей) и зависимой переменной в момент времени  $t$ ;  
 $k$  – временная задержка;  
 $\alpha_k$  и  $\beta_k$  – коэффициенты перед переменными;  
 $p$  – количество предыдущих значений (лагов), принимаемых во внимание;  
 $\varepsilon_t$  – ошибка.

Для прогнозирования объемов производства сельскохозяйственной продукции была задействована интегрированная модель авторегрессии скользящего среднего (ARIMA-модель). Она имеет следующий вид:

$$\Delta^d y_t - \alpha_1 \Delta^d y_{t-1} - \dots - \alpha_p \Delta^d y_{t-p} = \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q}. \quad (4)$$

$$t = d + \max\{p, q\} + 1, \dots, T \quad (5)$$

где  $d, p$  и  $q$  – порядок интегрирования, авторегрессии и скользящего среднего;

$\alpha_i, i = 1, \dots, p$  – параметры авторегрессии;  
 $\beta_i, i = 1, \dots, q$  – параметры скользящего среднего;  
 $\varepsilon$  – белый шум.

Использование инструментария прогнозирования позволит минимизировать риски и неопределенности в функционировании сельскохозяйственных систем, спланировать и скорректировать результаты хозяйственной деятельности с учетом влияния кризисов на состояние отрасли.

### Результаты (Results)

Нами были отобраны показатели официальной российской статистики, характеризующие состояние экономики сельского хозяйства и наиболее полно определяющие влияние на нее четырехэлементной системы факторов «вода – инвестиции – нефть – труд». Исходя из особенностей российской сельскохозяйственной статистики, которая ведет наблюдение исключительно в годовом разрезе (без детализации данных по месяцам и кварталам), были задействованы следующие 6 показателей: стоимость произведенной сельскохозяйственной продукции (PROD), добыча нефти (OIL), использование свежей воды на сельскохозяйственные нужды (WATER), инвестиции в сельское хозяйство (INVEST), оплата труда работников аграрной сферы (WAGE), количество работников занятых в сфере аграрного производства (EMPLOYEE). Рассматривался период 1990–2022 гг. Денежные показатели пересчитывались в сопоставимые цены с учетом накопленной инфляции. Для моделирования использовались абсолютные показатели, при расчете волатильности показатели были переведены в темпы роста.

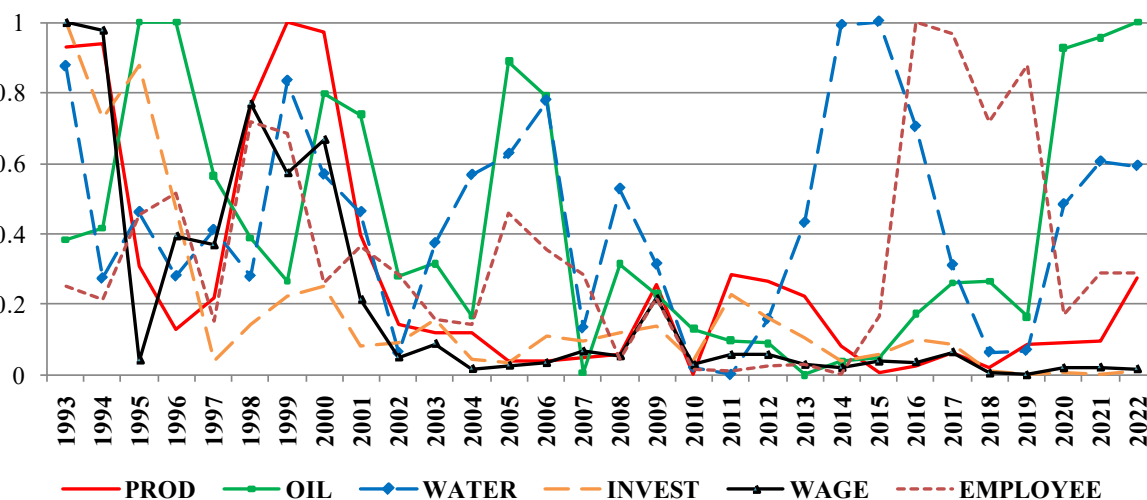


Рис. 1. Волатильность индикаторов сельскохозяйственной деятельности в России  
 Fig. 1. Volatility of indicators of agricultural activity in Russia

Таблица 1

## Результаты теста Грейнджера на причинность

Зависимая переменная	Независимая переменная	<i>p</i> -value	Нулевая гипотеза	Порядок лага
AGRI	EXCH	0,0193	не отклоняется	3
EXCH	AGRI	0,0292	не отклоняется	6
AGRI	RTS	> 0,1	отклоняется	любой
RTS	AGRI	0,0152	не отклоняется	5
AGRI	BRENT	0,0725	не отклоняется	5
BRENT	AGRI	0,0086	не отклоняется	8
AGRI	INDUSTR	> 0,1	отклоняется	любой
INDUSTR	AGRI	0,0600	не отклоняется	5

Table 1

## The results of the Granger causality test

Dependent variable	Independent variable	<i>p</i> -value	The null hypothesis	Lag order
AGRI	EXCH	0.0193	not rejected	3
EXCH	AGRI	0.0292	not rejected	6
AGRI	RTS	> 0.1	rejected	any
RTS	AGRI	0.0152	not rejected	5
AGRI	BRENT	0.0725	not rejected	5
BRENT	AGRI	0.0086	not rejected	8
AGRI	INDUSTR	> 0.1	rejected	any
INDUSTR	AGRI	0.0600	not rejected	5

Результаты расчетов волатильности выбранных переменных, полученных с помощью трехлетнего скользящего стандартного отклонения, показали, что у многих индикаторов повышенная волатильность наблюдалась в 1990-е годы, когда сельскохозяйственная отрасль России находилась в очень тяжелом положении (рис. 1). Это было связано с неэффективностью рыночных реформ, неплатежами, высокой инфляцией, нарушением сложившихся связей между участниками рынка. В первое десятилетие XXI века наблюдался спад напряженности на российском сельскохозяйственном рынке, что объясняется благоприятной мировой конъюнктурой и широкими мерами государственной поддержки отрасли. Они даже помогли избежать шока мирового кризиса 2008–2009 гг.: если периоды турбулентности негативно сказывались на финансовых рынках, то сельское хозяйство демонстрировало хорошие адаптационные способности к кризису. В последние годы очевидно нарастание нестабильности, которое можно объяснить санкционным давлением. Однако напряженность наблюдается лишь по отдельным переменным – правительственная политика и технологическая модернизация отрасли привели к определенным успехам в аграрном секторе России.

Анализ временных рядов на стационарность показал следующие результаты:

1. ADF-тест (с автоматическим определением лагов по критерию Акаике): ряд стационарен в первых разностях по всем переменным; ряд стационарен в уровнях переменной по переменной WATER.

2. KPSS-тест (включая тренд, порядок лагов = 2): ряд стационарен в первых разностях по

переменным PROD, WATER, INVEST; ряд стационарен в уровнях переменной по переменным OIL, WAGE, EMPLOYEE.

Отсутствие стационарности в уровнях переменной можно объяснить наличием тренда. С учетом полученных результатов для исключения влияния тренда на корректность расчетов было принято решение включить в модель переменную времени (TIME). Обработка данных методом наименьших квадратов позволила получить модель вида:

Результаты показали, что модель в целом адекватна описываемому явлению, 87,5 % вариации производства сельскохозяйственной продукции объясняется вариацией включенных факторов. Стандартная ошибка модели имеет низкие значения (0,002712). *P*-value модели меньше критического ( $3,98 \times 10^{-31} < 0,05$ ).

Следует отметить, что в нашей модели зафиксирована значимая статистическая связь производства сельскохозяйственной продукции с использованием воды на нужды аграрного сектора. Данный результат подтверждается рядом исследований, затрагивающих проблемы эксплуатации водных ресурсов в условиях кризиса. Действительно, сегодня идут дискуссии о продолжающемся водном кризисе, вызванном глобальным ростом спроса на водные ресурсы при их неравномерном распределении по всему миру [18]. Это создает проблемы для сельского хозяйства. Необходимость производства продовольствия, особенно в полузасушливых и безводных регионах, в сочетании с постоянно растущим спросом на новые продовольственные продукты вынуждает сельскохозяйственную отрасль расширять свою деятельность, что требует больших масштабов исполь-



Таблица 2

## Прогноз производства продукции сельского хозяйства в России на 2023–2025 гг., млрд руб.

Прогнозируемый период	Оптимальный сценарий	Пессимистичный сценарий	Оптимистичный сценарий
2023	9806,9	9314,4	10 299,4
2024	10 707,1	9852,9	11 561,3
2025	11 605,1	10 445,9	12 764,4

Table 2

## Forecast of agricultural production in Russia for 2023–2025, billion rubles

The forecast period	The optimal scenario	A pessimistic scenario	An optimistic scenario
2023	9806.9	9314.4	10 299.4
2024	10 707.1	9852.9	11 561.3
2025	11 605.1	10 445.9	12 764.4

зования воды для орошения. Это оказывает дополнительное давление на уязвимый водохозяйственный сектор. Кроме того, доступ к новым водным ресурсам является энергозатратной процедурой, которая может вызвать дополнительную нагрузку и на энергетику. Наконец, изменение климата еще больше может осложнить ситуацию, поскольку оно не только влияет на развитие сельскохозяйственного сектора, но и усиливает негативные последствия водного и энергетического кризисов [19].

Для выявления причинности был реализован тест Грейнджера. Предварительно рассчитывался агрегированный показатель волатильности AGRI – средняя геометрическая ненормированных стандартных отклонений всех шести ранее выбранных сельскохозяйственных индикаторов. Затем он рассматривался как зависимая и независимая переменная в модели (3) вместе с переменными, характеризующими финансовые рынки (курс рубля к доллару – EXCH, индекс РТС как основной индикатор фондового рынка России – RTS, фьючерс на нефть – BRENT), а также с переменной INDUSTR – индексом промышленного производства. Эти переменные также переводились в волатильности. В качестве нулевой гипотезы предполагалось наличие причинности.

В таблице 1 показаны результаты теста Грейнджера. На их основе можно сделать вывод, что турбулентность на финансовых рынках может быть причиной нарастания нестабильности и кризисов в сельском хозяйстве. Это согласуется со многими исследованиями: рядом авторов показано, что финансовые шоки благодаря эффекту заражения (contagion effects) распространяются на сырьевые и сельскохозяйственные рынки [20; 21]. Однако однозначной причинно-следственной связи здесь не наблюдается. Например, тест показал, что нестабильность в сельскохозяйственном секторе является причиной волатильности индекса РТС. Это можно объяснить тем, что данный индекс отражает капитализацию предприятий, многие из которых прямо или косвенно связаны с рынками производства и торговли агропродовольственными товарами

и услугами. Сильный стресс на этих рынках провоцирует повышенную волатильность акций этих компаний, что приводит к резкому росту или снижению значений самого индекса.

Для прогнозирования объемов производства продукции сельского хозяйства на среднесрочную перспективу нами была построена модель ARIMA (1, 2, 1). Спецификация модели выбрана с использованием функции Automatic ARIMA в программной среде Gretl. Результаты предварительно проведенного анализа автокорреляционной и частной автокорреляционной функций, а также исследование ряда на стационарность не отвергают возможность использования выбранной спецификации. Оптимальность выбранной спецификации подтверждается минимальными значениями информационных критериев: Акаике = 301,977, критерий Хеннана – Куинна = 302,884, критерий Шварца = 306,155, R-квадрат = 0,987. Автокорреляция остатков отсутствует, не отвергается гипотеза о нормальном распределении остатков. Проведенные тесты показали, что построенные модели соответствуют всем критериям качества.

На основе построенной ARIMA-модели представлены варианты прогноза (таблица 2).

Все из приведенных сценариев прогноза показывают увеличение производства продукции сельского хозяйства. С сохранением текущей экономической ситуации нам представляется наиболее реализуемым оптимальный сценарий. При дальнейшем ограничении поставок сельскохозяйственной продукции из Украины на международные рынки и вследствие этого – роста спроса на продукцию российских товаропроизводителей возможна реализация оптимистичного сценария. В случае осложнения ситуации в России (возникновения новых кризисов), например, усиления политической напряженности или ухудшения эпидемиологической обстановки, возможна реализация пессимистичного сценария.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Анализ современных исследований позволил выявить факторы, провоцирующие кризисы и не-

стабильность в сельском хозяйстве. Для целей статистического и эконометрического анализа эти факторы были ограничены системой «вода – инвестиции – нефть – труд» и представлены в виде соответствующих статистических показателей и их волатильностей. Исследование волатильности позволило определить периоды нарастания и спада нестабильности сельскохозяйственной отрасли России в течение 1990–2022 гг. Всплески волатильности приходились на кризисные эпизоды в российской экономике, спады были следствием реализации мер антикризисной политики со стороны правительства и монетарных властей. На основе данных российской сельскохозяйственной статистики была выделена система факторов, влияющих на производство сельскохозяйственной продукции. Построенная модель множественной линейной регрессии показала значимую статистическую связь производства сельскохозяйственной продукции с двумя переменными: использованием свежей воды на сельскохозяйственные нужды и оплатой труда работников аграрной сферы.

Для выявления причинно-следственной связи взаимовлияния факторов нестабильности сельскохозяйственной деятельности на различные сектора и рынки нами был реализован тест по Грейнджеру. Использовались переменные, характеризующие волатильность сельскохозяйственных, финансовых и производственных рынков. Результатом стал вывод, что финансовые шоки (в нашей модели – скачки волатильности курса доллара и фьючерсов на нефть) могут быть предикторами сельскохозяйственных кризисов.

Использование модели ARIMA позволило получить три сценария среднесрочных прогнозов. Наиболее вероятный сценарий продемонстрировал увеличение производства сельскохозяйственной продукции с учетом сложившейся кризисной ситуации в экономике России.

Развитие исследования возможно посредством корректировки и расширения показателей, построения моделей в отношении не только России, но и других стран и проведения на этой основе межстрановых сравнений. Кроме того, целесообразно использовать другие методы агрегирования сельскохозяйственных показателей (в частности, для временных рядов пригоден метод главных компонент) и разрабатывать модели, позволяющие получать оценки связей аграрных кризисов не только с экономическими, но и природными, политическими и иными факторами.

Перспективным направлением также представляется подход к исследованию кризисов в контексте теории и методологии финансового заражения – концепции, которая учитывает трансмиссию шоков от одного рынка к другому в период кризиса. Сельскохозяйственные рынки могут выступать в качестве передатчиков и/или реципиентов такого заражения, поскольку подвержены негативному воздействию внешних шоков. Очень полезно уметь оценивать масштабы, скорость и направленность финансового заражения в аграрном секторе. Эти оценки могут быть использованы сельскохозяйственными организациями и государственными органами для выработки мер предупреждения и противодействия экономическим кризисам.

### Библиографический список (References)

1. Sharma R., Shishodia A., Kamble S., Gunasekaran A., & Belhadi A. Agriculture supply chain risks and COVID-19: mitigation strategies and implications for the practitioners. *International Journal of Logistics Research and Applications*. 2020; 1–27. DOI: 10.1080/13675567.2020.1830049.
2. Nakat Z., Bou-Mitri C. COVID-19 and the food industry: Readiness assessment. *Food Control*. 2021; 121: 107661. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107661.
3. Walters L., Wade T., Suttles S. Food and agricultural transportation challenges amid the COVID-19 pandemic. *Choices*. 2020; 35: 1–8. DOI: 10.22004/ag.econ.305280.
4. Hall D. Russia's invasion of Ukraine and critical agrarian studies. *The Journal of Peasant Studies*. 2023; 50 (1): 26–46. DOI: 10.1080/03066150.2022.2130263.
5. Passarelli M., Bongiorno G., Cucino V., Cariola A. Adopting new technologies during the crisis: An empirical analysis of agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change*. 2023; 186 (A): 122106. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.122106.
6. Zolghadr-Asli B., McIntyre N., Djordjevic S., Farmani R., Pagliero L. The sustainability of desalination as a remedy to the water crisis in the agriculture sector: An analysis from the climate-water-energy-food nexus perspective. *Agricultural Water Management*. 2023; 286: 108407. DOI: 10.1016/j.agwat.2023.108407.
7. Roubík H., Lošťák M., Ketuama C.T., Procházka P., Soukupová J., Hakl J., Karlík P., Hejzman M. Current coronavirus crisis and past pandemics – What can happen in post-COVID-19 agriculture? *Sustainable Production and Consumption*. 2022; 30: 752–760. DOI: 10.1016/j.spc.2022.01.007.
8. Selby J. Climate change and the Syrian civil war, Part II: the Jazira's agrarian crisis. *Geoforum*. 2019; 101: 260–274.
9. Caball R., Malekpour S. Decision making under crisis: Lessons from the Millennium Drought in Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2019; 34: 387–396.

10. El-Sadek A. N., El-Ghany F. I. A., Shaalan A. M. Simulating the effect of tillage practices on the yield production of wheat and barley under dryland condition. *Agronomy Research*. 2020; 18 (4): 2374–2390. DOI: 10.15159/AR.20.188.
11. Laurett R., Paço A., Mainardes E. W. Measuring sustainable development, its antecedents, barriers and consequences in agriculture: An exploratory factor analysis. *Environmental Development*. 2021; 37 (6): 100583. DOI: 10.1016/j.envdev.2020.100583.
12. Collotta M., Tomasoni G. The economic sustainability of small-scale biogas plants in the Italian context: the case of the cover slab technology. *Agronomy Research*. 2017; 15 (2): 376–387.
13. Laurett R., Paço A., Mainardes E.W. Antecedents and consequences of sustainable development in agriculture and the moderator role of the barriers: Proposal and test of a structural model. *Journal of Rural Studies*. 2021. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2021.06.014.
14. Graddy-Lovelace G., Diamond A. From supply management to agricultural subsidies – and back again? The U.S. Farm Bill & agrarian (in)viability. *Journal of Rural Studies*. 2017; 50: 70–83. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2016.12.007.
15. Kornher L., Kalkuhl M. The gains of coordination – when does regional cooperation for food security make sense? *Global Food Security*. 2019; 22: 37–45. DOI: 10.1016/j.gfs.2019.09.004.
16. Yencken E. From the common agricultural policy to the Eurozone crisis: bilateral disputes in the Australia–EU relationship. *The Round Table*. 2018; 107 (5): 585–600. DOI: 10.1080/00358533.2018.1527519.
17. Lioutas E. D., Charatsari C. Enhancing the ability of agriculture to cope with major crises or disasters: What the experience of COVID-19 teaches us. *Agricultural Systems*. 2021; 187: 103023.
18. Zolghadr-Asli B., McIntyre N., Djordjevic S., Farmani R., Pagliero L. The sustainability of desalination as a remedy to the water crisis in the agriculture sector: An analysis from the climate-water-energy-food nexus perspective. *Agricultural Water Management*. 2023; 286: 108407. DOI: 10.1016/j.agwat.2023.108407.
19. Zolghadr-Asli, B., Bozorg-Haddad, O., Chu, X. Hydropower in Climate Change. *Encyclopedia of Water*. 2019: 1–5. DOI: 10.1002/9781119300762.wsts0089.
20. Ayadi A., Gana M., Goutte S., Guesmi K. Equity-Commodity Contagion During Four Recent Crises: Evidence from the USA, Europe and the BRICS. *International Review of Economics & Finance*. 2021; 76: 376–423. DOI: 10.1016/j.iref.2021.06.013.
21. Gong X., Jin Y., Liu T. Analyzing pure contagion between crude oil and agricultural futures markets. *Energy*. 2023; 269: 126757. DOI: 10.1016/j.energy.2023.126757.

#### Об авторах:

**Андрей Михайлович Терехов**, кандидат экономических наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Российский государственный университет правосудия (Приволжский филиал), Нижний Новгород, Россия, доцент кафедры сервиса и туризма, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия; ORCID 0000-0002-2356-4533, AuthorID 773654. *E-mail: terehoff.t@yandex.ru*

**Антон Олегович Овчаров**, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, главный научный сотрудник Центра макро- и микроэкономики, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия; ORCID 0000-0003-4921-7780, AuthorID 398901. *E-mail: anton19742006@yandex.ru*

**Наталья Евстафьевна Назарова**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения, управления качеством и экономики сферы услуг, Институт пищевых технологий и дизайна – филиал Нижегородского государственного инженерно-экономического университета, Нижний Новгород, Россия; ORCID 0000-0003-3373-3270, AuthorID 652237. *E-mail: nazarova-iptd@mail.ru*

#### Authors' information:

**Andrey M. Terekhov**, candidate of economic sciences, associate professor of the department of humanities and socio-economic disciplines, Russian State University of Justice (Volga Region Branch), Nizhny Novgorod, Russia, associate professor of the department of service and tourism, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia; ORCID 0000-0002-2356-4533, AuthorID 773654. *E-mail: terehoff.t@yandex.ru*

**Anton O. Ovcharov**, doctor of economic sciences, professor of the department of accounting, senior research fellow of the center for macro and microeconomics, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia; ORCID 0000-0003-4921-7780, AuthorID 398901. *E-mail: anton19742006@yandex.ru*

**Natalya E. Nazarova**, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of commodity science, quality management and economics of the service sector, Institute of Food Technology and Design – branch of the Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Nizhny Novgorod, Russia; ORCID 0000-0003-3373-3270, AuthorID 652237. *E-mail: nazarova-iptd@mail.ru*

## Возможности и ограничения развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях санкционного давления

Н. А. Яковенко<sup>✉</sup>, И. С. Иваненко

Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: [yana0206@yandex.ru](mailto:yana0206@yandex.ru)

**Аннотация.** Актуальность исследования определяется необходимостью адаптации российского продовольственного рынка и его отдельных сегментов к новым глобальным вызовам для обеспечения продовольственной безопасности страны. **Целью** научной работы является исследование изменений динамики и структуры производства и потребления мяса и мясопродуктов, обоснование направлений развития отдельных сегментов рынка мяса и мясопродуктов в условиях действия санкционных ограничений. **Методы.** В процессе исследования использовались такие общенаучные методы познания, как абстрактно-логический, монографический, метод сравнения, динамического и структурного анализа. **Результаты.** Выявлены разнонаправленные тенденции в развитии отдельных сегментов рынка мясопродуктов. Положительная динамика наблюдается в производстве и потреблении мяса птицы и мяса свиней. В 2021 г. фактическое потребление мяса птицы превышало нормативное потребление на 10,3 %, свинины – на 56,8 %. Производство мяса птицы было выше нормативного потребления на 12 %, свинины – на 63,5 %. Противоположные тенденции наблюдались при производстве и потреблении мяса крупного рогатого скота. В 2021 г. фактическое потребление мяса КРС было ниже нормативного потребления на 34,9 %, а производство – меньше на 43,3 %. Разнонаправленные тенденции предполагают различные модели развития сегментов мясопродуктового рынка. Избыточный прирост объемов производства свинины и мяса птицы может привести к ухудшению финансовой ситуации в отраслях. Недостаточный объем производства мяса КРС снижает физическую и экономическую доступность продовольствия для населения страны. В этих условиях агропродовольственная политика должна учитывать сбалансированность развития продуктовых цепочек, обновлять механизмы структурного маневра ресурсами и структурных преобразований, конкретизировать целевые установки в области импортозамещения. **Научная новизна результатов** исследования состоит в обосновании направлений развития различных сегментов рынка мясных продуктов на основе выявленных тенденций и особенностей их функционирования в условиях санкционных ограничений.

**Ключевые слова:** емкость рынка, мясопродуктовая цепочка, санкции, возможности, ограничения, производство, потребление

**Для цитирования:** Яковенко Н. А., Иваненко И. С. Возможности и ограничения развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях санкционного давления // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 567–578. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-567-578>.

**Дата поступления статьи:** 09.11.2023, **дата рецензирования:** 24.11.2023, **дата принятия:** 09.01.2024.



## Russian meat and meat products market opportunities and limits under sanctions pressure

N. A. Yakovenko✉, I. S. Ivanenko

Institute of Agrarian Problems – a separate structural subdivision of the Federal Research Center “Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Saratov, Russia

✉E-mail: yana0206@yandex.ru

ЭКОНОМИКА

**Abstract.** The relevance of the study is determined by the need to adapt the Russian food market and its individual segments to new global challenges to ensure the country's food security. **The purpose** of the scientific work is to study changes in the dynamics and structure of production and consumption of meat and meat products, to substantiate the directions for the development of individual segments of the meat and meat products market under the conditions of sanctions restrictions. **Methods.** General cognition methods such as abstract-logical, monographic methods, comparison methods, dynamic and structural analysis were used in the course of investigations. **Results.** Multidirectional trends in the development of individual segments of the meat products market have been identified. There is positive trend in production and consumption of poultry and pig meat. Opposite trends are in production and consumption of cattle meat. Multidirectional trends indicate different development models for meat product market segments. Excessive growth in poultry and pork production volumes could lead to a deterioration in the financial situation in the industries. Insufficient cattle meat production reduces the physical and economic food availability for households. In these conditions, agri-food policy must take into account the balanced development of food chains, justify the mechanisms of structural maneuver of resources and structural transformations, and specify targets in the field of import substitution. **The scientific novelty** of the study is substantiation of the directions for the development of various segments of the meat products market based on the identified trends and features of their functioning under sanctions restrictions.

**Keywords:** market capacity, meat product chain, sanctions, opportunities, restrictions, production, consumption

**For citation:** Yakovenko N. A., Ivanenko I. S. Russian meat and meat products market opportunities and limits under sanctions pressure. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 567–578. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-567-578>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 09.11.2023, **date of review:** 24.11.2023, **date of acceptance:** 09.01.2024.

### Постановка проблемы (Introduction)

Современный этап развития мирового продовольственного рынка характеризуется противоречивыми тенденциями, которые влияют на устойчивость функционирования российского агропродовольственного комплекса. С одной стороны, глобальный спрос на продукцию агропродовольственного комплекса растет быстрее глобального предложения из-за высоких темпов роста населения. С повышением уровня жизни, особенно в развивающихся странах, происходит смещение потребительских предпочтений на более качественное продовольствие, улучшается структура потребления, что требует расширения ассортимента продовольствия [1]. Наблюдается рост рынка продовольствия и сельскохозяйственной продукции за счет более активного включения развивающихся стран. С другой стороны, на мировом продовольственном рынке усиливается конкуренция между мировыми производителями, возрастает значение протекционистских мер и неэкономических методов воздействия на конкурентов [2–4]. Активное вовлечение российских производителей сельскохозяйственной

продукции и продовольствия в глобальные продуктовые цепочки в последние годы усилило влияние изменений мирового продовольственного рынка на развитие агропродовольственного комплекса страны.

К нарастанию кризисных тенденций на мировом продовольственном рынке, его фрагментации ведет санкционная политика ряда западных стран в отношении России, что создает дополнительные угрозы для всемирной продовольственной безопасности [5; 6]. Несмотря на отсутствие прямых санкций в отношении российского агропродовольственного комплекса, на развитие его основных отраслей негативный косвенный эффект оказывают ограничения, введенные в других секторах экономики [7–9]. Адаптация к новым условиям функционирования агропродовольственного комплекса страны предполагает разработку и реализацию стратегий, направленных на преодоление последствий санкций и повышение устойчивости комплекса.

Развитие инновационной деятельности, цифровизация стимулируют технологические, организационные, операционные, кадровые, маркетинговые

и другие трансформации, что ведет к усилению сегментации процесса производства товаров и их доведения до потребителя, в том числе продуктов питания, и активизации интеграционных процессов в агропродовольственном комплексе. В рамках интеграционных взаимодействий субъектов, совместно участвующих в создании конечного продукта, формируются продуктовые цепочки [10–12]. В контексте устойчивости продовольственных систем, декларируемой ФАО, продуктовая цепочка агропродовольственного комплекса рассматривается как совокупность различных видов деятельности в рамках производственной системы, скоординированных и обеспечивающих производство определенного вида сельскохозяйственного сырья и его переработку с получением определенных пищевых продуктов, реализацию продукции конечному потребителю с обеспечением прибыльности производителей на каждом этапе, выгоды для общества и оптимального использования природных ресурсов. Эффективность функционирования продуктовых цепочек агропродовольственного комплекса определяет устойчивость продовольственного рынка.

Исследование проблем развития мясопродуктового сегмента продовольственного рынка России и мясопродуктовой цепочки тесно взаимосвязано с продовольственной независимостью и безопасностью страны. Уровень потребления и самообеспеченности мясом и мясопродуктами используется в качестве одного из основных индикаторов оценки продовольственной безопасности России [13]. Аналитики отмечают, что функционирование мясопродуктовой цепочки подвержено влиянию многих факторов, которые динамично изменяются [14–16]. Поэтому в современных условиях системному анализу угроз и оценке возможностей российского аграрного бизнеса, прогнозированию и моделированию развития ситуации на внутреннем и внешнем продовольственных рынках, выявлению особенностей развития продуктовых цепочек должно уделяться пристальное внимание.

Масштабные ограничительные меры, введенные рядом западных стран против России в 2022–2023 гг., привели к трансформации интеграционных процессов в глобальной продовольственной системе, а также к существенным изменениям в функционировании российского агропродовольственного комплекса и продовольственного рынка. Кризис логистических цепочек и внешнеторговых расчетов, рост барьеров входа на внешние продовольственные рынки переориентировали внимание производителей на внутренние рынки. В этих условиях весьма актуальной является оценка емкости рынка, внешних и внутренних источников формирования ресурсов мяса и мясопродуктов, конкурентоспособности производителей.

Целью исследования является выявление особенностей динамики и структуры развития рынка мяса и мясной продукции России, обоснование направлений развития мясопродуктового сегмента продовольственного рынка России в условиях геоэкономических и геополитических санкций.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Теоретической основой исследования являлись труды отечественных ученых, публикации в периодической печати по проблемам развития мясопродуктового подкомплекса и рынка мяса России. Для достижения поставленной цели в исследовании использованы методы научного абстрагирования, теоретического обобщения, сравнительного, динамического и структурного анализа.

Оценка емкости рынка мяса и мясопродуктов осуществлялась на основе сравнения нормативной и фактической емкости.

Фактическая емкость рынка – это показатель, характеризующий фактический объем спроса. Рассчитывается как произведение фактического потребления  $i$ -го продукта на душу населения и численности населения в  $i$ -м году.

Нормативная емкость рынка – показатель, характеризующий потребности рынка для обеспечения населения основными продуктами питания по медицинским нормам потребления. Показатель определяется как произведение установленных медицинских норм потребления  $i$ -го продукта на душу населения и численности населения в  $i$ -м году. В соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» рекомендуемые рациональные нормы потребления мяса и мясопродуктов составляют 73 кг в год на человека, говядины – 20 кг, свинины – 18 кг, мяса птицы – 31 кг.

Достоверность полученных результатов обеспечивается информационной базой исследования, которая включает материалы органов государственной статистики, отраслевых союзов и др.

#### **Результаты (Results)**

Исследование продуктовых балансов мяса и мясопродуктов позволило сделать вывод об устойчивом положительном тренде развития мясопродуктовой цепочки России (рис. 1).

Производство мяса и мясопродуктов в хозяйствах всех категорий в период с 2010 по 2021 гг. увеличилось на 4181,3 тыс. тонн, или на 58,6 % в убойном весе. Среднегодовые темпы прироста внутреннего производства в 2010–2021 гг. составили 4,3 %. Отмечается сокращение влияния импорта на формирование ресурсов мяса и мясопродуктов. Анализ структуры ресурсов мяса и мясопродуктов за исследуемый период показал, что удельный вес

импорта в ресурсах постоянно снижался, а экспорта – рос. В 2010 г. доля импорта в ресурсах мясопродуктов составляла 26,4 %, в 2021 г. она снизилась до 4,8 %. Среднегодовые темпы падения импорта за исследуемый период составляли 12,5 %. По данным Росстата, объем импорта мяса и мясопродуктов в 2021 г. по сравнению с 2010 г. снизился до 620,8 тыс. тонн, или на 78,3 %. В то же время отмечается рост российского экспорта мясной продукции. В 2021 г. экспорт мяса и мясопродуктов увеличился по сравнению с 2010 г. в 6,5 раза и составил 633,6 тыс. тонн.

Рост внутренних источников ресурсов мяса и мясопродуктов связан с увеличением производства свинины и мяса птицы. Наибольшую долю в структуре производства мяса по видам занимает мясо птицы. В 2021 г. на него приходилось 44,8 %, что выше показателя 2010 г. на 5,1 п. п. Среднегодовые темпы роста производства мяса птицы за исследуемый период ставили 5,5 %. В структуре производства мясопродуктов 37,9 % занимает сви-

нина. С 2010 по 2021 г. ее производство в стране выросло на 84,1 %. Наименьшую долю в структуре производства мясопродуктов составляет мясо крупного рогатого скота. В 2021 г. доля мяса крупного рогатого скота в производстве мяса и мясопродуктов сократилась до 14,7 %, в то время как в 2010 г. она составляла 24 %. За исследуемый период производство мяса крупного рогатого скота в России сократилось на 3,9 %.

Рост производства мяса и мясопродуктов положительно отразился на потреблении населения РФ. В 2021 г. среднедушевое потребление мяса в России составило 77,2 кг на одного человека. В 2022 г. потребление увеличилось до 79 кг на душу населения. В настоящее время фактическое потребление мяса и мясопродуктов превышает нормативное потребление на 8,2 %. В 2010 г. объем фактического потребления мяса и мясопродуктов был ниже нормативного потребления на 5,4 % (рис. 2). В 2021 г. фактическое потребление мяса и мясопродуктов превышало нормативное на 6,1 %.

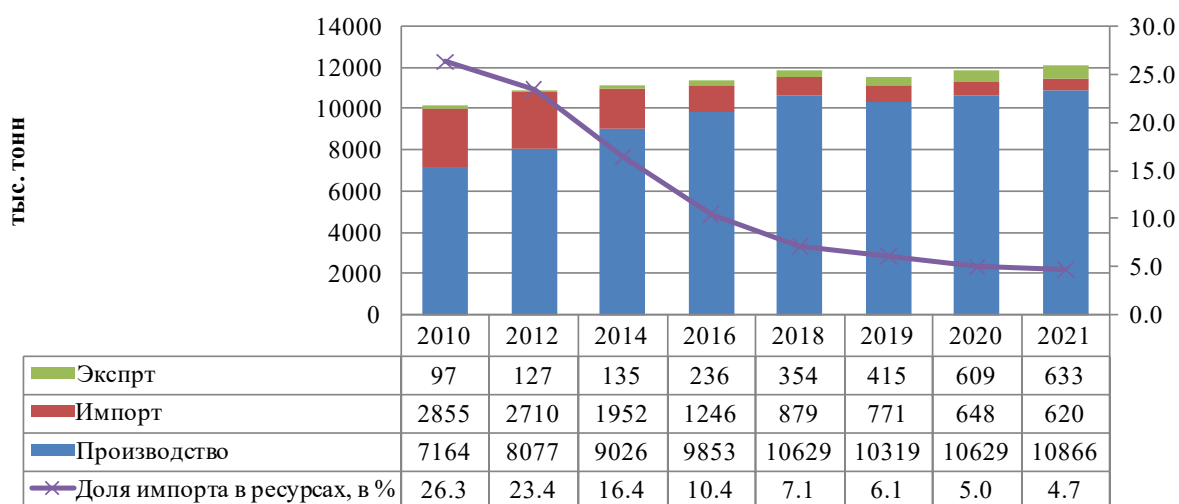


Рис. 1. Динамика ресурсов мяса и мясопродуктов в России, тыс. тонн  
Источник: составлено автором на основе данных [17]

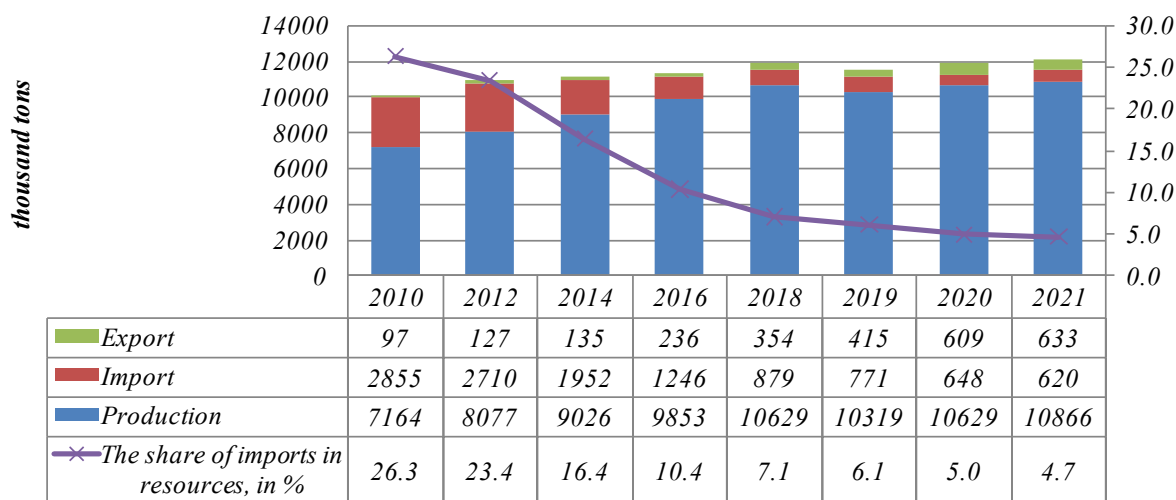


Fig. 1. Dynamics of meat and meat products resources in Russia, thousand tons  
Source: compiled by the author based on data [17]

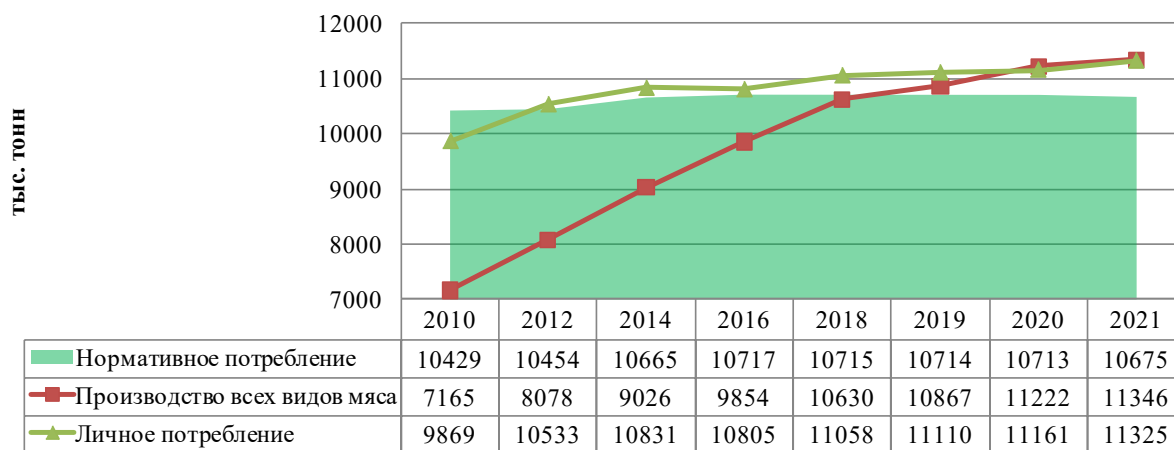


Рис. 2. Динамика емкости российского рынка мяса и мясопродуктов, тыс. тонн  
Источник: составлено автором на основе данных [17]

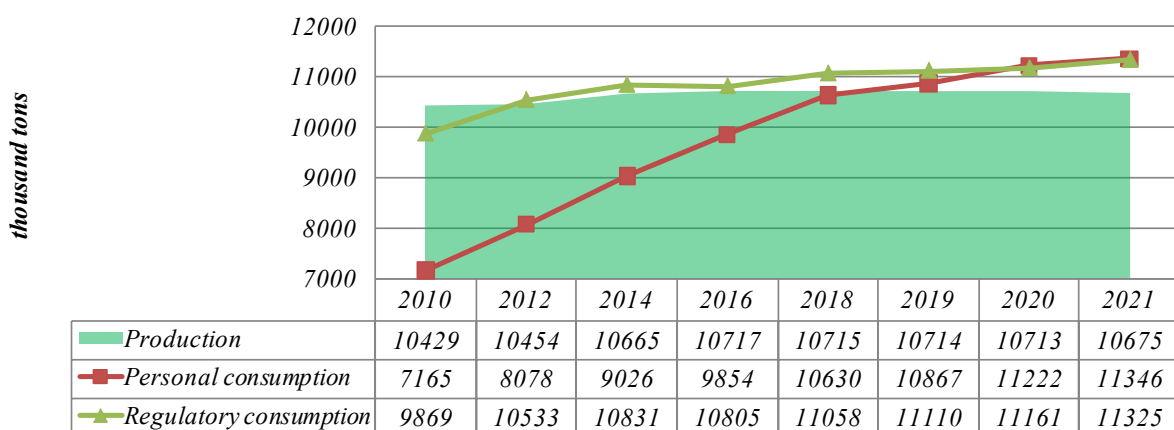


Fig. 2. Dynamics of the capacity of the Russian market of meat and meat products, thousand tons  
Source: compiled by the author based on data [17]

Опережающими темпами в последние годы развивается российское птицеводство. Производство мяса птицы практически полностью перешло на промышленную основу. В структуре поголовья птицы по категориям хозяйств доля сельскохозяйственных организаций увеличилась с 77,4 % в 2010 г. до 84,3 % в 2021 г. Производство мяса птицы в сельскохозяйственных предприятиях выросло за исследуемый период на 2167,4 тыс. тонн, или на 86,2 %, в хозяйствах населения – на 3,5 % в убойном весе. С 2010 по 2021 г. объем производства мяса птицы увеличился на 77,9 %, а объем личного потребления – на 45,1 % (рис. 3). В 2021 г. фактическое потребление мяса птицы превышало нормативное потребление на 10,3 %. Объем внутреннего производства мяса птицы на 1,5 % превосходил объем фактического личного потребления и на 12 % – нормативного потребления. Несмотря на противоречивую экономическую ситуацию в стране, птицеводство показывает устойчивый тренд роста как спроса, так и предложения. Это связано с относительно быстрым возвратом инвестиций в отрасль, низкой себестоимостью и ценой продукции, высокой степенью значимости в рационе питания населения.

Уровень самообеспеченности населения России мясом птицы в 2021 г. по сравнению с 2010 г. увеличился на 21 п. п. и составил 102 %. Высокий уровень самообеспечения позволил отечественным производителям увеличить объем экспорт мяса птицы. В настоящее время доля российских производителей в мировом производстве мяса птицы составляет 4,0 %. В 2021 г. экспорт мяса птицы из России составил 306 тыс. тонн. Среднегодовые темпы роста экспорта за исследуемый период составили 33 %. Например, экспортные поставки отечественной продукции птицеводства в Китай выросли на 11 % и составили 234 тыс. тонн.

Производство мяса свиней во всех категориях хозяйств в период с 2010 по 2021 г. увеличилось на 84,2 %, или на 1966,7 тыс. тонн (рис. 4). За тот же период личное потребление населения свинины выросло на 30,6 %. В 2010 г. отечественное производство свинины было меньше нормативной емкости российского рынка на 9,1 %, в 2021 г. производство превышало нормативную емкость российского рынка на 63,5 %.



Развитие свиноводства России характеризуется трансформацией структуры производства. В общей структуре производства свинины с 2010 по 2021 г. удельный вес хозяйств населения снизился с 44,5 % до 8,3 %, а сельскохозяйственных предприятий увеличился с 52,5 % до 91,0 %. Мелкотоварные производители, такие как личные подсобные хозяйства и крестьянско-фермерские хозяйства, сократили производственные объемы в 2021 г. до 455,0 тыс. тонн, что составляет 9,0 % от общего объема произведенной продукции. Среднегодовой темп снижения производства свинины в хозяйствах населения составил 7,8 % в год.

Государственная поддержка производителей отрасли свиноводства создала условия для роста объемов производства свинины, превышающих темпы роста внутреннего потребления. Основным фактором устойчивого роста производства свинины является реализация в 2014–2018 гг. инвестиционных проектов по вводу новых производственных мощностей. В период с 2010 по 2020 годы производственные мощности в сфере свиноводства выросли в 2,8 раза. Доля животных, перерабатываемых на новых и модернизированных предприятиях, увеличилась с 12 % до 60 %.

Ввод новых производственных мощностей, рост объемов производства в последние годы при-

вел к высокой конкуренции на рынке свинины, его перенасыщению. В 2019 г. экспорт свинины из РФ впервые превысил импорт. В 2021 г. положительное внешнеторговое сальдо составило 176,1 тыс. тонн, что выше на 157,8 тыс. тонн аналогичного показателя 2019 г. В 2021 г. российский экспорт свинины составил 1881,1 тыс. тонн, или 391,3 млн долл. в стоимостном выражении.

Развитие птицеводства и свиноводства в России характеризуется ростом концентрации производства за счет слияний и поглощений, повышением эффективности производства и снижением затрат на основе внедрения передовых технологий и модернизации производственных мощностей [18; 19]. Топ-20 крупнейших птицефабрик производят около 70 % от общего объема производства птицы. Например, группа агропредприятий «Ресурс» стала первой российской компанией, объемы производства которой в 2022 г. превысили 1 млн тонн мяса птицы в живом весе. Компания занимает первое место в отраслевом рейтинге. Ее доля на внутреннем рынке составляет 15,4 %. В 2010 г. общая доля предприятий топ-20 в производстве свинины составляла 48 %. В 2022 г. она увеличилась до 76 %. Агрохолдинг «Мираторг» обеспечивает более 10 % совокупного индустриального производства мяса свиней в России.

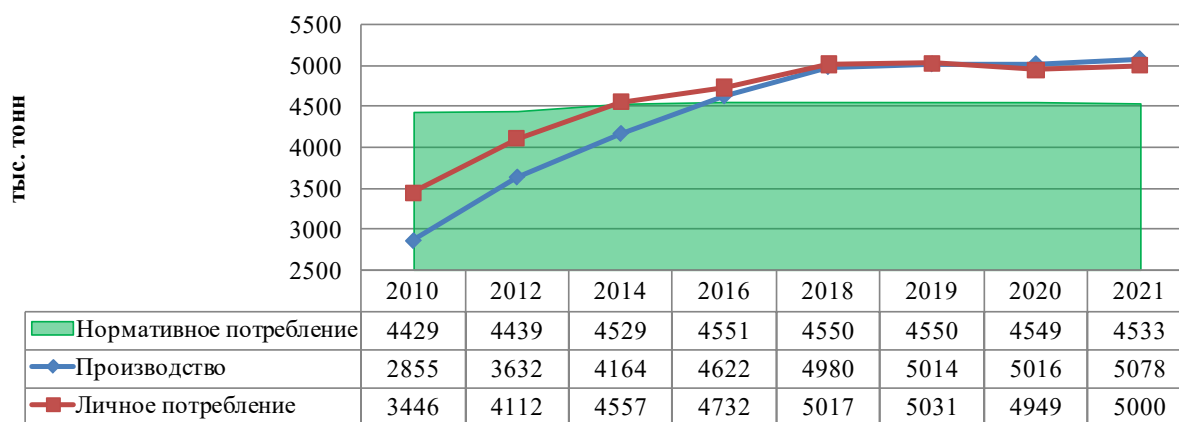


Рис. 3. Динамика емкости рынка мяса птицы в России, тыс. тонн  
Источник: составлено автором на основе данных [17]

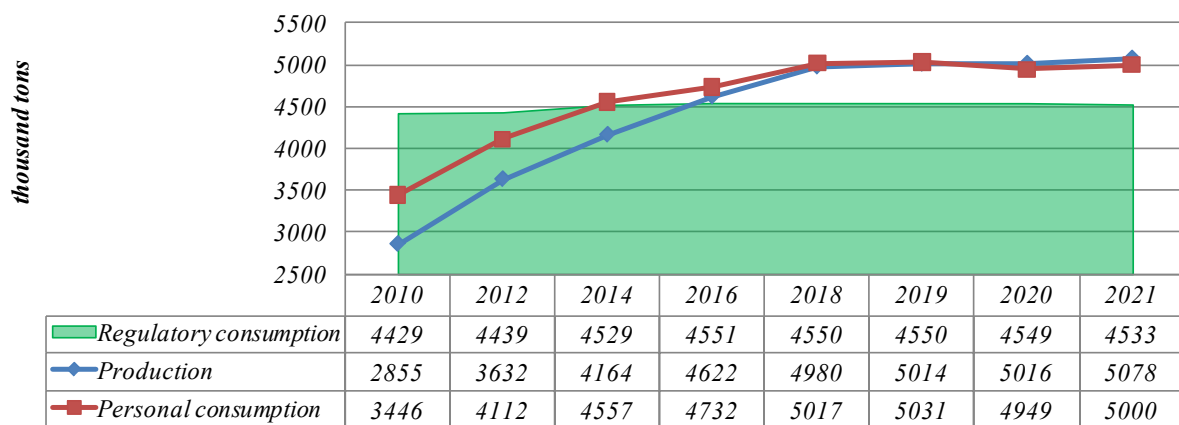


Fig. 3. Dynamics of poultry meat market capacity in Russia, thousand tons  
Source: compiled by the author based on data [17]

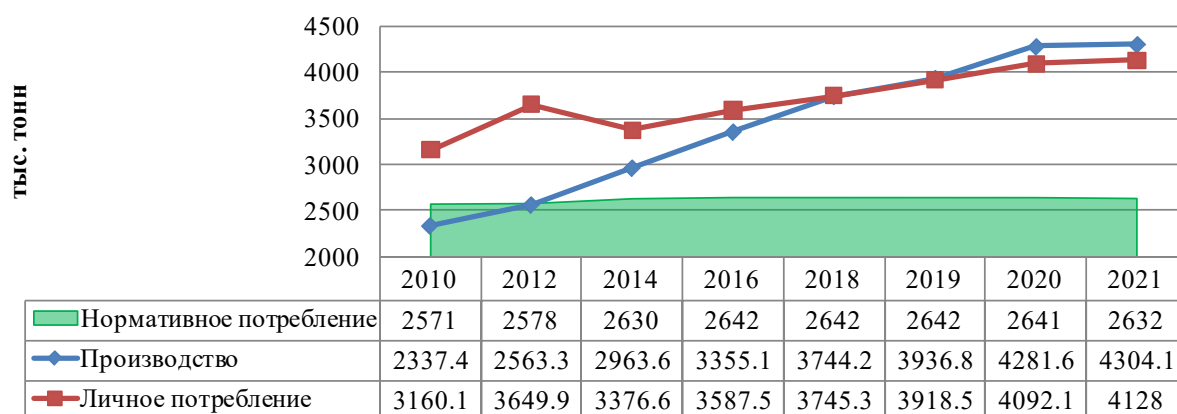


Рис. 4. Динамика емкости рынка свинины в России, тыс. тонн  
Источник: составлено автором на основе данных [17]

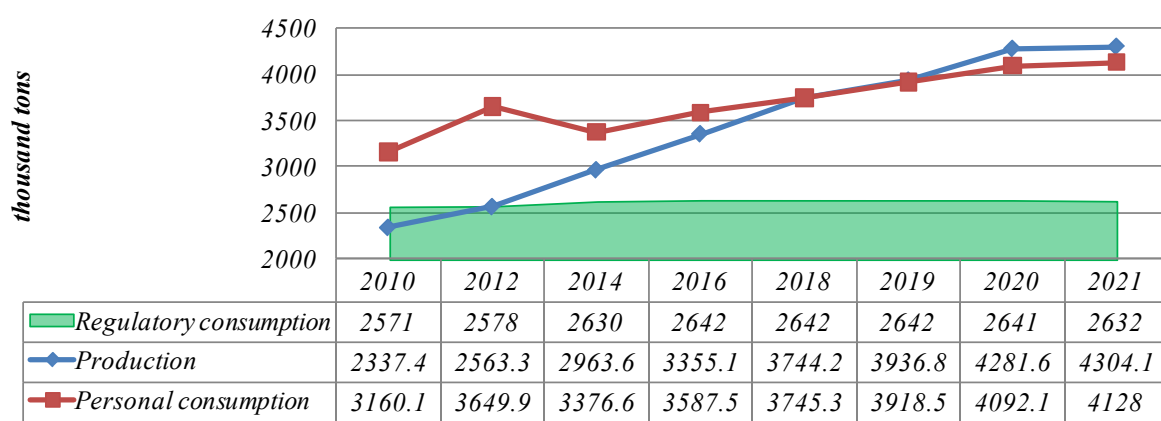


Fig. 4. Dynamics of pork market capacity in Russia, thousand tons  
Source: compiled by the author based on data [17]

Дальнейший рост объемов производства в свиноводстве и птицеводстве ведет к усилению конкуренции на внутреннем рынке, что предполагает переход отечественных производителей к экспортно-ориентированным стратегиям [20].

Несмотря на положительную динамику развития животноводства, Россия в настоящее время не может полностью обеспечить свои внутренние потребности в мясе крупного рогатого скота (КРС). Его производство остается одним из проблемных сегментов мясопродуктовой цепочки России. В структуре совокупного производства скота и птицы на убой доля производства мяса КРС ежегодно снижается. В 2010 г. доля мяса КРС в общем производстве мяса составляла 24,4 %, в 2021 г. она сократилась до 14,7 % (в убойном весе). Наибольшая доля в общем объеме производства мяса КРС принадлежит личным подсобным хозяйствам. В 2021 г. она составляла 49,5 %. Доля производства мяса КРС в крестьянских (фермерских) хозяйствах составляла 11,8 %, сельскохозяйственных предприятий – 38,4 %.

В исследуемом периоде выявлено снижение как производства, так и потребление мяса КРС (рис. 5). Объем производства мяса КРС с 2010 по 2021 г. сократился на 3,1 %, личное потребление – на 25,7 %.

В 2010 г. отечественное производство мяса КРС составляло 60,4 % от нормативной емкости российского рынка, в 2021 г. этот показатель составил 56,7 %.

В период с 2010 по 2021 г. производство мяса крупного рогатого скота в крестьянских (фермерских) хозяйствах выросло в 2,4 раза, или на 117,2 тыс. тонн, в сельскохозяйственных предприятиях – на 13,8 %, или на 78,2 тыс. тонн в убойном весе. Производство мяса КРС в хозяйствах населения за тот же период уменьшилась на 21,9 %. Среднегодовые темпы снижения внутреннего производства мяса КРС в 2010–2021 гг. составили 0,25 %, или 53,5 тыс. тонн в физическом выражении. Личное потребление мяса КРС выше производства на 14,9 %. Уровень самообеспечения населения мясом говядины составил 85,2 %.

Снижение производства мяса КРС отрицательно отражается на потреблении населения. Потребление мяса КРС на душу населения составляет 14 кг в год, что ниже рациональной нормы потребления на 30 %. Недостаток внутреннего производства говядины компенсируется импортными поставками. По итогам 2021 г. доля импорта говядины в товарных ресурсах составила 46,2 %. Россия остается весьма зависимой от импортных поставок мяса КРС.

Проведенный анализ современного состояния развития продуктовой цепочки мяса КРС позволяет сделать вывод, что объем производства говядины не соответствует нормативному спросу российского рынка мяса КРС. Это показывает наличие резервов роста производства. Наблюдается рост товарного промышленного производства в сельскохозяйственных предприятиях при сокращении доли личного подсобного хозяйства. Производство мяса КРС в России сохраняет низкую инвестиционную привлекательность по сравнению с другими отраслями животноводства по естественным причинам: долговременная окупаемость инвестиций, длительный цикл выращивания КРС и высокая себестоимость, ограниченность доступа к долгосрочным кредитам, относительно низкие качественные показатели, зависимость от зарубежной селекции и высокая доля импортного скота в общем поголовье. Государственная поддержка производства мяса КРС в последние годы позволила частично ввести высокотехнологичные производства выращивания и откорма специализированного мясного скота [21]. Не в полной мере используется потенциал резервов естественных кормовых угодий на большей части территории страны. Учитывая высокую долю малых предприятий в структуре производства мяса КРС, для устойчивого развития национального мясного скотоводства необходимо формировать

равноправные отношения между агрохолдингами и фермерскими хозяйствами, развивать институты, направленные на более интенсивное включение в продуктовую цепочку личных подсобных хозяйств.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

В результате исследования выявлены общие тенденции и особенности развития различных продуктовых цепочек мясного сегмента агропродовольственного комплекса России. Рынок мясной продукции характеризуется высоким уровнем насыщенности, что привело к росту фактического потребления мяса и мясопродуктов населением. В 2021 г. потребление мясопродуктов на душу населения составляло 77 кг, в 2022 г. – 79 кг при рекомендуемой рациональной норме потребления, отвечающей требованиям здорового питания, 73 кг в год на человека. Сокращение конкуренции со стороны зарубежных производителей в результате введения продовольственного эмбарго, рост государственной поддержки позволили российским производителям адаптироваться к санкционным ограничениям и увеличить объемы производства мясной продукции. Однако рост объемов производства и потребления мяса и мясопродуктов осуществляется за счет скороспелых отраслей – птицеводства и свиноводства. Производство мяса КРС характеризуется стагнацией.

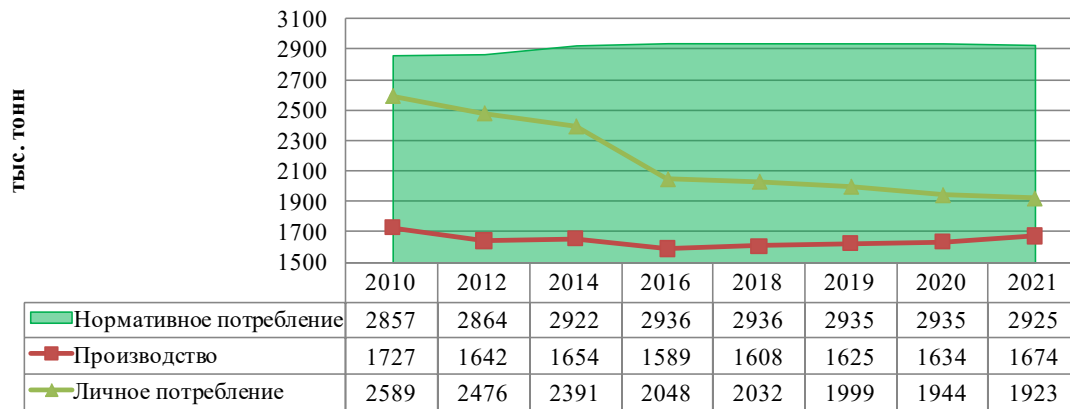


Рис. 5. Динамика емкости рынка мяса крупного рогатого скота в России, тыс. тонн  
Источник: составлено автором на основе данных [17]

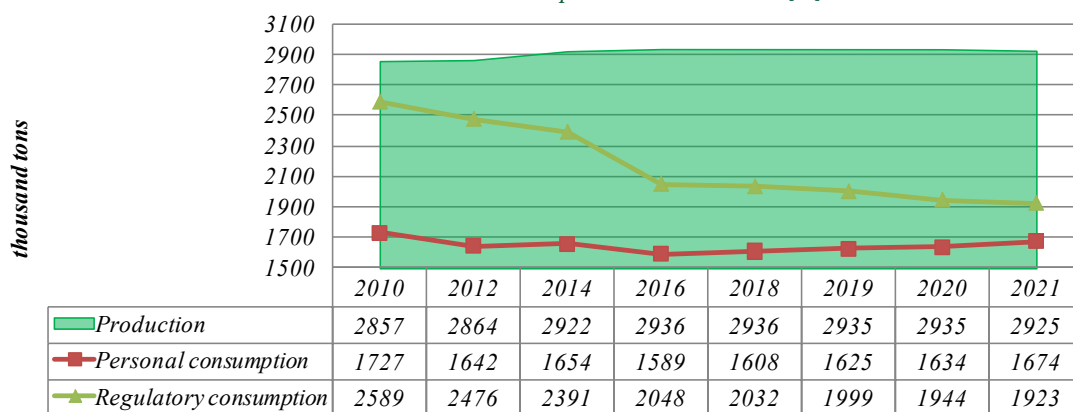


Fig. 5. Dynamics of the capacity of the cattle meat market in Russia, thousand tons  
Source: compiled by the author based on data [17]

Общей тенденцией является увеличение концентрации производства мяса, переход на промышленные технологии. Более интенсивно эти процессы идут в свиноводстве и птицеводстве. В 2022 г. на долю 20 крупнейших предприятий приходилось производство около 70 % мяса птицы и 76 % свинины. В производстве говядины концентрация характеризуется низкими темпами. Однако в последние годы выросла доля сельскохозяйственных предприятий в производстве мяса КРС. В 2022 г. она составляла 38,3 %, в 2010 – 33 %. Рост цен на компоненты кормов, витамины и генетический материал в результате санкций делают неэффективным производство мяса КРС на небольших предприятиях с высокими издержками. Поэтому, на наш взгляд, будет происходить дальнейший рост доли сельскохозяйственных предприятий в производстве мяса КРС.

Санкции обострили системные проблемы развития мясопродуктовых цепочек, основными из которых являются технологическая и ресурсная импортозависимость. Встраивание в глобальные продуктовые цепочки позволяло экономить российским производителям на развитии кормовых добавок, ветеринарных препаратов, селекции животных и других промежуточных ресурсах. Введение санкций привело к нарушению логистических связей. Возникли проблемы сервисного обслуживания оборудования, времени доставки материалов и рост стоимости логистических услуг. Поэтому перспективным направлением развития мясопродуктовых цепочек является повышение уровня вертикальной интеграции, выявление критических звеньев и инвестирование в их развитие, вовлечение малых форм хозяйствования в производственные цепочки [22]. Для развития племенной базы необходимо создание на территории страны крупных селекционных центров.

Рынок мяса и мясной продукции находится в большой зависимости от доходов населения. Возможное снижение доходов населения может приве-

сти к падению внутреннего спроса. Если на рынке мяса птицы и свинины падение спроса будет происходить на фоне перепроизводства, то снижение спроса на мясо КРС связано с высокими ценами по сравнению с другими видами мяса. Высокий уровень насыщенности рынка мясом птицы и свинины в этих условиях будет способствовать усилению конкурентной борьбы за потенциальных потребителей, снижению доходности производства и ухудшению финансового состояния товаропроизводителей.

Устойчивость мясопродуктовых цепочек к новым рискам и вызовам во многом определяется их межотраслевой сбалансированностью, эффективностью инвестиций в постсельскохозяйственные отрасли, инновационной активностью за счет обеспечения приоритетного научно-технологического развития отраслей. В современных условиях функционирования продуктовых цепочек существенное значение имеет повышение эффективности межотраслевых взаимодействий для преодоления технологической, инфраструктурной и институциональной разбалансированности основных элементов цепочек. Важной задачей развития мясопродуктовых цепочек является формирование устойчивых межотраслевых связей сельскохозяйственных производителей с перерабатывающими предприятиями, развитие глубокой переработки мясного сырья.

Мясопродуктовые цепочки России, как отмечают многие ученые и практики, обладают высоким экспортным потенциалом. Рост рыночной волатильности, геэкономические и геополитические изменения мирового продовольственного рынка предполагают модернизацию внешнеторговой деятельности агропродовольственного комплекса России. Увеличение российского экспорта мяса и мясопродуктов связано с расширением государственной поддержки экспортеров, стимулированием инвестиций в перспективные проекты, направлением на продуктовую и географическую диверсификацию экспорта.

#### Библиографический список

1. Olney D. K., Galli A., Kumar N., Alderman H., Go A., Raza A. Social assistance programme impacts on women's and children's diets and nutritional status // *Maternal & Child Nutrition*. 2022. Vol. 18, No. 4. DOI: 10.1111/mcn.13378 (дата обращения 03.09.2023).
2. Положение дел на рынках сельскохозяйственной продукции – 2022. География торговли продовольствием и сельскохозяйственной продукцией: политические подходы в интересах устойчивого развития. Рим, ФАО. 2022. Краткий обзор. DOI: 10.4060/cc0475ru.
3. Götz L., Heigermoser M., Jamali Jaghani T. Russia's food security and impact on agri-food trade. // In: Wegren S. K. Nilssen F. (eds.) *Russia's role in the contemporary international agri-food trade system*. Palgrave Macmillan: Cham, 2022. Pp 115–137. DOI: 10.1007/978-3-030-77451-6\_5.
4. Espitia A., Rocha N., Ruta M. Covid-19 and Food Protectionism: The Impact of the Pandemic and Export Restrictions on World Food Markets World Bank Policy: Research Working Paper [Электронный ресурс]. 2020. No. 9253. URL: <https://ssrn.com/abstract=3605887> (дата обращения: 10.08.2023).
5. Семеко Г. В. Мировой продовольственный рынок: современные вызовы и перспективы // *Экономические и социальные проблемы России*. 2023. № 1. С. 19–43.



6. Бегларян Г. А., Иванов Г. Н., Калугина П. П., Половинчикова А. В. Санкционная политика США и европейских стран в отношении России: поворот начала 2022 года // *Экономические отношения*. 2022. Т. 12, № 3. С. 367–388. DOI: 10.18334/eo.12.3.115086.

7. Влияние санкций на сельское хозяйство. Обзор. Консалтинговая группа «Текарт» [Электронный ресурс]. URL: [https://techart.ru/download/insights/0010/5145/add\\_files/agriculture-sanctions-techart-1651154442.pdf?ysclid=Imerc47vhz402690493](https://techart.ru/download/insights/0010/5145/add_files/agriculture-sanctions-techart-1651154442.pdf?ysclid=Imerc47vhz402690493) (дата обращения: 15.09.2023).

8. Vorotnikov I. L., Sukhanova I. F., Lyavina M., Yu. Glukhova M. I., Petrov K. A. Economic sanctions and import substitution [Электронный ресурс] // *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 2019. Vol. 6, No. 4. Pp. 1872–1883. URL: [https://jssidoi.org/jesi/uploads/articles/24/Vorotnikov\\_Economic\\_sanctions\\_and\\_import\\_substitution.pdf](https://jssidoi.org/jesi/uploads/articles/24/Vorotnikov_Economic_sanctions_and_import_substitution.pdf) (дата обращения: 15.10.2023).

9. Суханова И. Ф., Лявина М. Ю. Продовольственная безопасность в России в условиях санкционных ограничений // *International Agricultural Journal*. 2023. Т. 66. № 1. С. 171–189. DOI: 10.55186/25876740\_2023\_7\_1\_14.

10. Макаревич Л. О., Улезько А. В. Особенности организации продуктовых цепочек в агропродовольственном комплексе и перспективы их развития // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2020. № 3 (66). С. 136–145. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.136.

11. Глобальные цепочки создания добавленной стоимости как фактор повышения эффективности экономики региона: монография / С. Н. Бочаров, В. И. Беляев, М. М. Бутакова [и др.]. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2019. 216 с.

12. Лойко В. И., Барановская Т. П. Управление производственным процессом в сельском хозяйстве на основе моделирования и оценки цепочек создания добавленной стоимости // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2020. № 156. С. 211–227. DOI: 10.21515/1990-4665-156-015.

13. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343386](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386) (дата обращения: 10.10.2023).

14. Fanzo J., Haddad L., McLaren R., Marshall Q., Davis C., et al. The food systems dashboard is a new tool to inform better food policy // *Nature Food*. 2020. Vol. 5 (13). Pp. 1–4.

15. Van Berkum S., Ruben R. Exploring a food system index for understanding food system transformation processes // *Food Security*. 2021. No. 13. Pp. 1179–1191. DOI: 10.1007/s12571-021-01192-6.

16. Богомолова И. П., Котарева А. В., Котарева А. О. Оценка современного состояния и перспектив развития отечественного рынка мяса и мясопродуктов // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 1. С. 105–112.

17. Балансы продовольственных ресурсов по Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [http://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/business/sx/bal\\_2.xls](http://gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/bal_2.xls) (дата обращения: 10.09.2023).

18. Яковенко Н. А., Иваненко И. С. Трансформация моделей развития мясопродуктового подкомплекса России в условиях санкционных ограничений // *Региональные агросистемы: экономика и социология*. 2023. № 3. С. 4–11.

19. Остапенко Т. В. Межотраслевые взаимодействия как фактор экономической устойчивости агропродовольственного комплекса России // *Современные тенденции и риски устойчивого развития национального агропродовольственного комплекса в условиях глобальных вызовов: сборник материалов Всероссийской научной конференции «Островские чтения»*. Саратов, 2023. С. 89–93.

20. Yakovenko N. A., Ivanenko I. S., Voronov A. S., Saninsky S. A. Trends in the formation of the commodity composition of the Russia's agrofood exports // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2020. Vol. 12, No. 5. Special Issue. Pp. 337–345.

21. Богомолова И. П., Котарев А. В. Реализация механизма государственного регулирующего управления с целью развития мясного производства и обеспечения продовольственной безопасности // *Регион: системы, экономика, управление*. 2019. № 1 (44). С. 53–65.

22. Руднев М. Ю., Воротников И. Л., Руднева О. Н. Теоретико-методологические основы обоснования направлений комплексного развития предприятий мясоперерабатывающей промышленности // *Экономика и предпринимательство*. 2023. № 6 (155). С. 1140–1143.

#### Об авторах:

**Наталья Анатольевна Яковенко**, доктор экономических наук, доцент, главный научный сотрудник, Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия; ORCID 0000-0002-7589-6302, AuthorID 107134. E-mail: [yana0206@yandex.ru](mailto:yana0206@yandex.ru)

**Ирина Серафимовна Иваненко**, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт аграрных проблем – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия; ORCID 0000-0002-7877-6568, AuthorID 329287. E-mail: ivanenko.i.s@yandex.ru

### References

1. Olney D. K., Galli A., Kumar N., Alderman H., Go A., Raza, A. Social assistance programme impacts on women's and children's diets and nutritional status. *Maternal & Child Nutrition*. 2022; 18 (4). DOI: 10.1111/mcn.13378
2. The state of affairs in the markets of agricultural products – 2022. Geography of trade in food and agricultural products: political approaches in the interests of sustainable development. Rome, FAO. 2022. DOI: 10.4060/cc0475ru. (In Russ.)
3. Götz L., Heigermoser M., Jamali Jaghdani T. Russia's food security and impact on agri-food trade. In: *Russia's role in the contemporary international agri-food trade system* / S. K. Wegren, F. Nilssen (eds.). Palgrave Macmillan, Cham, 2022: 115–137. DOI: 10.1007/978-3-030-77451-6\_5
4. Espitia A., Rocha N., Ruta M. Covid-19 and Food Protectionism: The Impact of the Pandemic and Export Restrictions on World Food Markets World Bank Policy: Research Working Paper [Internet]. 2020 [cited 2020 May 19]: 9253. Available from: <https://ssrn.com/abstract=3605887>.
5. Semeko G. V. World food market: modern challenges and prospects. *Economic and social problems of Russia*. 2023; 1: 19–43. (In Russ.)
6. Beglaryan G. A., Ivanov G. N., Kalugina P. P., Polovinchikova A. V. Sanctions policy of the United States and European countries towards Russia: the turn at the beginning of 2022. *Economic relations*. 2022; 12 (3): 367–388. DOI: 10.18334/eo.12.3.115086. (In Russ.)
7. The impact of sanctions on agriculture. Review.Consulting group “Tekart” [Internet] 2023 [cited 2023 Oct 09]. Available from: [https://techart.ru/download/insights/0010/5145/add\\_files/agriculture-sanctions-techart-1651154442.pdf?ysclid=lmrc47vhz402690493](https://techart.ru/download/insights/0010/5145/add_files/agriculture-sanctions-techart-1651154442.pdf?ysclid=lmrc47vhz402690493). (In Russ.)
8. Vorotnikov I. L.; Sukhanova I. F.; Lyavina M. Yu., Glukhova M. I.; Petrov K. A. Economic sanctions and import substitution. *Entrepreneurship and Sustainability Issues* [Internet]. 2019 [cited 2023 Oct 15]; 6 (4): 1872–1883. Available from: [https://jssidoi.org/jesi/uploads/articles/24/Vorotnikov\\_Economic\\_sanctions\\_and\\_import\\_substitution.pdf](https://jssidoi.org/jesi/uploads/articles/24/Vorotnikov_Economic_sanctions_and_import_substitution.pdf).
9. Sukhanova I. F., Lyavina M. Yu. Food security in Russia under sanctions restrictions. *International Agricultural Journal*. 2023; 66 (1): 171–189. DOI: 10.55186/25876740\_2023\_7\_1\_14. (In Russ.)
10. Makarevich L. O., Ulez'ko A. V. Features of the organization of food chains in the agro-food complex and prospects for their development. *Bulletin of the Voronezh State University*. 2020; 3 (66): 136–145. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.136. (In Russ.)
11. Bocharov S. N., Belyaev V. I., Butakova M. M. Global value chains as a factor of increasing the efficiency of the region's economy: monograph. Barnaul: Izd-vo AltGU, 2019; 216 p. (In Russ.)
12. Loyko V. I., Baranovskaya T. P. Production process management in agriculture based on modeling and evaluation of value chains. *Scientific Journal of KubSAU*. 2020; 156: 211–227. DOI: 10.21515/1990-4665-156-015. (In Russ.)
13. Doctrine of food security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated January 21, 2020 No. 20 [Internet]. 2020 [cited 2023 Oct 10]. Available from: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343386](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386). (In Russ.)
14. Fanzo J., Haddad L., McLaren R., Marshall Q., Davis, C., et al. The food systems dashboard is a new tool to inform better food policy. *Nature Food*. 2020; 5 (13), 1–4.
15. Van Berkum S., Ruben R.. Exploring a food system index for understanding food system transformation processes. *Food Security*. 2021; 13: 1179–1191. DOI: 10.1007/s12571-021-01192-6.
16. Bogomolova I. P., Kotareva A. V., Kotareva A. O. Assessment of the current state and prospects for the development of the domestic meat and meat product market. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2019; No. 1: 105–112. (In Russ.)
17. Balances of food resources for the Russian Federation [Internet] [cited 2023 Sept 15]. Available from: [http://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/business/sx/bal\\_2.xls](http://gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/bal_2.xls). (In Russ.)
18. Yakovenko N. A., Ivanenko I. S. Transformation of development models of the Russian meat products sub-complex under the conditions of sanctions restrictions. *Regional agricultural systems: economics and sociology*. 2023; No. 3: 4–11. (In Russ.)
19. Ostapenko T. V. Intersectoral interactions as a factor of economic sustainability of the Russian agri-food complex. *Modern trends and risks of sustainable development of the national agro-food complex in the context*

*of global challenges: collection of materials from the All-Russian scientific conference "Ostrovskiy chteniya".* Saratov: Institute of AgP RAS, 2023; 89–93. (In Russ.)

20. Yakovenko N. A., Ivanenko I. S., Voronov A. S., Saninsky S. A. Trends in the formation of the commodity composition of the Russia's agrofood exports. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2020; 12 (5): 337–345.

21. Bogomolova I. P., Kotarev A. V. Implementation of the mechanism of state regulatory management for the purpose of developing meat production and ensuring food security. *Region: systems, economics, management*. 2019; 1 (44): 53–65. (In Russ.)

22. Rudnev M. Yu., Vorotnikov I. L., Rudneva O. N. Theoretical and methodological bases of substantiation of directions of complex development of meat processing industry enterprises. *Economics and entrepreneurship*. 2023; 6 (155): 1140–1143. (In Russ.)

**Authors' information:**

**Nataliya A. Yakovenko**, doctor of economic sciences, associate professor, chief researcher, Institute of Agrarian Problems – a separate structural unit of the Federal Research Center "Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Saratov, Russia, ORCID 0000-0002-7589-6302, AuthorID 107134.  
*E-mail: yana0206@yandex.ru*

**Irina S. Ivanenko**, candidate of economic sciences, associate professor, senior researcher, Institute of Agrarian Problems – a separate structural unit of the Federal Research Center "Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Saratov, Russia; ORCID 0000-0002-7877-6568, AuthorID 329287.  
*E-mail: ivanenko.i.s@yandex.ru*

**Учредитель и издатель:**

Уральский государственный аграрный университет

**Адрес учредителя, издателя и редакции:**

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



Уральский государственный  
аграрный университет

**Founder and publisher:**

Ural State Agrarian University

**Address of founder, publisher and editorial board:**

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

**Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»**

**Редакция журнала:**

*А. В. Ручкин* – кандидат социологических наук, шеф-редактор

*А. В. Ерофеева* – редактор

*Н. А. Предеина* – верстка, дизайн

**Editorial:**

*A. V. Ruchkin* – candidate of sociological 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: 10.04.2024 г. Усл. печ. л. 15,0. Авт. л. 12,05.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

**Нас индексируют / Indexed**



ВЫСШАЯ  
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)  
При Министерстве образования и науки  
Российской Федерации



Food and Agriculture Organization  
of the United Nations



**ULRICHSWEB™**  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

**eLIBRARY.RU**

**CYBERLENINKA**



