



Уральский государственный
аграрный университет

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**T. 24, № 11
Vol. 24, No. 11**

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. Исмурастов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Коцаев, академик РАН, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
У. Р. Матякубов, Ургенчский государственный университет (Ургенч, Узбекистан)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, член-корреспондент РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
М. Б. Ребезов, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, (Москва, Россия)
О. А. Рущицкая, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Самоделкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), academician of the Russian Academy of Sciences, Assistant to the President of the National Research Center “Kurchatov Institute” (Moscow, Russia)
Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótönyi (Deputy chief editor) of doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector of University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, academician of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (St. Petersburg, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Bauyrzhan S. Yessengeldin, Pavlodar Pedagogical University Republic of Kazakhstan
Nikita N. Zezin, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, academician of the Russian Academy of Sciences, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Umidjon R. Matyakubov, Urgench State University (Urgench, Uzbekistan)
Vladimir S. Mymrin, “Uralplemstsentr” (Ekaterinburg, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetstkiy, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences (Yalta, Russia)
Maksim B. Rebezov, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga A. Rushchitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny Novgorod, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology

Содержание

| <i>Агротехнологии</i> | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>М. А. Должикова, Т. В. Янчук, А. М. Галашева, С. А. Корнеева, А. А. Павленко</i> Поражение паршой (<i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) G. Winter) яблони (<i>Malus domestica</i> Borkh.) некоторых сортов с геном Vf (Rvi 6) на территории Орловской области | 1396 |
| <i>И. Р. Манукян</i> | 1406 |
| Зараженность зерна озимой мягкой пшеницы и тритикале грибами рода <i>Fusarium</i> на территории РСО-Алания | |
| <i>Т. Г. Причко, Ю. В. Митник, Т. Л. Смелик, К. В. Причко</i> Некорневые обработки плодов яблони препаратом на основе I-МЦП | 1416 |
| <i>А. И. Репецкая, С. О. Вишневецкий, И. Г. Савушкина, Е. В. Городняя, А. Н. Рудык</i> Основные подходы к формированию устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида» (Юго-Восточный Крым) | 1426 |
| <i>С. Н. Сивцева, Т. Ф. Маховикова, Л. П. Рыбашлыкова</i> Интенсивность выпаса скота как фактор изменения продуктивности и структуры растительного покрова лесопастбищ Бажиганского песчаного массива | 1437 |
| <i>Биология и биотехнологии</i> | |
| <i>Н. И. Волкова, А. Л. Дыдыкина, А. А. Наконечный, А. О. Вязьмин</i> Влияние компонентов рациона на продуктивность и функциональное состояние коров холмогорской породы | 1447 |
| <i>Е. А. Колесник, М. А. Дерхо, М. Б. Ребезов, Н. В. Мамылина</i> Индекс атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка бройлерных кур как фактор здоровьесберегающих технологий | 1459 |
| <i>М. А. Колосова, А. Ю. Колосов, Н. А. Максимов, А. С. Чернышков</i> Оценка связи состояния конечностей с продуктивными качествами свиней | 1476 |
| <i>Н. Д. Шамаев</i> Предпосылки существования вариаций врожденного иммунного ответа <i>Galleria mellonella</i> | 1492 |
| <i>Экономика</i> | |
| <i>О. Г. Афанасьева, С. П. Филиппова</i> Экономические модели расчета, планирования и принятия решений в хмелеводстве | 1502 |
| <i>Е. Б. Дворядкина, Г. М. Квон, О. Г. Поздеева</i> Оценка резилиентности сельскохозяйственной сферы Уральского макрорегиона | 1514 |
| <i>Н. А. Никонова, Х. А. Дибирова, А. Г. Никонов</i> Территориальные аспекты развития органического сельского хозяйства в регионе | 1526 |
| <i>Д. К. Стожко, К. П. Стожко</i> Программно-инновационный подход к формированию конкурентоспособных кадров для АПК Уральского региона | 1536 |
| <i>Р. Р. Тимиргалеева, В. С. Паштецкий, М. В. Вердыш</i> Модель выявления полюсов развития и точек роста в агропромышленном комплексе региона | 1549 |
| <i>Р. Р. Хаметов, И. А. Родионова</i> Институциональные проблемы и направления развития земельных отношений в аграрной экономике | 1565 |

Contents

| <i>Agrotechnologies</i> | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>M. A. Dolzhikova, T. V. Yanchuk, A. M. Galasheva, S. A. Korneeva, A. A. Pavlenko</i> Scab (<i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) G. Winter) lesion on some apple (<i>Malus domestica</i> Borkh.) varieties with Vf gene (Rvi 6) in Oryol region | 1396 |
| <i>I. R. Manukyan</i> | 1406 |
| Contamination of winter soft wheat grain with and triticale grains <i>Fusarium</i> fungi in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania | |
| <i>T. G. Prichko, Yu. V. Mitnik, T. L. Smelik, K. V. Prichko</i> Foliar treatments of winter-ripening apple fruits with a preparation based on I-MCP | 1416 |
| <i>A. I. Repetskaya, S. O. Vishnevskiy, I. G. Savushkina, E. V. Gorodnyaya, A. N. Rudyk</i> Main approaches to the formation of a sustainable system for green plantating within the Art Cluster "Tavrida" (South-Eastern Crimea) | 1426 |
| <i>S. N. Sivtseva, T. F. Makhovikova, L. P. Rybashlykova</i> The intensity of cattle grazing as a factor in changing the productivity and structure of vegetation cover of forest pastures of the Bazhigan sandy massif | 1437 |
| <i>Biology and biotechnologies</i> | |
| <i>N. I. Volkova, A. L. Dydykina, A. A. Nakonechnyy, A. O. Vyazminov</i> The influence of diet components on the productivity and functional condition of Kholmogory cows | 1447 |
| <i>E. A. Kolesnik, M. A. Derkho, M. B. Rebezov, N. V. Mamylyna</i> Atherogenicity index, ratio of lipoproteins, total cholesterol and protein of broiler chickens as a factor of health-saving technologies | 1459 |
| <i>M. A. Kolosova, A. Yu. Kolosov, N. A. Maksimov, A. S. Chernyshkov</i> Evaluation of the relationship between limb condition and productive qualities of pigs | 1476 |
| <i>N. D. Shamaev</i> Background to the existence of variation in the innate immune response in <i>Galleria mellonella</i> | 1492 |
| <i>Economy</i> | |
| <i>O. G. Afanaseva, S. P. Filippova</i> Economic models of calculation, planning and decision-making in hop growing | 1502 |
| <i>E. B. Dvoryadkina, G. M. Kvon, O. G. Pozdeeva</i> Assessment of the resilience of the agricultural sector of the Ural macroregion | 1514 |
| <i>N. A. Nikonova, Kh. A. Dibirova, A. G. Nikonov</i> Territorial aspects of the development of organic agriculture in the region | 1526 |
| <i>D. K. Stozhko, K. P. Stozhko</i> A program-innovative approach to the formation of competitive personnel for the agro-industrial complex of the Ural region | 1536 |
| <i>R. R. Timirgaleeva, V. S. Pashtetskiy, M. V. Verdysch</i> Model for identifying development poles and growth points in the region's agro-industrial complex | 1549 |
| <i>P. R. Khametov, I. A. Rodionova</i> Institutional problems and directions of land relations development in agrarian economy | 1565 |

Поражение паршой (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) яблони (*Malus domestica* Borkh.) некоторых сортов с геном *Vf* (*Rvi 6*) на территории Орловской области

М. А. Должикова[✉], Т. В. Янчук, А. М. Галашева, С. А. Корнеева, А. А. Павленко

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

[✉]E-mail: dolzjikova@orel.vniispk.ru

Аннотация. В условиях Орловской области в селекционных садах ФГБНУ ВНИИСПК (д. Жилина) проведена экспериментальная работа в 2022–2023 гг. по наблюдению за поражением паршой сортов яблони. **Цель** исследования – оценить сорта яблони по степени поражения паршой и установить возможность появления 6-й расы парши. **Методы.** Производилась оценка 16 сортов яблони, известных как иммунные к парше (с геном *Vf*), и образца вида *Malus Floribunda* 821. Оценка была проведена на естественном инфекционном фоне по шкале, принятой в проекте Vinquest. **Научная новизна.** В данной работе сообщается о поражении паршой ряда сортов с геном *Vf* в условиях Центральной России (Орловская область). **Результаты.** Поражение паршой наблюдалось у сортов Болотовское, Веньяминовское, Восторг, Поэзия, Приокское, Присцилла, Свежесть, Солнышко, Юбилей Москвы. При этом на сортах Александр Бойко, Вавиловское, Валюта, Гирлянда, Ивановское, Имрус, Рождественское поражения паршой не обнаружено. Сделан вывод о появлении парши 6-й расы, способной преодолевать ген *Vf*. При этом поражение паршой на дереве вида *M. floribunda* на данный момент отсутствует, что свидетельствует об отсутствии 7-й расы парши. Важно отметить, что на данный момент не все сорта с геном *Vf* поразились паршой, нет поражения также на самой исходной форме *M. floribunda*. Возможно, это связано с наличием иных факторов устойчивости или новая раса парши еще недостаточно распространена. Обсуждаются возможные стратегии селекции яблони на длительную устойчивость, в том числе иные доноры генов устойчивости, пирамидирование генов (совмещение в одном генотипе разных факторов устойчивости), а также меры по уходу за садами, препятствующие эволюции патогена.

Ключевые слова: сорт, яблоня, селекция, парша, гены устойчивости, расы гриба, совместная эволюция, *Malus floribunda*

Для цитирования: Должикова М. А., Янчук Т. В., Галашева А. М., Корнеева С. А., Павленко А. А. Поражение паршой (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) яблони (*Malus domestica* Borkh.) некоторых сортов с геном *Vf* (*Rvi 6*) на территории Орловской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1396–1405. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1396-1405>.

Благодарности. Авторы благодарят Andrea Patocchi и международную инициативу по мониторингу рас парши Vinquest <https://www.vinquest.ch> за предоставление черенков дифференциаторов.

Дата поступления статьи: 08.05.2024, **дата рецензирования:** 22.05.2024, **дата принятия:** 31.07.2024.

Scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) lesion on some apple (*Malus domestica* Borkh.) varieties with *Vf* gene (*Rvi 6*) in Oryol region

M. A. Dolzhikova[✉], T. V. Yanchuk, A. M. Galasheva, S. A. Korneeva, A. A. Pavlenko
All-Russian Research Institute of Fruit Crops Selection, Zhilina village, Oryol region, Russia
[✉]E-mail: dolzhikova@orel.vniispk.ru

Abstract. Research was carried out in 2022–2023 to monitor scab lesion on apple varieties in the conditions of the Oryol region, in the breeding gardens of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, VNIISPК. The purpose of the study is to evaluate degree of scab lesion and to determine the possibility of the appearance of 6 race of scab. **Methods.** We assessed 16 apple cultivars with the *Vf* gene previously known to be immune to scab and *Malus Floribunda* 821. The assessment was carried out under a natural infection. **Scientific novelty.** This paper reports scab infestation of a number of varieties with the *Vf* gene in the conditions of Central Russia (Oryol region). **Results.** Scab lesion was observed on such varieties with the *Vf* gene as ‘Bolotovskoye’, ‘Venyaminovskoye’, ‘Vostorg’, ‘Poeziya’, ‘Priokskoe’, ‘Pristisilla’, ‘Svezhest’, ‘Solnyshko’, ‘Yubiley Moskvyy’. At the same time, no scab damage was detected on the varieties with the *Vf* gene ‘Aleksandr Boyko’, ‘Vavilovskoe’, ‘Valyuta’, ‘Girlyanda’, ‘Ivanovskoe’, ‘Imrus’, and ‘Rozhdestvenskoe’. It is concluded that 6th scab race has appeared, that capable to overcome *Vf* gene. At the same time, there is currently no scab infection on the *M. floribunda* 821, which indicates the absence of the 7th scab race. It is important to note that at the moment, not all varieties with the *Vf* gene are affected by scab. Perhaps this is due to the presence of other resistance factors or the new scab race is not yet widespread enough. Possible strategies for breeding apple trees for long-term resistance are discussed, including other donors of resistance genes, gene pyramiding, as well as orchard management preventing the evolution of the pathogen.

Keywords: variety, apple tree, breeding, scab, resistance genes, fungi race, co-evolution, *Malus floribunda*

Acknowledgements. The authors are grateful to Andrea Patocchi and the International Initiative on Vinquest Scab monitoring <https://www.vinquest.ch> for providing the cuttings of the differentiators.

For citation: Dolzhikova M. A., Yanchuk T. V. Scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) lesion on some apple (*Malus domestica* Borkh.) varieties with *Vf* gene (*Rvi 6*) in Oryol region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1396–1405. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1396-1405>. (In Russ.)

Date of paper submission: 08.05.2024, **date of review:** 22.05.2024, **date of acceptance:** 31.07.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Яблоня на протяжении многих веков является ведущей плодовой культурой и относится к наиболее экономически значимым культурам с ежегодным ростом мирового объема потребляемой продукции (за счет увеличения производства в Китае, Турции, Южной Африке и Мексике). В 2000–2020 годах основными производителями яблок выступали Китай (практически половина мирового производства), США и Турция, а Россия в данном списке занимает восьмое место. В настоящее время площадь яблоневых садов составляет более 5 млн га, а производство яблок – более 50 млн тонн.

Однако яблоня подвержена целому ряду заболеваний. Парша (*Venturia inaequalis* (Ске.) Wint) – одно из самых вредоносных заболеваний яблони как в России, так и во всем мире [1–3]. При этом на территории Российской Федерации парша является основной болезнью яблони. Наиболее сложно

болезнь протекает в местах с умеренным климатом, особенно в регионах с прохладной и влажной весной – в центральных, в северо-западных областях и в Северо-Кавказском регионе России. Во время эпифитотий потери урожая у восприимчивых сортов могут достигать 100 %. При этом не все сорта яблони одинаково поражаются паршой. Поражая плоды и листья, парша резко снижает урожайность и вызывает ухудшение качества яблок. Плоды при раннем заражении часто растрескиваются и теряют потребительский вид. Зараженные плоды хуже хранятся, быстро увядают и легко поддаются заражению грибами, вызывающими гниль. При сильном заражении завязей наблюдается их осыпание. В листьях при сильном заражении паршой снижается ассимиляция и резко увеличивается транспирация, что может привести к раннему опаданию листвы. В результате уменьшается прирост, ухудшается закладка цветковых почек, может понижаться зимо-

стойкость. Для успешного создания новых сортов с устойчивостью к парше и разработки методов контроля заболевания, показывающих наибольшую эффективность, необходимо всестороннее понимание аспектов патогенеза. Но механизмы патогенности и вирулентности возбудителя заболевания *Venturia inaequalis* остаются малоизвестными и требуют дальнейшего изучения.

Известен целый ряд генов устойчивости [7], который был привнесен селекционерами в геном культурных сортов яблони (*Malus domestica*) от их диких сородичей (*M. × floribunda*, *M. × baccata*, *M. prunifolia*, *M. atrosanguinea* и др.). Некоторые из этих генов могут обеспечивать невосприимчивость яблони к парше. Однако, как показывает опыт, данная невосприимчивость может быть ограничена как во времени, так и пространстве. Например, ген *Vf* (*Rvi6* в новой классификации Bus, 2011) был привлечен в селекцию путем скрещивания *M. floribunda* 821 с сортом Rome Beauty в 1914 и 1915 гг. в университете Иллинойса. Во всем мире в течение столетия *Vf* использовали в селекции на устойчивость к парше.

В России по селекции яблони работают более 20 научных и опытных учреждений. В настоящее время за рубежом известно более 80 сортов с геном *Vf*, во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых культур (ВНИИСПК) научной группой под руководством академика Е. Н. Седова выведено и внесено в Государственный реестр селекционных достижений более 20 сортов. В отечественной литературе по отношению к гену *Vf* часто используются термины «иммунитет к парше», «иммунные сорта». Однако патоген способен изменяться и со временем преодолевать устойчивость. Первые сообщения о поражении сортов с геном *Vf* появились в Европе в конце XX века, недавно обнаружили поражение на *M. floribunda* 821 в Америке [5]. При этом сравнительный генетический анализ позволил предположить, что новые вирулентные к гену *Vf* изоляты парши, скорее всего, появились внутри местных популяций, а не были завезены из Европы [5]. Таким образом, эволюция патогена, связанная в том числе и с климатическими изменениями, может привести к тому, что ранее устойчивые сорта будут поражаться.

Вызывает паршу сумчатый гриб *Venturia inaequalis*, который относится к отделу *Ascomycota*, порядку *Pleosporales*, семейству *Venturiaceae*. Патоген в первую очередь вызывает болезнь на культурных формах яблони. Размер его генома – более 80 Mb, содержит около 11 600 предсказанных (predicted) генов [6]. Популяции патогена достаточно разнообразны и изменчивы по вирулентности, а также и на генетическом уровне, как показывают современные исследования с помощью ДН-маркеров и секвенирования [6–9]. На данный момент выделяют

различные расы парши в зависимости от их способности поражать определенные генотипы яблонь (генотипы-дифференциаторы). Парша способна изменяться, приобретая способность поражать ранее устойчивые сорта. С изменением климатических условий изменяется и разнообразие патогена в той или иной местности. Важным аспектом эволюции патогена является ежегодная половая стадия развития, происходящая на опавших листьях в зимний период. В результате формируется поколение аскоспор, которые имеют иные комбинации генетических факторов, нежели у родителей, и, возможно, будут более успешно поражать хозяина. Современные исследования отмечают, что разнообразие популяций патогена особенно высоко в областях, где климат благоприятен половому размножению [7].

Методология и методы исследования (Methods)

Всего оценено 16 сортов и образец вида *Malus Floribunda* 821. Сорта Болотовское, Солнышко, Александр Бойко, Вавиловское, Ивановское, Рождественское оценивались в садах производственного испытания в августе 2023 года, сорт Присцилла и *Malus Floribunda* 821 оценивались в ряду сортов-дифференциаторов (представлены данные за 2022 и 2023 годы), сорта Александр Бойко, Болотовское, Веньяминовское, Восторг, Поэзия, Приокское, Свежесть, Юбилей Москвы, Валюта, Гирлянда, Ивановское, Имрус в научных насаждениях (представлены данные за 2022 и 2023 годы). Таким образом, сорта Болотовское, Александр Бойко, Ивановское оценивались в двух различных садах.

Оценка поражения яблони паршой производилась на естественном инфекционном фоне по шкале, принятой в проекте Vinqest (<http://www.vinqest.ch/monitoring/collection.htm>), и приведена в таблице 1.

Результаты (Results)

Обнаружено очевидное спороношение парши на сорте Присцилла (рис. 1, а), а также на следующих сортах селекции ВНИИСПК: Болотовское, Веньяминовское, Восторг, Поэзия, Приокское, Свежесть, Солнышко, Юбилей Москвы. При этом не обнаружено поражения на сортах Александр Бойко, Вавиловское, Валюта, Гирлянда, Ивановское, Имрус, Рождественское и *M. × floribunda* 821 (таблица 2).

Интересно отметить, что *M. × floribunda* 821 растет в непосредственной близости с Присциллой в одном ряду, на расстоянии нескольких метров. При этом следов спороношения парши на *M. × floribunda* 821 не было обнаружено, однако явно проявились хлороз и точечные углубления (pit point), которые можно рассматривать как устойчивую к патогену реакцию растения.

Сорта Болотовское, Александр Бойко, Ивановское оценивались в двух локациях, полученные данные по оценке идентичны.

Шкала оценки поражения паршой яблони Vinquest (адаптированная шкала Lateur and Populer, 1994)

| Балл | Описание симптомов | Процент пораженных органов (листьев или плодов), % |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0 | Оценка не проводилась | – |
| 1 | Видимых симптомов нет | 0 |
| 2 | Одно или несколько пятен (следов поражения) парши при близком рассмотрении дерева | 0–1 |
| 3 | Очевидное поражение в нескольких частях дерева | 1–5 |
| 4 | Промежуточное поражение | 5–20 |
| 5 | Многочисленные пятна парши, распространенные на большей части дерева | ± 25 |
| 6 | Промежуточное поражение | 30–45 |
| 7 | Тяжелая инфекция с половиной листьев, сильно пораженных множественными пятнами | ± 50 |
| 8 | Промежуточное поражение | ± 75 |
| 9 | Дерево полностью поражено, почти все листья покрыты многочисленными пятнами | более 90 |

Table 1
Vinquest apple scab assessment scale (adapted from Lateur and Populer, 1994)

| Class | Description of the symptoms | Percentage of affected organs (leaves or fruits), % |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 0 | The assessment was not carried out | – |
| 1 | No visual symptoms | 0 |
| 2 | One or more spots (lesions) of scab on close examination of the tree | 0–1 |
| 3 | Obvious lesion in several parts of the tree | 1–5 |
| 4 | Intermediate lesions | 5–20 |
| 5 | Numerous scab spots common on most of the tree | ± 25 |
| 6 | Intermediate lesions | 30–45 |
| 7 | Severe infection with half of the leaves severely affected by multiple spots | ± 50 |
| 8 | Intermediate lesions | ± 75 |
| 9 | The tree is completely affected, almost all the leaves are covered with numerous spots | more than 90 |

Следы спороношения парши на плодах были отмечены на таких сортах, как Болотовское (рис. 1, б), Веньяминовское, Поэзия и Приокское.

Интересно отметить, что на сортах Восторг и Юбилей Москвы в 2022 году поражения паршой не отмечалось, а в 2023 году данные сорта поразились до 3 баллов (очевидное поражение было обнаружено в нескольких частях дерева). Усиление вредоносности парши наблюдается также на сортах Болотовское, Приокское. Так, в 2022 году на сорте Болотовское были обнаружены единичные пятна спороношения (2 балла), а в 2023 году очевидное поражение в нескольких частях дерева (3 балла). Сорт Приокское в 2022 году поразились на 3 балла, а в 2023 году – на 4.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В данной работе проведена оценка поражения паршой 16 сортов, известных как иммунные сорта с геном *Vf*. Наблюдения проводились в условиях научных насаждений Орловской области.

В современной литературе ген *Vf* устойчивости яблони к парше рассматривается как ген, унаследованный от *M. × floribunda* 821. При этом стоит отметить, что в более ранних работах предполагали наличие гена *Vf* и в других видах (*M. prunifolia*, *M. atrosanguinea*, *M. baccata* и др.). Во избежание путаницы установим, что мы под геном *Vf* подразумеваем ген, унаследованный от *M. × floribunda* 821.

Для 12 из 16 задействованных в данной работе сортов можно отследить происхождение до *M. × floribunda* 821. Данные сорта являются потомками *M. × floribunda* 821 в 4 поколении (Веньяминовское, Свежесть, Солнышко, Юбилей Москвы) и 5 поколении (Александр Бойко, Болотовское, Восторг, Прицилла, Рождественское, Гириянда, Ивановское). Они все имеют общего предка F2_26829-2-2 (F2 от *M. × floribunda* 821). Сорт Валюта также произошел от *M. × floribunda* 821, но в каком именно поколении, нам установить не удалось.

Таблица 2
Степень поражения паршой яблони в условиях ВНИИСПК

| № | Генотип | Происхождение | 2022 г. | 2023 г. |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------|---------|---------|
| Со следами поражения паршой | | | | |
| 1 | Болотовское* | Скрыжапель × 1924 | 2,5 | 3 |
| 2 | Веньяминовское* | 814 свободное опыление | 2,5 | 3 |
| 3 | Восторг | 270-124 × 23-17-62(814 свободное опыление) | 1 | 3 |
| 4 | Поэзия* | 224-18 свободное опыление | 3 | 3 |
| 5 | Приокское* | 224-18 свободное опыление | 4 | 5 |
| 6 | Присцилла | Starking Delicious × PRI_610-2 | 1 | 2,5 |
| 7 | Свежесть | Антоновка Краснобочка × PR12T67 | 3 | 4 |
| 8 | Солнышко | 814 свободное опыление | – | 2 |
| 9 | Юбилей Москвы | 814 свободное опыление | 1 | 3 |
| Без следов поражения паршой | | | | |
| 10 | Александр Бойко | Прима × Wealthy тетраплоидный | 1 | 1 |
| 11 | Вавиловское | 18-53-22 (Скрыжапель × OR18T13) × Wealthy тетраплоидный | – | 1 |
| 12 | Валюта | KB6 × OR38T17 | 1 | 1 |
| 13 | Гирлянда | 224-18 (SR 0523 × Вазак) 22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63) | 1 | 1 |
| 14 | Ивановское | Wealthy × Прима | – | 1 |
| 15 | Имрус | Антоновка Обыкновенная × OR18T13 | 1 | 1 |
| 16 | Рождественское | Wealthy × BM41497 | – | 1 |
| 17 | M. × floribunda 821 | | 1 | 1 |

Примечание. * Спороношение парши отмечено также и на плодах; «–» – нет данных.

Table 2
Scab on apple cultivars at VNIISPК

| No. | Genotype | Origin | 2022 | 2023 |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------|------|------|
| With traces of scab damage | | | | |
| 1 | Bolotovskoe* | Skryzhapel' × 1924 | 2.5 | 3 |
| 2 | Venyaminovskoe* | 814 open pollination | 2.5 | 3 |
| 3 | Vostorg | 270-124 × 23-17-62(814 open pollination) | 1 | 3 |
| 4 | Poeziya* | 224-18 open pollination | 3 | 3 |
| 5 | Priokskoe* | 224-18 open pollination | 4 | 5 |
| 6 | Pristsilla | Starking Delicious × PRI_610-2 | 1 | 2.5 |
| 7 | Svezhest' | Antonovka Krasnobochka × PR12T67 | 3 | 4 |
| 8 | Solnyshko | 814 open pollination | - | 2 |
| 9 | Yubiley Moskvу | 814 open pollination | 1 | 3 |
| Without traces of scab damage | | | | |
| 10 | Aleksandr Boyko | Prima × Wealthy tetraploid | 1 | 1 |
| 11 | Vavilovskoe | 18-53-22 (Skryzhapel' × OR18T13) × Wealthy tetraploid | - | 1 |
| 12 | Valyuta | KB6 × OR38T17 | 1 | 1 |
| 13 | Girlyanda | 224-18 (SR 0523 × Vzhak) 22-34-95 (814 × PA-29-1-1-63) | 1 | 1 |
| 14 | Ivanovskoe | Wealthy × Prima | - | 1 |
| 15 | Imrus | Antonovka Obyknovennaya × OR18T13 | 1 | 1 |
| 16 | Rozhdestvenskoe | Wealthy × BM41497 | - | 1 |
| 17 | M. × floribunda 821 | | 1 | 1 |

Note.* Scab sporulation is also observed on fruits; «–» – no data.

Сорта Поэзия и Приокское получены от свободного опыления формы 224-18 (не имеет ген Vf). Однако ранее у этих сортов было установлено наличие ДНК-маркеров, сцепленных с геном Vf. Данные сорта длительное время проявляли иммунитет к парше. На основании этого было сделано предположение, что они унаследовали ген Vf через пыльцу неизвестной отцовской формы. Интересно отметить,

что сорт Поэзия имеет два гена устойчивости – Vf и Vm (как по данным родословной, так и поданным ДНК-маркерам) [10], однако он достаточно сильно поражен паршой в последние годы. Этот факт призывает разумно относиться к перспективам пирамидирования нескольких генов устойчивости в одном генотипе.



а)



б)

Рис. 1. Спороношение парши: а) на листьях сорта Присцилла; б) на плодах сорта Болотовское
 Fig. 1. Scab lesion: a) on the 'Pristilla' leaves; b) on the 'Bolotovskoe' fruits

Сорта Имрус и Вавиловское по родословным произошли от OR18T13 (потомок *M. atrosanguinea* формы 804). В работах селекционеров Е. Н. Седова и В. В. Жданова¹ упоминается, что *M. atrosanguinea* формы 804 имела два гена (*Vf* и *Vm*). Интересно отметить, что в селекции на устойчивость к парше во ВНИИСПК использовали две формы от *M. atrosanguinea* 804: OR18T13 (родословная) и SR0523 (Red Melba × (Wolf River × *M. atrosanguinea* 804)). При этом сорта, полученные через форму SR0523 (Орловим, Память Исаева, Первинка и другие), достаточно быстро поразились паршой 5-й расы и иммунитета не проявляли. Сорта Вавиловское и Имрус имеют ДНК-маркеры гена *Vf* и до сих пор проявляют устойчивость к парше, что, возможно, связано с путаницей в родословной OR18T13. Неизвестно мог ли у *M. atrosanguinea* 804 действительно присутствовать ген *Vf*. Виды *M. atrosanguinea* и *M. × floribunda* являются гибридными от скрещивания различных видов. *M. × floribunda* – гибридный вид от скрещивания *M. baccata* × *M. totingo*, его естественная среда обитания – Корея². *M. atrosanguinea* – гибридный вид от скрещивания *M. halliana* × *M. Sieboldii*³. Однако его происхождение подвергается сомнениям⁴.

Таким образом, для 12 из 16 задействованных в настоящей работе сортов наличие гена *Vf* подтверждается по родословным, однако на данный момент

семь сортов поразились паршой, а пять – нет. Анализ родословных не позволяет идентифицировать причины происходящего. Возможно, вновь появившаяся раса еще незначительно распространена или у устойчивых генотипов присутствуют иные факторы устойчивости, например, некие гены-модификаторы. Опубликована работа о поражении некоторых сортов с генов *Vf* в условиях Тамбовской области, в которой отмечено поражение сортов Болотовское и Рождественское [10]. В настоящее время в условиях Орловской области сорт Болотовское также поражен паршой, а на сорте Рождественское парши на данный момент не обнаружено.

По данным инициативы Vinquest за 2012–2022 годы⁵, на сорте Присцилла, имеющем ген *Vf*, было отмечено поражение паршой на три балла (очевидное поражение) и больше в ряде европейских стран (Чехия, Австрия, Франция, Германия, Швеция, Швейцария, Румыния). На территории Республики Беларусь уже с 2005 года отмечалось поражение паршой ряда сортов с геном *Vf*.

M. floribunda 821 на данный момент паршой в условиях Орловской области не поразились. Однако данная форма, помимо гена *Vf*, имеет иные генетические факторы устойчивости, которые были утеряны у ее потомков в процессе селекции. L. Parisi и G. Bénaouf⁶ в своих работах продемонстрировали существование второго доминантного гена *Vfh* у *M. floribunda* 821 который она передала F₂ 26830-2, однако форма F₂ 26829-2-2 его не унаследовала, и все потомки данного сеянца не имеют ген *Vf h*.

¹ Седов Е. Н., Жданов В. В. Устойчивость яблони к парше (сорта и селекция). Орел: Орл. отд. Приок. кн. изд-ва, 1983, 116 с.

² *Malus × floribunda* Siebold ex Van Houtte // Plants of the World Online | Kew Science. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:726291-1> (дата обращения: 21.04.2024).

³ *Malus × atrosanguinea* (Späth) C.K.Schneid // Plants of the World Online | Kew Science. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:2950424-4> (дата обращения: 21.04.2024).

⁴ *Malus × atrosanguinea* (Späth) Schneider // Trees and Shrubs Online. URL: <https://www.treesandshrubsonline.org/articles/malus/malus-x-atrosanguinea> (дата обращения: 21.04.2024).

⁵ Monitoring of *Venturia inaequalis* virulences // *Venturia inaequalis* Pathotypes. URL: <https://www.vinquest.ch/monitoring/publication.htm> (дата обращения: 21.04.2024).

⁶ Bénaouf G., Parisi L. Genetics of host-pathogen relationships between *Venturia inaequalis* races 6 and 7 and *Malus* species // *Phytopathology*. 2000. Vol. 90. Pp. 236–242. DOI: 10.1094/PHYTO.2000.90.3.236.

Как упоминалось выше, 12 сортов, задействованных в этой работе, для которых удалось отследить происхождение от *M. floribunda* 821 по данным родословных, произошли от формы F₂ 26829-2-2. По данным L. Parisi и G. Bénaouf, эта форма не унаследовала ген *Vfh*, соответственно, данные сорта гена *Vfh* иметь не должны. К сожалению, об этом гене известно меньше, чем о *Vf*. Также, насколько нам известно, не опубликованы надежные методы ДНК-диагностики гена *Vfh*. Тем не менее на данный момент известно, что этот ген преодолевает 7-я раса парши, способная поражать *M. floribunda* 821. По данным инициативы Vinquest за 2012–2022 годы, на *M. floribunda* 821 было отмечено поражение паршой на три балла и больше в ряде европейских стран (Бельгия, Франция, Англия, Германия, Польша, Швеция, Швейцария). Опубликовано информация о поражении *M. floribunda* 821 и в США [5].

Ранее были опубликованы сообщения о присутствии 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10 рас парши на территории Российской Федерации. По данным 2018 года, 6-й расы патогена, способной преодолеть ген *Vf*, еще не было обнаружено [11]. В последние годы, вероятно, в связи с климатическими изменениями ряд сортов с геном *Vf* поражен паршой, что свидетельствует о наличии 6-й расы парши на территории Орловской области. В наших исследованиях поражения паршой на *M. floribunda* 821 не наблюдалось, соответственно, 7-я раса парши еще не обнаружена.

Для длительной устойчивости яблони к парше необходимо привлекать разнообразие генов устойчивости. По результатам 10-летних (2009–2018) наблюдений за паршой по всему миру инициативой Vinquest рекомендован ряд генов для селекции на длительную устойчивость, а именно *Rvi5* (*Vm*), *Rvi11* (от *M. baccata* jackii), *Rvi12* (от *Hansen'ss baccata* №2), *Rvi14* (от Dülmener Rosenapfel) и *Rvi15* (от GMAL 2473), при этом *Vf* (*Rvi6*) и *Vfh* (*Rvi7*) попали в список генов, которые все еще полезны для селекции, но рекомендуется их использовать для совмещения трех и более генов в одном генотипе [4]. Однако в условиях Центральной России ген *Vm* устойчивости к парше не обеспечивает, а вот форма GMAL 2473 на данный момент не поражается паршой как в Орловской области, так и во всем мире [11]. При этом следует отметить, что генетика устойчивости этой формы более сложная, чем предполагалась. Недавние исследования A. Reil с соавторами [12] доказали, что *Rvi15* – тот же ген, что и *Rvi4*. Формы и сорта с этим геном достаточно сильно поражаются паршой, в том числе и в Орловской области [11]. Сделано предположение, что форма GMAL 2473 имеет иные факторы устойчивости, еще не изученные [12]. Сорт Dülmener Rosenapfel, по наблюдениям 2023 года в условиях ВНИИСПК (г. Орел), паршой не поражен, а *M. baccata* jackii и *Hansen'ss baccata* № 2, к сожалению, отсутствуют в наших научных насаждениях.

1402

Для целого ряда генов устойчивости разработаны ДНК-маркеры, позволяющие проводить отбор генотипов с интересующими генами на ранних этапах онтогенеза. Однако к их использованию следует относиться ответственно, проводить валидацию на конкретном материале, прежде чем применять методики для скрининга. В некоторых случаях широко распространенные аллели, расположенные рядом с геном устойчивости, могут также присутствовать и у восприимчивых генотипов, может произойти рекомбинация между маркером и геном и так далее.

Еще одно интересное направление ускорения цикла селекционного процесса у плодовых культур, которое применяется совместно с ДНК-маркерами, это использование трансгенных рано вступающих в плодоношение линий или стимулирование раннего цветения с использованием вирусов. Используя раноцветущую трансгенную линию T1190 Schlatholter в течение семи лет, получили элитные сеянцы яблони 4-го и 11-го поколений с устойчивостью к бактериальному ожогу. Линию T1190 также использовали для ускоренного привнесения генов устойчивости к болезням, в том числе парше, мучнистой росе, сизой плесневидной гнили [13].

ДНК-маркирование, а также использование новых ускоренных методов селекции (с привлечением стимулирования цветения вирусами, быстрозацветающих линий), методы геномного редактирования и цисгенеза предлагают дополнительные инструменты для ускорения селекционного процесса выведения сортов с длительной устойчивостью к парше [14–17].

Таким образом, на данный момент на территории Орловской области часть сортов с геном *Vf* поражалась паршой, а часть нет – анализ родословных не дает точного ответа, почему так произошло. Возможно, в устойчивых генотипах присутствуют иные факторы устойчивости, кроме гена *Vf*, или на данный момент раса парши недостаточно распространялась. При этом *M. × floribunda* 821 на данный момент следов поражения паршой не имеет, возможно, в связи с наличием гена *Vfh*.

Длительное время ген *Vf* был фактором устойчивости яблони к парше. Однако все больше сообщений о его преодолении, в том числе на территории Российской Федерации. При этом приобретают значение иные доноры устойчивости. Возлагают надежды и на пирамидирование генов и новые ускоренные методы селекции (с привлечением стимулирования цветения вирусами (Virus Induced Flowering), быстрозацветающих трансгенных линий) и методы геномного редактирования и цисгенеза. Другим направлением по поддержанию устойчивости сортов должны быть меры по ограничению эволюции патогена: удаление листьев из сада для предотвращения размножения патогена, ранние опрыскивания в момент распространения аскоспор, предотвращающие возможность распространения новых рас парши.

Библиографический список

1. Красова Н. Г., Пикунова А. В., Галашева А. М. Оценка исходного материала генофонда яблони по устойчивости к парше // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 6. С. 49–54.
2. Okoro C. A., El-Hasan A., Voegelé R. T. Integrating Biological Control Agents for Enhanced Management of Apple Scab (*Venturia inaequalis*): Insights, Risks, Challenges, and Prospects // Agrochemicals. 2024. Vol. 3, No. 2. Pp. 118–146. DOI: 10.3390/agrochemicals3020010.
3. Zarembo I., Teilans A., Bartulsons T., Sokolova O., Litavniece L., Nikolajeva A. Apple and pear scab ontology // Environment. Technologies. Resources: proceedings of the international scientific and practical conference. Rēzekne, Latvia, 2021. Vol. 2. Pp. 199–204. DOI: 10.17770/etr2021vol2.6589.
4. Patocchi A., Wehrli A., Dubuis P. H., Auwerkerken A., Leida C., Cipriani G., Passey T., Staples M., Didelot F., Phillion V., Peil A. Ten years of VINQUEST: First insight for breeding new apple cultivars with durable apple scab resistance // Plant disease. 2020. Vol. 104, No. 8. Pp. 2074–2081. DOI: 10.1094/PDIS-11-19-2473-SR.
5. Papp D., Singh J., Gadoury D., Khan A. New North American isolates of *Venturia inaequalis* can overcome apple scab resistance of *Malus floribunda* 821 // Plant disease. 2020. Vol. 104, No. 3. Pp. 649–655. DOI: 10.1094/PDIS-10-19-2082-RE.
6. Le Cam B., Sargent D., Gouzy J., Amselem J., Bellanger M. N., Bouchez O., Brown S., Caffier V., De Gracia M., Debuchy R., Duvaux L. Population genome sequencing of the scab fungal species *Venturia inaequalis*, *Venturia pirina*, *Venturia aucupariae* and *Venturia asperata* // G3: Genes, Genomes, Genetics. 2019. Vol. 9, No. 8. Pp. 2405–2414. DOI: 10.1534/g3.119.400047.
7. Li X., Tao F., Fan S., Li H., Yang J., Gao L. Genetic diversity of *Venturia inaequalis* isolates (Apple scab) in China and UK determined by SSR markers // PLoS One. 2021. Vol. 16, No. 6. Article number e0252865. DOI: 10.1371/journal.pone.0252865.
8. Celik A., Kavak H. Investigation of Genetic Diversity in Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Isolated from Two Different Geographical Areas of Turkey // Erwerbs-Obstbau. 2019. No. 61. Pp. 263–266. DOI: 10.1007/s10341-019-00426-4.
9. Mansoor S., Ahmed N., Sharma V., Jan S., Nabi S. U., Mir J. I., Masoodi K. Z. Elucidating genetic variability and population structure in *Venturia inaequalis* associated with apple scab disease using SSR markers // PloS One. 2019. Vol. 14, No. 11. Article number e0224300. DOI: 10.1371/journal.pone.0224300.
10. Савельева Н. Н., Юшков А. Н., Земисов А. С., Борзых Н. В., Чивилев В. В., Лыжин А. С. Обеспечение стабильности устойчивости генотипов яблони к грибу *Venturia inaequalis* (cooke) with. // Биосфера. 2022. Т. 14, № 4. С. 384–386.
11. Пикунова А. В., Седов Е. Н. Расовый состав *Venturia inaequalis* в условиях Орловской области // Микология и фитопатология. 2019. Т. 53, № 5. С. 293–300. DOI: 10.1134/S0026364819050040.
12. Peil A., Howard N. P., Bühlmann-Schütz S., Hiller I., Schouten H., Flachowsky H., Patocchi A. *Rvi4* and *Rvi15* are the same apple scab resistance genes // Molecular Breeding. 2023. Vol. 43, No. 10. DOI: 10.1007/s11032-023-01421-0.
13. Luo F., Norelli J. L., Howard N. P., Wisniewski M., Flachowsky H., Hanke M. V., Peace C. Introgressing blue mold resistance into elite apple germplasm by rapid cycle breeding and foreground and background DNA-informed selection // Tree Genetics & Genomes. 2020. No. 16. Article number 28. DOI: 10.1007/s11295-020-1419-5.
14. Svára A., De Storme N., Carpentier S., Keulemans W., De Coninc B. Phenotyping, genetics and ‘-omics’ approaches to unravel and introgress enhanced resistance against apple scab (*Venturia inaequalis*) in apple cultivars (*Malus × domestica*) // Horticulture Research. 2024. Article number uhae002. DOI: 10.1093/hr/uhae002.
15. Uzun A., Kocyigit S., Pinar H., Turgunbaev K., Kaymak, S. Selection of Central Asian apple species for scab resistance genes using molecular markers // Zemdirbyste-Agriculture. 2023. Vol. 110, No. 3. Pp. 245–254. DOI: 10.13080/z-a.2023.110.028.
16. Mir S., Sakina A., Masoodi K. Z., Bhat K. M., Padder B. A., Murtaza I., Shikari A. B. Mapping of quantitative trait loci for scab resistance in apple (*Malus × domestica*) variety, Shireen // Molecular Biology Reports. 2022. Vol. 49, No. 6. Pp. 5555–5566. DOI: 10.1007/s11033-022-07488-w.
17. Padder S. A., Mansoor S., Bhat S. A., Baba T. R., Rather R. A., Wani S. M., Darwish H. Bacterial endophyte community dynamics in apple (*Malus domestica* Borkh.) germplasm and their evaluation for scab management strategies // Journal of Fungi. 2021. Vol. 7, No. 11. DOI: 10.3390/jof7110923.

Об авторах:

Мария Александровна Должикова, младший научный сотрудник лаборатории биохимической генетики отдела биотехнологии и молекулярной генетики, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0002-2641-2172, AuthorID 971277. E-mail: dolzhikova@orel.vniispk.ru

Татьяна Владимировна Янчук, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции семечковых культур, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0003-4077-7095, AuthorID 607593. *E-mail: yanchuk@orel.vniispk.ru*

Анна Мироновна Галашева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом селекции, сортоизучения и сортовой агротехники семечковых культур, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0001-8795-9991, AuthorID 607708. *E-mail: galasheva@orel.vniispk.ru*

Светлана Александровна Корнеева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции семечковых культур, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0003-2772-5311, AuthorID 42386. *E-mail: ksv81_57@bk.ru*

Анна Андреевна Павленко, младший научный сотрудник лаборатории биохимической генетики отдела биотехнологии и молекулярной генетики, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0002-7664-8896, AuthorID 1035311. *E-mail: pavlenko@orel.vniispk.ru*

References

1. Krasova N. G., Pikunova A. V. Galasheva A. M. Assessment of initial material of an apple tree gene pool to scab resistance. *Vestnik of the Russian Agricultural Sciences*. 2020; 6: 49–54. (In Russ.)
2. Okoro C. A., El-Hasan A., Voegelé R. T. Integrating Biological Control Agents for Enhanced Management of Apple Scab (*Venturia inaequalis*): Insights, Risks, Challenges, and Prospects. *Agrochemicals*. 2024; 3 (2): 118–146. DOI: 10.3390/agrochemicals3020010.
3. Zarembo I., Teilans A., Bartulsons T., Sokolova O., Litavniece L., Nikolajeva A. Apple and pear scab ontology. *Environment. Technologies. Resources: proceedings of the international scientific and practical conference. Rēzekne, Latvia, 2021. Vol. 2. Pp. 199–204. DOI: 10.17770/etr2021vol2.6589.*
4. Patocchi A., Wehrli A., Dubuis P. H., Auwerkerken A., Leida C., Cipriani G., Passey T., Staples M., Didelot F., Philion V., Peil A. Ten years of VINQUEST: first insight for breeding new apple cultivars with durable apple scab resistance. *Plant Disease*. 2020; 104 (8): 2074–2081. DOI: 10.1094/PDIS-11-19-2473-SR.
5. Papp D., Singh J., Gadoury D., Khan A. New North American isolates of *Venturia inaequalis* can overcome apple scab resistance of *Malus floribunda* 821. *Plant Disease*. 2020; 104 (3): 649–655. DOI: 10.1094/PDIS-10-19-2082-RE.
6. Le Cam B., Sargent D., Gouzy J., Amsellem J., Bellanger M. N., Bouchez O., Brown S., Caffier V., De Gracia M., Debuchy R., Duvaux L. New North American isolates of *Venturia inaequalis* can overcome apple scab resistance of *Malus floribunda* 821. *Plant Disease*. 2020; 104 (3): 649–655. DOI: 10.1094/PDIS-10-19-2082-RE.
7. Li X., Tao F., Fan S., Li H., Yang J., Gao L. Genetic diversity of *Venturia inaequalis* isolates (Apple scab) in China and UK determined by SSR markers. *PLoS One*. 2021; 16 (6): e0252865. DOI: 10.1371/journal.pone.0252865.
8. Celik A., Kavak H. Investigation of Genetic Diversity in Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Isolated from Two Different Geographical Areas of Turkey. *Erwerbs-Obstbau*. 2019; 61: 263–266. DOI: 10.1007/s10341-019-00426-4.
9. Mansoor S., Ahmed N., Sharma V., Jan S., Nabi S. U., Mir J. I., Masoodi K. Z. Elucidating genetic variability and population structure in *Venturia inaequalis* associated with apple scab disease using SSR markers. *PloS One*. 2019; 14 (11): e0224300. DOI: 10.1371/journal.pone.0224300.
10. Savel'eva N. N., Yushkov A. N., Zemisov A. S., Borzykh N. V., Chivilev V. V., Lyzhin A. S. Ensuring the stability of the resistance of apple genotypes to the fungus *Venturia inaequalis* (cooke) with. *Biosfera*. 2022; 14 (4): 384–386. (In Russ.)
11. Pikunova A. V., Sedov E. N. The Racial Composition of *Venturia inaequalis* in Environments of the Oryol Region. *Mycology and phytopathology*. 2019; 53 (5): 293–300. DOI: 10.1134/S0026364819050040. (In Russ.)
12. Peil A., Howard N. P., Bühlmann-Schütz S., Hiller I., Schouten H., Flachowsky H., Patocchi A. *Rvi4* and *Rvi15* are the same apple scab resistance genes. *Molecular Breeding*. 2023; 43 (10): 74. DOI: 10.1007/s11032-023-01421-0.
13. Luo F., Norelli J. L., Howard N. P., Wisniewski M., Flachowsky H., Hanke M. V., Peace C. Introgressing blue mold resistance into elite apple germplasm by rapid cycle breeding and foreground and background DNA-informed selection. *Tree Genetics & Genomes*. 2020; 16: 28. DOI: 10.1007/s11295-020-1419-5.
14. Svara A., De Storme N., Carpentier S., Keulemans W., De Coninc B. Phenotyping, genetics and ‘-omics’ approaches to unravel and introgress enhanced resistance against apple scab (*Venturia inaequalis*) in apple cultivars (*Malus* × *domestica*). *Horticulture Research*. 2024: uhae002. DOI: 10.1093/hr/uhae002.

15. Uzun A., Kocyigit S., Pinar H., Turgunbaev K., Kaymak, S. Selection of Central Asian apple species for scab resistance genes using molecular markers. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2023; 110 (3): 245–254. DOI: 10.13080/z-a.2023.110.028.

16. Mir S., Sakina A., Masoodi K. Z., Bhat K. M., Padder B. A., Murtaza I., Shikari A. B. Mapping of quantitative trait loci for scab resistance in apple (*Malus × domestica*) variety, Shireen. *Molecular Biology Reports*. 2022; 49 (6): 5555–5566. DOI: 10.1007/s11033-022-07488-w.

17. Padder S. A., Mansoor S., Bhat S. A., Baba T. R., Rather R. A., Wani S. M., Darwish H. Bacterial endophyte community dynamics in apple (*Malus domestica* Borkh.) germplasm and their evaluation for scab management strategies. *Journal of Fungi*. 2021; 7 (11): 923. DOI: 10.3390/jof7110923.

Authors' information:

Mariya A. Dolzhikova, junior researcher at the laboratory of biochemical genetics of the department of biotechnology and molecular genetics, All-Russian Research Institute of Fruit Crops Selection, Zhilina village, Oryol region, Russia; ORCID 0000-0002-2641-2172, AuthorID 971277. *E-mail: dolzhikova@orel.vniispk.ru*

Tatyana V. Yanchuk, candidate of agricultural sciences, chief researcher at the laboratory of pome crop breeding, All-Russian Research Institute of Fruit Crops Selection, Zhilina village, Oryol region, Russia; ORCID 0000-0003-4077-7095, AuthorID 607593. *E-mail: yanchuk@orel.vniispk.ru*

Anna M. Galasheva, candidate of agricultural sciences, chief researcher at the laboratory of apple variety studies and varietal agrotechnics, All-Russian Research Institute of Fruit Crops Selection, Zhilina village, Oryol region, Russia; ORCID 0000-0001-8795-9991, AuthorID 607708. *E-mail: galasheva@orel.vniispk.ru*

Svetlana A. Korneeva, candidate of agricultural sciences, chief researcher at the laboratory of pome crop breeding, All-Russian Research Institute of Fruit Crops Selection, Zhilina village, Oryol region, Russia; ORCID 0000-0003-2772-5311, AuthorID 42386. *E-mail: ksv81_57@bk.ru*

Anna A. Pavlenko, junior researcher at the laboratory of biochemical genetics of the department of biotechnology and molecular genetics, All-Russian Research Institute of Fruit Crops Selection, Zhilina village, Oryol region, Russia; ORCID 0000-0002-7664-8896, AuthorID 1035311. *E-mail: pavlenko@orel.vniispk.ru*

Зараженность зерна озимой мягкой пшеницы и тритикале грибами рода *Fusarium* на территории РСО-Алания

И. Р. Манукян[✉]

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра Российской академии наук, с. Михайловское, Республика Северная Осетия – Алания, Россия

[✉]E-mail: miririna.61@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований видового состава фузариозных грибов, встречающихся в пораженном колосе и зерне озимой мягкой пшеницы и озимой тритикале. Молекулярно-генетическими методами обнаружены новые для региона виды фузариев, определены доминирующие виды. На восприимчивом сорте обнаружено больше видов микромицетов. **Методы.** Все более важную роль в изучении разнообразия представителей рода *Fusarium* приобретает метод филогенетического анализа. Подтверждение видовой принадлежности проводили методом ПЦР с универсальными праймерами и дальнейшим секвенированием нуклеотидных последовательностей по методу Сэнгера. Для секвенирования была амплифицирована область генов β-тубулина. **Результаты.** Выявлено 14 видов грибов рода *Fusarium*. Во всех образцах доминировал вид *F. graminearum*. С высокой частотой отмечены виды *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides* и *F. equiseti*. Далее в порядке убывания частот встречаемости: *F. oxysporum*, *F. boothii*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. incarnatum*, *F. vorosii*, *F. tricinctum*, *F. cerealis*, *F. sambucinum*. **Научная новизна.** Впервые для РСО-Алания в больном зерне пшеницы обнаружены шесть видов фузариозных грибов: *F. boothii*, *F. vorosii*, *F. cerealis*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*. Полученные результаты свидетельствуют о сообществе фузариозных грибов, постоянно присутствующих в зерновом агроценозе. В больном зерне тритикале обнаружено четыре вида фузариумов: *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. equiseti* и *F. boothii*. Виды различаются между собой по требованиям к влаге и температуре, а также набором токсических веществ вторичного метаболизма, обеспечивающих конкурентные взаимодействия между видами и успешную колонизацию питательного субстрата. Постоянное присутствие в агроценозе комплекса фузариозных грибов, занимающих различные экологические ниши, обеспечивает непрерывное заражение колоса и зерна с фазы цветения до уборки.

Ключевые слова: пшеница озимая мягкая, заболевание колоса, грибы рода *Fusarium*, ДНК-маркер, филогенетический анализ

Для цитирования: Манукян И. Р. Зараженность зерна озимой мягкой пшеницы и тритикале грибами рода *Fusarium* на территории РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1406–1415. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1406-1415>.

Дата поступления статьи: 10.01.2024, **дата рецензирования:** 15.08.2024, **дата принятия:** 06.09.2024.

Contamination of winter soft wheat grain with and triticale grains *Fusarium* fungi in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania

I. R. Manukyan ✉

North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture –
a branch of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Mikhaylovskoe village, Republic of North Ossetia-Alania, Russia

✉E-mail: miririna.61@mail.ru

Abstract. This article presents the results of studies of the species composition of fusarium fungi found in the affected ear and grain of winter soft wheat and winter triticale. Molecular genetic methods have revealed new fusarium species for the region, and the dominant species have been identified. More types of micromycetes were found on the susceptible variety. **Methods.** Confirmation of the species was carried out by PCR with universal primers and further sequencing of nucleotide sequences using the Sanger method. The β -tubulin gene region was amplified for sequencing. **Results.** 14 species of fungi of the genus *Fusarium* have been identified. The species *F. graminearum* dominated in all samples (frequency of occurrence 42.8 %). The species *F. avenaceum* (23.3 %), *F. sporotrichioides* and *F. equiseti* (8.8 % each) were noted with high frequency. Next, in descending order of occurrence: *F. oxysporum*, *F. boothii*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. incarnatum*, *F. vorosii*, *F. tricinctum*, *F. cerealis*, *F. sambucinum*. **Scientific novelty.** For the first time, six species of fusarium fungi were found in diseased wheat grain: *F. boothii*, *F. vorosii*, *F. cerealis*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*. The results obtained indicate a community of fusarium fungi that are constantly present in the grain agrocenosis. Four species of fusarium have been found in the diseased triticale grain: *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. equiseti* and *F. boothii*. Species differ from each other in terms of moisture and temperature requirements, as well as a set of toxic substances of secondary metabolism that ensure competitive interactions between species and successful colonization of the nutrient substrate. The constant presence of a complex of fusarium fungi in the agrocenosis, occupying various ecological niches, ensures continuous infection of the ear and grain, starting from the flowering phase to harvesting.

Keywords: winter soft wheat, FHB (*Fusarium* head blight), fungi of the genus *Fusarium*, DNA marker, phylogenetic analysis

For citation: Manukyan I. R. Contamination of winter soft wheat grain and triticale grains with *Fusarium* fungi in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1406–1415. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1406-1415>. (In Russ.)

Date of paper submission: 10.01.2024, **date of review:** 15.08.2024, **date of acceptance:** 06.09.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Виды грибов рода *Fusarium* могут вызывать различные заболевания практически всех сельскохозяйственных культур, в том числе зерновых. При благоприятных погодных условиях инфицирование вегетативных и генеративных частей растения происходит на любых стадиях роста. Патогены вызывают увядания, развиваясь в проводящей системе растения, корневые гнили, повреждения колоса и зерна, различные пятнистости. Поражение генеративных органов пшеницы называется фузариозом колоса (ФК). ФК – распространенное заболевание зерновых культур во всем мире. Фузариозные грибы входят в пятерку самых разрушительных грибных патогенов, поражающих агроэкосистемы. Представители данного рода находятся в центре внимания исследователей во всем мире из-за токсигенных свойств. В глобальном масштабе ФК счита-

ется наиболее опасным и вредоносным заболеванием пшеницы, которое приводит к большим экономическим потерям, особенно в регионах с влажным климатом [1–4].

Заболевание влечет значительные потери урожая, а также загрязнение растительной продукции микотоксинами. К факторам, способствующим развитию заболевания, относятся недостаток устойчивых сортов, предшественники, обработка почвы, нарушение технологии возделывания, короткоротационные севообороты, насыщенные зерновыми культурами свыше 50 %, в том числе кукурузой. За последние десять лет частота эпидемий фузариозом колоса существенно возросла. Изменения климата, а также изменения в системах земледелия приводят к постепенному распространению ФК по регионам [5; 6; 8].

Фузариоз колоса имеет отличительные особенности. Если возбудителями разных видов ржавчины, мучнистой росы, септориоза и других болезней пшеницы являются отдельные виды микромицетов и их физиологические расы, то в случае фузариоза колоса заболевание вызывает комплекс различных видов фузариозных грибов. Кроме того, возбудители фузариоза колоса не имеют узкой специализации, Специализация к питательному субстрату характерна для микроорганизмов с биотрофным типом питания, фузариоз же относится к сапротрофным организмам, способным переходить при благоприятных условиях к факультативному паразитизму. Грибы сохраняются в почве, на семенах, на растительных остатках, дикорастущих растениях, для них характерны высокая метаболическая активность и пластичность.

Последствиями заражения посевов фузариозом являются низкое качество семенного материала, потери урожая до 30–40 %, потеря хлебопекарных качеств, загрязнение зерна и кормов микотоксинами [9].

Межвидовая и внутривидовая конкурентоспособность грибов очень высока благодаря синтезу разнообразных токсических веществ. Почва является основной экологической нишей фузариумов. Распространяются с пораженными частями растений, ветром, водой, насекомыми. Встречаются в различных местообитаниях и на различных видах растений.

Распространение фузариозных грибов, границы их ареалов определяются биологическими особенностями видов, температурным оптимумом, почвенными и климатическими условиями региона. Изменения условий среды способствуют изменению численности и конкурентоспособности почвенной микробиоты, смене доминант в растительных сообществах. Видовой состав грибов, паразитирующих на пшенице, и структура доминирования видов может изменяться в зависимости от региона, сорта, стадии онтогенеза и анализируемого вегетативного органа.

Изучение существующего видового разнообразия фузариозных грибов в конкретных почвенно-климатических условиях – довольно сложная задача. В природных сообществах на уровне популяций постоянно происходят микроэволюционные процессы, поэтому часто встречаются так называемые виды-двойники. Такие виды имеют схожие морфологические признаки, например окраску мицелия, размер и форму макро- и микроконидий. Однако генетические различия уже существуют.

Со временем различия накапливаются, и происходит закономерный переход количества в качество – эволюционные пути видов расходятся. Идентификация отличительных признаков новых видов грибов имеет большое значение для исследования

фитосанитарной обстановки агроценозов и происходящих в них изменений.

Для надежной идентификации видов грибов широко используют современные методы, основанные на изучении нуклеотидных последовательностей маркерных генов, и филогенетический анализ. Методы филогенетического анализа позволяют прояснить многие таксономические трудности. С помощью филогенетического анализа были установлены новые виды грибов: *F. sibiricum* и *F. ussuriarum*, сходные с *F. graminearum*.

Было установлено, что вид *F. equiseti* вместе с *F. incarnatum* формирует комплекс видов со схожими морфокультуральными признаками (FIESC) [1; 10–12].

Наиболее часто в филогенетических исследованиях анализируются гены TRI5 и TRI14 трихотецевого кластера, участки гена, отвечающего за удлинение трансляции на рибосомах (TEF1 α), гены рибосомальных субъединиц (RPD1, RPB2), нуклеотидные фрагменты гена β -тубулина (TUB2) и гистона H3 [13].

Молекулярно-генетический анализ расширил возможности оценки родства между видами-двойниками, схожими по морфологическим признакам. Например, вид *F. tricinctum* рассматривался в качестве близкородственного вида с *F. sporotrichioides* и *F. poae* [11]. В то же время при сравнении видов по профилю токсических метаболитов было обнаружено, что *F. tricinctum* отличается от *F. sporotrichioides* и *F. poae*, секретирующих микотоксины трихотецевой группы. Филогенетический анализ подтвердил близкое родство *F. tricinctum*, *F. avenaceum* и *F. acuminatum* [12].

До недавнего времени *F. graminearum* рассматривался как единый полиморфный вид. В дальнейшем мультилокусный молекулярный анализ выявил филогенетически различные линии, получившие ранги видов: *Fusarium boothii* и *Fusarium vorosii* [14; 15].

Методология и методы исследования (Methods)

Изучалось зерно озимой мягкой пшеницы среднеустойчивого сорта Dorota (Франция) и средневосприимчивого сорта Батько (Россия) внешне здоровое и с симптомами фузариоза. Выделение грибов рода *Fusarium* и видовую идентификацию проводили по культурально-морфологическим и молекулярно-генетическим признакам в лаборатории микологии ФГБУ ВНИИКР. Изоляты (180) выделяли в чистую культуру в стерильных условиях по общепринятой методике. Культивировали грибы в течение 14 суток на 2-процентном картофельно-глюкозном агаре при 25 °С. Для работы использовали микроскоп Olympus BX43F, для морфометрии – программное обеспечение Quick-photo MICRO 3.2. Для подтверждения видовой принадлежности проводили классическую ПЦР [16–18].

Для секвенирования таксономически информативных локусов и идентификации фузариозных грибов была амплифицирована область генов β -тубулина. В качестве референсных были использованы последовательности генов β -тубулина, полученные из баз данных GenBank (NCBI) и FUSARIUM-ID. Полученные нуклеотидные последовательности имели размер около 300 п. н. После выравнивания полученные матрицы использовали для последующего филогенетического анализа [7; 8].

Результаты (Results)

Климатическими особенностями предгорной зоны Центрального Кавказа являются нестабильное увлажнение по годам и неравномерное выпадение осадков в течение вегетационного периода. Максимум осадков (152–180 % от нормы) выпадает в период колошения и цветения (май – июнь), т. е. в самый уязвимый период для заражения фузариозом колоса. В связи с особенностями погодных условий эпифитотии фузариоза случаются практически ежегодно [8].

В 2005–2007 гг. в регионе проводились исследования состава грибов рода *Fusarium* на озимой пшенице. Было выявлено, что в условиях предгорной и лесостепной зонах Северной Осетии патоккомплекс больного зерна представлен *F. graminearum*, *F. poae*, *F. avenacium*, *F. tricinctum*, *F. culmorum*, *F. verticillioides*, *F. accuminatum*. Наибольшая частота встречаемости отмечена у видов *F. graminearum* и

F. poae. Повторный мониторинг видового разнообразия был проведен в 2023 году.

По результатам микологического анализа из больного зерна выделено 9 морфологических групп, потенциально соответствующих 9 видам фузариевых грибов. По результатам молекулярно-генетического анализа выявлено 14 видов грибов рода *Fusarium*. Количество видов увеличилось за счет *F. equiseti*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. boothii*, *F. proliferatum*, *F. incarnatum*, *F. vorosii*, *F. sambucinum* (таблица 1).

Во всех образцах доминировал *F. graminearum*. С высокой частотой отмечены также виды *F. avenaceum* (23,3 %), *F. sporotrichioides* и *F. equiseti* (по 8,8 %). Далее в порядке убывания частот встречаемости: *F. oxysporum*, *F. boothii*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. accuminatum*, *F. incarnatum*, *F. vorosii*, *F. tricinctum*, *F. cerealis*, *F. sambucinum*. За последние годы значительно увеличилась встречаемость вида *F. equiseti*. Чаще всего этот вид выделяли из корней и стеблей пшеницы. В наших исследованиях *F. equiseti* был выделен из зерна. Было изучено не только больное зерно, но и внешне здоровое. Наибольшее количество видов фузариозных грибов обнаружено в зерне восприимчивого сорта Батко. В зерне этого же сорта, но без внешних симптомов фузариоза колоса обнаружено шесть видов фузариевых грибов. В «здоровом» зерне отсутствовали виды: *F. oxysporum*, *F. cerealis*, *F. incarnatum*, *F. sambucinum*.

Таблица 1
Видовой состав возбудителей фузариоза колоса озимой мягкой пшеницы и тритикале

| Виды грибов рода <i>Fusarium</i> | Число изолятов / частота встречаемости, % |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| Озимая мягкая пшеница | |
| <i>F. graminearum</i> (Schwabe) | 77/42,8 |
| <i>F. avenacium</i> (Sacc.) | 42/23,3 |
| <i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc. | 16/8,8 |
| <i>F. sporotrichioides</i> (Sherb.) | 16/8,8 |
| <i>F. oxysporum</i> (Schlecht.) | 7/3,9 |
| <i>F. boothii</i> (O'Donnell) | 5/2,8 |
| <i>F. poae</i> (Peck.) | 3/1,7 |
| <i>F. proliferatum</i> (Matsush.) | 3/1,7 |
| <i>F. accuminatum</i> (Ellis.) | 3/1,7 |
| <i>F. incarnatum</i> (Desm.) Sacc. | 2/1,1 |
| <i>F. vorosii</i> (B. Toth) | 2/1,1 |
| <i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc. | 2/1,1 |
| <i>F. cerealis</i> (Cooke) Sacc. | 1/0,6 |
| <i>F. sambucinum</i> (Fuckel) | 1/0,6 |
| Озимая тритикале | |
| <i>F. graminearum</i> (Schwabe) | 36/72,0 |
| <i>F. oxysporum</i> (Schlecht.) | 7/14,0 |
| <i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc. | 4/8,0 |
| <i>F. boothii</i> (O'Donnell) | 3/6,0 |

Table 1
Species composition of *Fusarium* head blight pathogens of winter soft wheat ear and triticale

| Types of fungi of <i>Fusarium</i> | Number of isolates / frequency of occurrence, % |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Winter soft wheat | |
| <i>F. graminearum</i> (Schwabe) | 77/42.8 |
| <i>F. avenacium</i> (Sacc.) | 42/23.3 |
| <i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc. | 16/8.8 |
| <i>F. sporotrichioides</i> (Sherb.) | 16/8.8 |
| <i>F. oxysporum</i> (Schlecht.) | 7/3.9 |
| <i>F. boothii</i> (O'Donnell) | 5/2.8 |
| <i>F. poae</i> (Peck.) | 3/1.7 |
| <i>F. proliferatum</i> (Matsush.) | 3/1.7 |
| <i>F. accuminatum</i> (Ellis.) | 3/1.7 |
| <i>F. incarnatum</i> (Desm.) Sacc. | 2/1.1 |
| <i>F. vorosii</i> (B. Toth) | 2/1.1 |
| <i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc. | 2/1.1 |
| <i>F. cerealis</i> (Cooke) Sacc. | 1/0.6 |
| <i>F. sambucinum</i> (Fuckel) | 1/0.6 |
| Winter triticale | |
| <i>F. graminearum</i> (Schwabe) | 36/72.0 |
| <i>F. oxysporum</i> (Schlecht.) | 7/14.0 |
| <i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc. | 4/8.0 |
| <i>F. boothii</i> (O'Donnell) | 3/6.0 |

Таблица 2

Видовой состав грибов рода *Fusarium* на различных сортах озимой мягкой пшеницы

| Сорт | Видовой состав | |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Внешне больные | Внешне здоровые |
| Батько | <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenacium</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. cerealis</i> , <i>F. incarnatum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. vorosii</i> , <i>F. sambucinum</i> | <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenacium</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. accuminatum</i> , <i>F. boothii</i> |
| Dorota | <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenacium</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. incarnatum</i> | <i>F. avenacium</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. tricinctum</i> |

Table 2

Species composition of *Fusarium* fungi on various varieties of winter soft wheat

| Variety | Species composition of fungi | |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Externally diseased | Externally healthy |
| Bat'ko | <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenacium</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. cerealis</i> , <i>F. incarnatum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. vorosii</i> , <i>F. sambucinum</i> | <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenacium</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. accuminatum</i> , <i>F. boothii</i> |
| Dorota | <i>F. graminearum</i> , <i>F. avenacium</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. incarnatum</i> | <i>F. avenacium</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. tricinctum</i> |

В пораженном фузариозом зерне более устойчивого сорта Dorota обнаружено шесть видов фузариевых грибов. В зерне без симптомов также присутствовали фитопатогены. Не обнаружен *F. graminearum*, но встречается *F. tricinctum*. Наиболее часто встречаемые виды: *F. graminearum*, *F. avenacium*, *F. sporotrichioides*, *F. equiseti*. Эти же виды присутствуют в больном и внешне здоровом зерне. Озимая тритикале более устойчива к фузариозной инфекции. В пораженном зерне преобладает самый агрессивный вид – *F. graminearum*. Сопутствующими видами являются *F. equiseti* и *F. oxysporum*. Установленная нами видовая спецификация фузариозных грибов, выделенных из зерна с симптомами фузариоза колоса и без них, подтверждает тот факт, что заражение колоса и зерна происходит непрерывно от фазы цветения до уборки. Скрытая инфекция в «здоровом» зерне при благоприятных условиях может развиваться и при хранении, т. к. фузариоз – это сапротрофные организмы.

В начальные периоды колос заражают более агрессивные виды, такие как *F. graminearum* и *F. avenacium*. Этим объясняется высокая частота их встречаемости (таблица 2).

Судя по видовому составу фузариозных грибов, в пораженном зерне могут накапливаться микотоксины разных типов: трихотеценовые типа А (*F. sporotrichioides*, *F. poae*), трихотеценовые токсины типа В (*F. graminearum*, *F. cerealis*, *F. sambucinum*), токсины энниатиновой группы и монилиформина (*F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. acuminatum*) [19].

Полученные изоляты были исследованы методами молекулярной филогении. В результате ДНК-секвенирования определены нуклеотидные последовательности гена β-тубулина для всех изолятов.

Полученные нуклеотидные последовательности после их выравнивания использовались для последующего филогенетического анализа (рис. 1).

На филогенетическом дереве все изоляты распределились по кладам, которые объединяются в более крупные ветви или комплексы. Филогенетический анализ показал, что виды *F. graminearum*, *F. boothii*, *F. cerealis*, *F. vorosii*, имеющие схожие морфологические характеристики и принадлежащие к комплексу FGSC (*Fusarium graminearum* species complex), формировали общую ветвь. Высокие темпы роста мицелия отмечены у более агрессивного вида *F. graminearum*. Изоляты *F. sporotrichioides*, *F. poae*, относящиеся к комплексу FSAMSC (*Fusarium sambucinum* species complex), формировали отдельные независимые ветви [12–14].

Пять изолятов *Fusarium graminearum* F43, F59, F93, F36, F110 располагались в пределах больной клады, образованной референсным изолятом MW533966.1 *Fusarium graminearum* CBS 136009. Два изолята F70, F71 оказались близкородственными референсному изоляту MG063785.1 *Fusarium graminearum* vorosii. Изолят F92 *F. cerealis* образовывал кладу с двумя референсными штаммами KJ125832.1 и AF314487.

К видовому комплексу *Fusarium tricinctum* species complex (FTSC) относятся *F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. accuminatum*. Изоляты формируют независимую большую ветвь. Имеют схожие морфологические признаки. Мицелий на питательной среде растет компактным и ворсистым от белого до светло-желтого цвета. Реверс колонии карминово-красный.

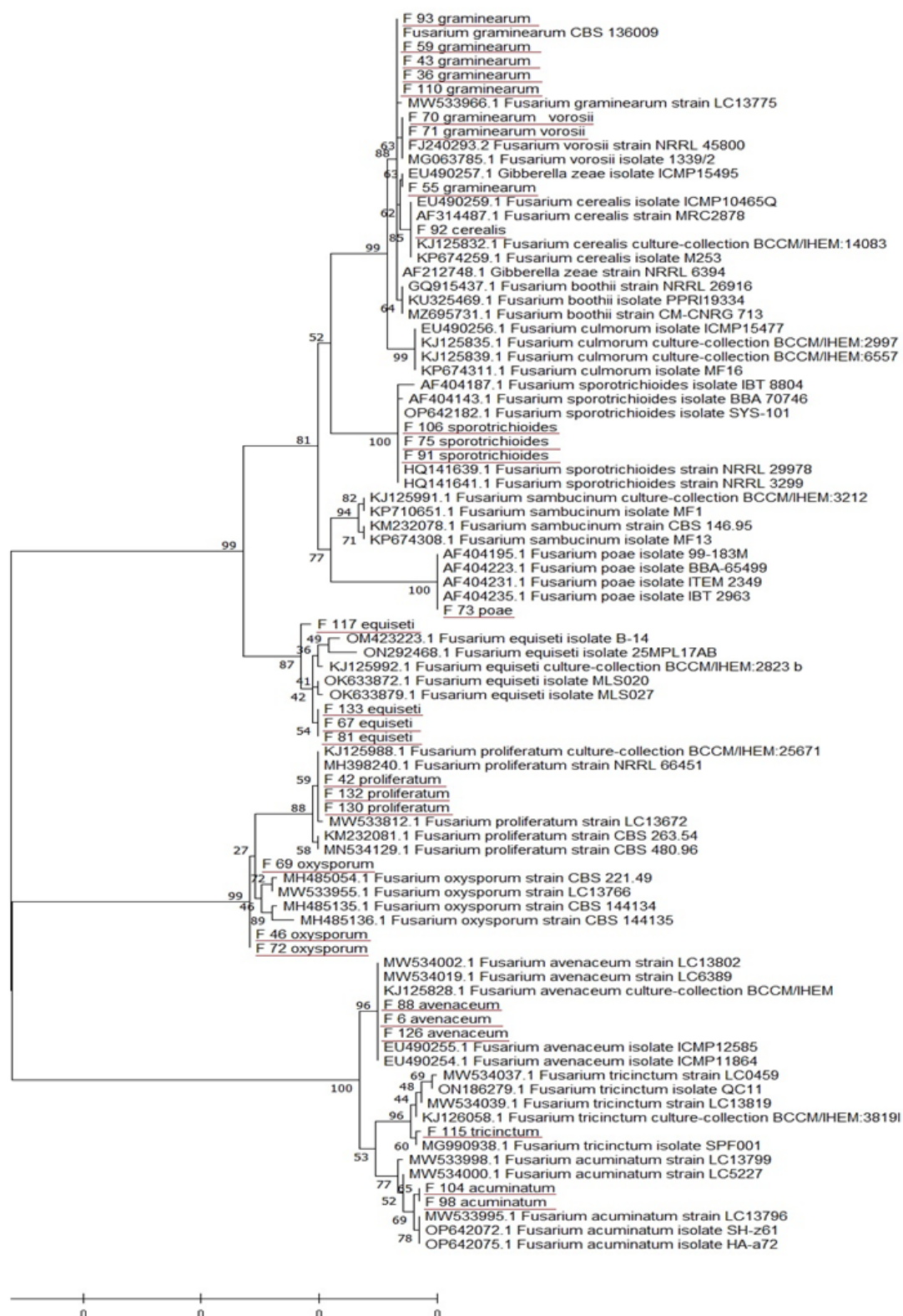


Рис. 1. Филогенетическое дерево изолятов грибов рода *Fusarium*, построенное на основании последовательностей участка гена β -тубулина

Fig. 1. Phylogenetic tree of *Fusarium* isolates based on sequences of the β -tubulin gene region

Считается, что *F. incarnatum* и *F. equiseti* принадлежат к видовому комплексу (FIESC) и демонстрируют схожую морфологию. Внешний вид колоний *F. incarnatum* и *F. equiseti* представлял собой обильный мицелий, который изначально белого цвета, но со временем становится желтовато-коричневым [15]. Хотя *F. incarnatum* и *F. equiseti* принадлежат к одному видовому комплексу и считаются умеренно агрессивными, они способны продуцировать разнообразные микотоксины, включая трихотецены. По токсигенным хемотипам *F. equiseti* относится хемотипу ZEN, а *F. incarnatum* – к хемотипу DON [16]. На филогенетическом дереве *F. equiseti* формирует отдельную кладу (рис. 1). Изоляты F81, F67, F133 и F117 вошли в кладу *Fusarium equiseti*, однако внутри нее формировали две отдельные подклады, не включающие в свой состав ни одного референсного штамма.

Изоляты F75, F91, F106 сформировали единую большую кладу, содержащую референсную последовательность HQ141639.1 *Fusarium sporotrichioides* NRRL 29978. На филограмме изолят F73 оказался близкородственным видам большой клады, основанной на последовательностях с максимальными значениями бутструп-поддержки с референсными типовыми штаммами AF 404235.1 *Fusarium poae* isolate IBT 2963.

Изоляты F130, F42, F132 вошли в большую кладу с высокими значениями бутструп-поддержки с референсными типовыми штаммами MW533812.1 *Fusarium proliferatum* strain LC13672 и MH398240 *Fusarium proliferatum* strain NRRL66451.

Изоляты F46, F72, F69 вошли в большую кладу *Fusarium oxysporum*, однако внутри нее формировали отдельные подклады, не включающие в свой состав ни одного референсного штамма.

Изоляты F6, F88, F126 вошли в кладу *Fusarium avenaceum* с высокими значениями бутструп-поддержки с референсными типовыми штаммами EU490225.1 *Fusarium avenaceum* isolate ICMP12585.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Виды микромицетов, относящиеся к роду *Fusarium*, представляют собой сложную в филогенетическом отношении группу, имеют большое прикладное значение не только в фитопатологии, но и в медицине и микотоксикологии. После появления и все более широкого применения генетических и молекулярных методов совместно с усовершенствованными морфологическими методами было открыто и описано множество новых видов в составе этого рода. В настоящее время к роду фузариевых грибов относятся десятки филогенетически самостоятельных видов, 20 клад, или комплексов видов, 9 монофилетических линий. Таксономия рода постоянно меняется [1; 6].

По морфологическим и молекулярным характеристикам идентифицировано 180 изолятов. Было

обнаружено 14 видов из рода *Fusarium*. Количество видов фузариевых грибов обнаружено на восприимчивом сорте. Высокая частота встречаемости отмечена у более агрессивных видов: *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. equiseti*. Эти виды успешно выдерживают межвидовую конкуренцию. Установлена скрытая инфекция фузариевых грибов в зерне без видимых симптомов более устойчивого сорта. Учитывая тот факт, что фузариозные грибы являются сапротрофами, их развитие и жизнедеятельность продолжают и после уборки. При благоприятных для микромицетов условиях колонизация субстрата и накопление микотоксинов могут продолжаться и во время хранения. Использование современных методов в фитопатологическом анализе существенно расширило сведения о грибах рода *Fusarium*, показало их видовое разнообразие в патоккомплексе пораженного колоса и зерна.

Благодаря молекулярно-генетическим методам стало возможным определить, к каким видам принадлежат изоляты, определить их видовую принадлежность, охарактеризована степень родства. Некоторые из них обнаружены впервые на территории предгорной зоны Центрального Кавказа. К таковым относятся шесть видов: *F. boothii*, *F. vorosii*, *F. cerealis*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*. В большом зерне обнаружены не только фузариозные грибы. Сопутствующими фитопатогенами были микромицеты из нескольких родов, в том числе *Helminthosporium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum*.

Очевидно, что уникальность этого заболевания, т. е. участие комплекса различных видов в патогенезе, способность поражать растения на разных этапах онтогенеза, отсутствие узкой специализации микромицетов, затрудняют селекцию на устойчивость к ФК. Устойчивость к заболеванию является типичным количественным признаком, и процесс заражения является сложным. Морфологические и фенологические особенности растений и условия их выращивания – все это влияет на заражение и развитие заболевания. Считается, что более высокие растения и короткий период цветения способствуют устойчивости к ФК, а также осложняют защиту растений от заражения и развития фузариозных грибов.

Таким образом, род *Fusarium* насчитывает множество видов, которые морфологически трудно различимы. Филогенетический анализ показал высокую степень межвидового полиморфизма нуклеотидных последовательностей гена β-тубулина, специфических или характерных на уровне отдельных видов. ДНК-маркеры оказались эффективными молекулярными инструментами для дифференциации близкородственных видов *Fusarium*. Для более точного изучения видового разнообразия и определения доминирующих видов на территории реги-

она необходимо исследовать зерно урожая разных лет выращивания. Увеличение посевных площадей и урожайности зерновых делает исследования по видовому разнообразию фузариумов актуальнее с каждым годом. Впервые на территории РСО-Алания с применением методов молекулярной филогении определено биологическое разнообразие фитопатогенов фузариозного заболевания колоса и зерна. Скрининг видов грибов рода *Fusarium* в па-

токомплексе фузариоза колоса поможет оптимизировать борьбу с заболеванием, улучшить контроль качества продуктов питания, сырья и кормов, разработать более эффективную систему интегрированной защиты пшеницы от заболевания.

Распространение в почвах патогенных и токсигенных микромицетов свидетельствует также о низкой супрессивности почвы и антропогенных загрязнениях [19].

Библиографический список

1. Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Орина А. С., Гогина Н. Н. Разнообразие видов фузариоза и их микотоксинов в зерновых культурах Азиатской территории России // Доклады биологических наук. 2023. № 508 (1). С. 9–19. DOI: 10.1134/S0012496622700156.
2. Бучнева Г. Н., Гусев И. В., Корабельская О. И., Дубровская Н. Н., Чекмарев В. В. Видовой состав и частота встречаемости грибов рода *Fusarium* на сортах пшеницы в Тамбовской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2 (62). С. 74–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-74-76.
3. Костерина Н. А. Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 49–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60.
4. Аблова И. Б., Тархов А. С. Поиск доноров и источников устойчивости пшеницы к фузариозу колоса и вовлечение их в селекционную программу // Генетика и селекция растений, основанная на современных генетических знаниях и технологиях: материалы Международной научной конференции молодых ученых. Звенигород, 2008. С. 5–6.
5. Манукян И. Р., Басиева М. А., Мирошникова Е. С., Абиев В. Б. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 20–26. DOI: 10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.46300158.
6. Левитин М. М., Джавахия В. Г. Токсигенные грибы и проблемы продовольственной безопасности (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 12. С. 5–11. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11201.
7. Стахеев А. А., Самохвалова Л. В., Рязанцев Д. Ю., Завриев С. К. Молекулярно-генетические методы в исследовании таксономии и специфической идентификации токсинпродуцирующих грибов рода *Fusarium*: успехи и проблемы // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51 (3). С. 275–284. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.275rus.
8. Стахеев А. А., Самохвалова Л. В., Микитюк О. Д., Завриев С. К. Филогенетический анализ и молекулярное типирование трихотеценпродуцирующих грибов рода *Fusarium* из российских коллекций // Acta naturae. 2018. Т. 10, № 2 (37). С. 85–99. DOI: 10.32607/20758251-2018-10-2-79-92.
9. Kebede M., Adugna G., Hundie B. Status of *Fusarium* head blight on wheat fields in Southwestern Ethiopia // Italian Journal of Mycology. 2021. Vol. 50, No. 1. Pp. 117–130. DOI: 10.6092/issn.2531-7342/13320.
10. Шварцев А. А., Королева М. Л., Блинова С. А., Рубец В. С., Пыльнев В. В. Анализ видового разнообразия возбудителей фузариозов на озимой тритикале (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) с использованием молекулярно-генетических методов // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2023. Вып. 1. С. 65–75. DOI: 10.17072/1994-9952-2023-1-65-75.
11. Chandra N. R., Wulff E. G., Udayashankar A. C., Nandini B. P., Niranjana S. R., Mortensen C. N., Prakash N. S. Prospects of molecular markers in *Fusarium* species diversity // Applied Microbiology and Biotechnology. 2011. Vol. 90, No. 5. Pp. 1625–1639. DOI: 10.1007/s00253-011-3209-3.
12. Wegulo S. N., Valverde-Bogantes E., Dolanos-Carriel C., Hallen-Adams H., Bianchini A., McMaster N., Schmale D. G. First report of *Fusarium boothii* causing head blight of wheat in the United States // Plant Disease. 2018. Vol. 102, No. 12. Pp. 2646–2667. DOI: 10.1094/PDIS-04-18-0696-PDN.
13. Leyiva-Mir S. G., Garcia-Leon F. K., Camacho-Nahia M., Vllasenor H., Romero G. F., Towar-Pedaza J. M. Occurrence of the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex causing fusarium head blight of wheat in Mexico // Plant Disease. 2022. Vol. 10. Pp. 2755. DOI: 10.1094/PDIS-11-21-2467-PDN.
14. Xi K., Shan L., Yang Y., Zhang G., J. Zhang., Guo Y. Species Diversity and Chemotypes of *Fusarium* Species Associated With Maize Stalk Rot in Yunnan Province of Southwest China // Frontiers in Microbiology. 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fmicb.2021.652062.
15. Avilla C. F., Moreira G. M., Nicollii C. P., Gomes L. B., Abreru L. M., Pfenning, L. H. *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex associated with Brazilian rice: phylogeny, morphology, and toxigenic po-

tential // International Journal of Food Microbiology. 2019. Vol. 306. Article number 108267. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108267.

16. Laraba I., McCormick S. P., Vaughan M., Geiser D. M., O'Donnell K. Phylogenetic diversity, trichothecene potential, and pathogenicity within *Fusarium sambucinum* species complex // PLoS One. 2021. Vol. 16, No. 4. Article number e0250812. DOI: 10.1371/journal.pone.0245037.

17. Wang W., Wang B., Sun X., Qi X., Gong, G. Symptoms and pathogens diversity of corn *Fusarium* sheath rot in Sichuan province, China // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. DOI: 10.1038/s41598-021-82463-2.

18. Хасанов Б. А., Шеримбетов А. Г. Таксономия рода *Fusarium* и современные методы идентификации его видов (обзор) // Узбекский биологический журнал. 2020. № 2. С. 22–32.

19. Домрачева Л. И., Скугорева С. Г., Ковина А. Л., Коротких А. И., Стариков П. А., Ашимхина Т. Ч. Специфика растительно-микробных комплексов при антропогенном загрязнении почвы (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 14–25. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-014-02.

Об авторе:

Ирина Рафиковна Манукян, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела селекционных технологий и первичного семеноводства сельскохозяйственных культур, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра Российской академии наук, с. Михайловское, Республика Северная Осетия – Алания, Россия; ORCID 0000-0002-1620-4302, AuthorID 377607. E-mail: miririna.61@mail.ru

References

1. Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Gogina N. N. Diversity of *Fusarium* Species and Their Mycotoxins in Cereal Crops from the Asian Territory of Russia. *Reports of Biological Sciences*. 2023; 508 (1): 9–19. DOI: 10.1134/S0012496622700156. (In Russ.)

2. Buchneva G. N., Gusev I. V., Korabel'skaya O. I., Dubrovskaya N. N., Chekmarev V. V. Varietal composition and frequency of *Fusarium* presence on winter wheat varieties in the Tambov region. *Grain Economy of Russia*. 2019; 2 (62): 74–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-74-76. (In Russ.)

3. Kosterina N. A. Analysis of the current state of the problem of fusarium ear and grain of wheat in the Russian Federation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 05 (234): 49–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60. (In Russ.)

4. Ablova I. B., Tarhov A. S. Search for donors and sources of wheat resistance to ear fusarium and their involvement in the breeding program. *Genetics and plant breeding based on modern genetic knowledge and technologies: proceedings of the international scientific conference of young scientists*. Zvenigorod, 2008. Pp. 5–6. (In Russ.)

5. Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Abiev V. B. Assessment of ecological plasticity of winter wheat varieties in the conditions of a foothill zone of the Central Caucasus. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; 4 (183): 20–26. DOI: 10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.46300158. (In Russ.)

6. Levitin M. M., Dzhavakhiya V. G. Toxigenic fungi and food security issues (review). *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 34 (12): 5–11. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11201. (In Russ.)

7. Stakheev A. A., Samokhvalova L. V., Ryazantsev D. Yu., Zavriev S. K. Molecular genetic approaches for investigation of taxonomy and specific identification of toxin-producing *Fusarium* species: achievements and problems (review). *Agricultural Biology*. 2016; 51 (3): 275–284. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.275rus. (In Russ.)

8. Stakheev A. A., Samokhvalova L. V., Mikityuk O. D., Zavriev S. K. Phylogenetic analysis and molecular typing of trichothecene-producing *Fusarium* fungi from Russian collections. *Acta Naturae*. 2018; 10 (2): 79–92. DOI: 10.32607/20758251-2018-10-2-79-92. (In Russ.)

9. Kebede M., Adugna G., Yundie B. Status of *Fusarium* head blight on wheat fields in Southwestern Ethiopia. *Italian Journal of Mycology*. 2021; 50 (1): 117–130. DOI: 10.6092/issn.2531-7342/13320.

10. Shvartsev A. A., Koroleva M. L., Blinova S. A., Rubets V. S., Pylnev V. V. Molecular genetic analysis for *Fusarium* species diversity in the winter triticale (*×Triticosecale Wittm. Ex A. Camus*). *Bulletin of Perm University. Biolog.* 2023; 1: 65–75. DOI: 10.17072/1994-9952-2023-1-65-75. (In Russ.)

11. Chandra N. R., Wulff E. G., Udayashankar A. C., Nandini B. P., Niranjana S. R., Mortensen C. N., Prakash N. S. Prospects of molecular markers in *Fusarium* species diversity. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011; 90 (5): 1625–1639. DOI: 10.1007/s00253-011-3209-3.

12. Wegulo S. N., Valverde-Bogantes E., Dolanos-Cariel C., Hallen-Adams H., Bianchini A., McMaster N., Schmale D. G. First report of *Fusarium boothii* causing head blight of wheat in the United States. *Plant Disease*. 2018; 102 (12): 2646–2667. DOI: 10.1094/PDIS-04-18-0696-PDN.

13. Leyiva-Mir S. G., Garcia-Leon F. K., Camacho-Nahia M., Vllasenor H., Romero G. F., Towar-Pedaza J. M. Occurrence of the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex causing fusarium head blight of wheat in Mexico. *Plant Disease*. 2022; 10: 2755. DOI: 10.1094/PDIS-11-21-2467-PDN.
14. Xi K., Shan L., Yang Y., Zhang G., J. Zhang., Guo Y. Species Diversity and Chemotypes of *Fusarium* Species Associated With Maize Stalk Rot in Yunnan Province of Southwest China. *Frontiers in Microbiology*. 2021; 12. DOI: 10.3389/fmicb.2021.652062.
15. Avilla C. F., Moreira G. M., Nicollii C. P., Gomes L. B., Abneru L. M., Pfenning, L. H. *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex associated with Brazilian rice: phylogeny, morphology, and toxigenic potential. *International Journal of Food Microbiology*. 2019; 306: 108267. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108267.
16. Laraba I., McCormick S. P., Vaughan M., Geiser D. M., O'Donnell K. Phylogenetic diversity, trichothecene potential, and pathogenicity within *Fusarium sambucinum* species complex. *PLoS One*. 2021; 16 (4): e0250812. DOI: 10.1371/journal.pone.0245037.
17. Wang W., Wang B., Sun X., Qi X., Gong, G. Symptoms and pathogens diversity of corn *Fusarium* sheath rot in Sichuan province, China. *Scientific Reports*. 2021; 11. DOI: 10.1038/s41598-021-82463-2.
18. Khasanov B. A., Sherimbetov A. G. Taxonomy of the genus *Fusarium* and modern methods of identification its species (review). *Uzbek Biological Journal*. 2020; 2: 22–32. (In Russ.)
19. Domracheva L. I., Skugoreva S. G., Kovina A. L., Korotkikh A. I., Starikov P. A., Ashikhmina T. Ya. Specificity of plant-microbial complexes under anthropogenic soil pollution (review) (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2022; 3: 14–25. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-014-025. (In Russ.)

Author's information:

Irina R. Manukyan, candidate of biological sciences, leading researcher of the department of breeding technologies and primary seed production of agricultural plants, North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – a branch of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Mikhaylovskoe village, Republic of North Ossetia-Alania, Russia; ORCID 0000-0002-1620-4302, AuthorID 377607. E-mail: miririna.61@mail.ru

Некорневые обработки плодов яблони препаратом на основе 1-МЦП

Т. Г. Причко¹✉, Ю. В. Митник², Т. Л. Смелик¹, К. В. Причко¹

¹ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

² ООО «Фреш-Форма», Москва, Россия

✉ E-mail: prichko@yandex.ru

Аннотация. Цель проводимых исследований – определение эффективности нового регулятора роста на основе 1-МЦП при управлении скоростью созревания и формировании качества плодов и урожая. **Методы.** Исследование по определению эффективности нового препарата на основе 1-МЦП («ХарвистФреш») выполнено в 2022–2023 гг. на сорте яблони позднего срока созревания (Джеромини), произрастающей в хозяйствах Краснодарского края. Обработку препаратом «ХарвистФреш», который представляет собой жидкую суспензионную композицию, проводили за 10 дней до созревания яблок. Препарат предназначен для управления биохимическими процессами созревания яблок на клеточном уровне, позволяя регулировать процессы гидролиза крахмала, созревания яблок и при более поздних сроках уборки не перезревших плодов увеличить их массу, окраску, снизить осыпание. **Научная новизна** исследования заключается в обосновании сроков проведения предуборочной обработки плодов и технологических параметров применения нового отечественного препарата, позволяющего управлять на клеточном уровне процессами созревания плодов яблони. **Результаты.** Техническим результатом предложенного решения является уменьшение осыпания плодов в предуборочный период, а также расширение «окна съема урожая». Использование препарата на основе 1-МЦП до наступления съемной зрелости плодов, ингибирующего интенсивность выделения этилена, позволило за счет увеличения сроков поступления питательных веществ в плоды улучшить их окраску при большем накоплении антоцианов. В результате применения обработок препаратом «ХарвистФреш» улучшены показатели качества плодов яблони: твердость мякоти больше на 9,3–12,0 %, витаминов – на 6,3–8,7 %, содержание сухих веществ, сахаров меньше на 9,6–11,0 %, что благоприятно для закладки яблок на длительное хранение.

Ключевые слова: яблоня, плоды, предуборочная обработка, товарные качества, урожай, окраска, этилен, химический состав

Для цитирования: Причко Т. Г., Митник Ю. В., Смелик Т. Л., Причко К. В. Некорневые обработки плодов яблони препаратом на основе 1-МЦП // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1416–1425. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1416-1425>.

Дата поступления статьи: 11.03.2024, **дата рецензирования:** 11.04.2024, **дата принятия:** 30.07.2024.

Foliar treatments of winter-ripening apple fruits with a preparation based on 1-MCP

T. G. Prichko^{1✉}, Yu. V. Mitnik², T. L. Smelik¹, K. V. Prichko¹

¹ North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

² Fresh-Forma LLC, Moscow, Russia

✉ E-mail: prichko@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is determining the effectiveness of a new growth regulator based on 1-MCP in controlling the rate of ripening and shaping the quality of fruits and yields. **Methods.** A study to determine the effectiveness of a new drug based on 1-MCP (HarvistFresh) was carried out in 2022–2023 on a late-ripening apple variety (Dzheromini) growing on farms in the Krasnodar region. Treatment with HarvistFresh, which is a liquid suspension composition, was carried out 10 days before apples ripened. The drug is intended to control the biochemical processes of apple ripening at the cellular level, allowing you to regulate the processes of starch hydrolysis, apple ripening, and at a later date for harvesting unripe fruits, increase their weight, color, and reduce shedding. **Scientific novelty.** The research is to substantiate the timing of pre-harvest processing of fruits and the technological parameters of the use of a new domestic drug that makes it possible to control the ripening processes of apple fruits at the cellular level. **Results.** The technical result of the proposed solution is a reduction in fruit shedding during the pre-harvest period, as well as an expansion of the “harvest window”. The use of a drug based on 1-MCP before the onset of harvest ripeness of the fruit, which inhibits the intensity of ethylene release, made it possible, by increasing the timing of the supply of nutrients to the fruit, to improve their color with a greater accumulation of anthocyanins. As a result of the use of treatments with HarvistFresh, the quality indicators of apple fruits have been improved: pulp hardness is 9.3–12.0 % more, vitamins are 6.3–8.7 % more, dry matter and sugar content is 9.6–11.0 % less, which is favorable for storing apples for long-term storage.

Keywords: apple tree, fruits, pre-harvest processing, commercial qualities, yield, coloring, ethylene, chemical indicators

For citation: Prichko T. G., Mitnik Yu. V., Smelik T. L., Prichko K. V. Foliar treatments of apple fruits with a preparation based on 1-MCP. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1416–1425. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1416-1425>. (In Russ.)

Date of paper submission: 11.03.2024, **date of review:** 11.04.2024, **date of acceptance:** 30.07.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Современные высокоурожайные сорта яблонь имеют один недостаток – опадение плодов перед уборкой, причиняющее большой ущерб промышленному садоводству. Для решения проблемы осыпания плодов перед съемом и получения качественных плодов при выращивании в современном садоводстве применяются различные регуляторы роста растений [1–8].

В садоводстве используются регуляторы роста для регулирования скорости созревания плодов на основе разных действующих веществ. В предыдущие годы нами были исследованы препараты на основе альфа-нафтилуксусной кислоты («Обстормон», «Обстактин») и на основе 1-метилциклопропена («Харвиста»), где получены положительные результаты, подчеркивающие эффективность этих препаратов в регулировании скорости созревания плодов, снижении осыпаемости, улучшении товарных качеств плодов.

Некоторые препараты, являющиеся регуляторами роста на основе 1-метилциклопропена (1-МЦП), позволяющие получить плоды хорошего качества, используют за две недели до съема урожая. Также препараты, содержащие 1-МЦП, применяют для обработки плодов перед закладкой на длительное хранение непосредственно в холодильных камерах для возможности увеличить сроки хранения яблок. Повлиять на пред- и послеуборочное созревание плодов, управляя их сохранностью в период хранения, позволил исследованный нами ранее новый препарат «Харвиста», также на основе 1-МЦП. При его применении получены положительные результаты, подчеркивающие эффективность в регулировании скорости созревания плодов, снижении осыпаемости, улучшении товарных качеств плодов.

Изучив состав и принцип действия существующих препаратов, мы предложили новый отечественный препарат «ХарвистФреш» (Патент № 2809381 С1) в виде жидкой суспензионной масляной ком-

позиции, содержащей 1-метилциклопропен, смешанный с мелкодисперсными порошкообразными и жидкими компонентами, который предназначен для управления биохимическими процессами созревания яблок на клеточном уровне при проведении обработки за две недели до съемной зрелости плодов, что позволяет регулировать процессы гидролиза крахмала, созревания яблок, увеличения массы, окраски плодов [9]. Техническим результатом предложенного решения является уменьшение осыпания плодов в предуборочный период за счет снижения скорости созревания плодов, а также расширение «окна съема урожая».

Основное преимущество препарата на основе 1-МЦП для обработки урожая за 2 недели до съема плодов заключается в способности снижать скорость созревания яблок, позволяя плодам сохранять качество в период длительного сбора. Происходит ингибирование выделения этилена, следовательно, увеличиваются сроки поступления питательных веществ в плоды, что приводит к увеличению массы яблок, улучшению окраски и, соответственно, улучшению товарных качеств плодов.

Более окрашенные плоды яблони пользуются большим спросом у покупателей. Потребители ассоциируют красные яблоки со спелостью и хорошим вкусом. Следовательно, сорта красных яблок часто имеют лучшую товарность и более высокую экономическую ценность [10–12]. Яблоки, выращиваемые на юге России, не всегда к уборке урожая приобретают окраску, свойственную данному сорту. Окраска плодов – это внешний признак, который напрямую влияет на коммерческую ценность и рыночную конкурентоспособность яблок. На красный цвет плодов яблони в основном влияет накопление антоциана, а на синтез антоциана влияют различные факторы. Одним из приемов для улучшения окраски плодов является некорневая обработка яблок препаратами, стимулирующими развитие окраски [13–15].

В настоящее время используется в садоводстве новый отечественный препарат на основе 1-МЦП «ХарвистФреш», применяемый однократно за 10–15 дней до съема плодов. Данный препарат влияет на послеуборочное созревание плодов, улучшает вкусовые и товарные качества плодов яблони.

Рекомендовано проводить также послеуборочную обработку препаратами на основе 1-МЦП перед закладкой плодов на длительное хранение. Благодаря применению препаратов с 1-МЦП выделение этилена в яблоках замедляется, соответственно, увеличивается лежкоспособность яблок. Фрукты через длительный период времени сохраняют высокую твердость, хруст, свежесть и характерный вкус для свежесобранных плодов. Благодаря применению препаратов на основе 1-МЦП в процессе

хранения яблоки меньше теряют массу, что связано с транспирацией и дыханием плодов, а также наблюдается меньший расход электрической энергии для охлаждающих устройств.

Цель проводимых исследований – определение эффективности нового регулятора роста на основе 1-МЦП при управлении скоростью созревания и формировании качества плодов и урожая.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования эффективности нового препарата «ХарвистФреш» на основе 1-МЦП выполнены на сорте яблони позднего срока созревания Джеромини на базе ЗАО «Юбилейное» (Краснодарский край) в 2022–2023 годах в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [16].

Новый отечественный препарат (патент № RU 2809381 «Жидкая суспензионная масляная композиция, содержащая 1-метилциклопропен, для обработки растений в период вегетации и способ ее получения») – «ХарвистФреш» содержащий 1-метилциклопропен, для обработки растений в период вегетации, где 1-МЦП смешан с мелкодисперсными порошкообразными и жидкими компонентами.

Исследования велись по общепринятым программам и методикам в лаборатории хранения переработки плодов СКФНЦСВВ. При определении оптимальных сроков уборки урожая в яблоках определяли вкусовые качества – органолептической оценкой [17]; растворимые сухие вещества – по ГОСТ ISO 2173-2013; общие сахара – по ГОСТ 8756.13-87; содержание крахмала – йод-крахмальной пробой по методу Целуйко [18]; титруемые кислоты – по ГОСТ ISO 750-2013; витамин С – йодометрическим методом с йодатом калия; витамин Р – в модификации Л. И. Вигорова; интенсивность выделения этилена – на приборе ICA-56; твердость мякоти – пенетрометром FT-372 с диаметром плунжера 10 мм [18].

Результаты (Results)

Для улучшения качества плодов и их лежкоспособности используют регуляторы роста растений. Обработку препаратами на основе 1-МЦП проводили непосредственно в саду за 2 недели до съема плодов. Используемый новый отечественный препарат «ХарвистФреш» влияет на пред- и послеуборочное созревание плодов, позволяя улучшить лежкоспособные свойства яблок.

В 2022–2023 годах проведены опытные исследования применения нового препарата на основе 1-МЦП на сорте яблони Джеромини (на базе ЗАО «Юбилейное»); в 2023 году – в промышленных условиях определялась эффективность препарата при разных концентрациях (вариант 2 – 9 л/га, вариант 3 – 7 л/га).



Обработка деревьев
Tree processing

Вариант 1 (контроль)
Option 1 (control)

Вариант 2
Option 2

Вариант 3
Option 3

Рис. 1. Результат применения препаратов на плодах яблони, сорт Джеромини (40 дней после обработки)
Fig. 1. The result of using drugs on apple fruits, variety Dzheromini (40 days after treatment)

Таблица 1

Технические характеристики плодов яблони (при уборке урожая), сорт Джеромини

| Вариант опыта | Высота, мм | Диаметр, мм | Масса, г |
|----------------------|------------|-------------|----------|
| Вариант 1 (контроль) | 73,5 | 70,5 | 157,7 |
| Вариант 2 | 79,5 | 71,0 | 174,7 |
| Вариант 3 | 78,9 | 71,4 | 173,9 |

Table 1

Technical characteristics of apple fruits (at harvest), variety Dzheromini

| Experience option | Height, mm | Diameter, mm | Weight, g |
|--------------------|------------|--------------|-----------|
| Option 1 (control) | 73.5 | 70.5 | 157.7 |
| Option 2 | 79.5 | 71.0 | 174.7 |
| Option 3 | 78.9 | 71.4 | 173.9 |

В результате применения препарата «Харвист-Фреш» отмечено снижение осыпаемости плодов перед съемом. На вариантах опыта 2 и 3 отмечено меньшее осыпание плодов через 20 дней после обработки по сравнению с контролем: в варианте 2 осыпание составило 1 яблоко с 10 деревьев (0,15 %), в варианте 3 с уменьшенной нормой расхода препарата осыпалось 8 яблок с 10 деревьев (4,3 %). В контроле осыпание с 10 деревьев составило 890 плодов, что более 74 % от исходного количества плодов. Через 40 дней после обработки на контрольных деревьях отмечено 100 % осыпание (яблоки убраны с земли в виде падалицы), на опытных вариантах плоды больше не осыпались (рис. 1).

В 2022–2023 годах в результате применения препарата «ХарвистФреш» отмечено увеличение массы плодов в вариантах на 10,3–10,8 %. За счет отсроченных сроков съема плоды не только были крупнее (173,9–174,7 г) после обработки, но и имели более интенсивную окраску, хотя по показателям качества не перезрели в сравнении с контрольным вариантом (таблица 1).

Обработка препаратом «ХарвистФреш» позволила получить до 14,8 кг/дер. (52,3 т/га), в контроле – 11,4 кг/дер. (42,0 т/га) благодаря снижению предуборочного осыпания плодов.

Процессы образования этилена в плодах контролировались благодаря применению препарата на основе 1-МЦП. Соответственно, стабилизация этилена позволила прогнозировать созревание яблок в соответствии с необходимым графиком сбора урожая для достижения оптимального цвета, размера и твердости плодов.

Окрашенные плоды – результат высокого накопления антоцианов. Кроме света – основного фактора окружающей среды, влияющего на накопление антоцианов в яблоках, в опытном варианте у сорта Джеромини отмечена более интенсивная окраска за счет более длительного периода созревания плодов. Следует отметить, что в обработанных плодах содержание антоцианов в кожице было на 10,8 % больше и составляло 134,0 мг / 100 г, в контроле – 119,5 мг / 100 г.

Измерение интенсивности выделения этилена через 10 дней показало уменьшение показателей, в отличие от контрольного варианта, где показатели увеличивались по мере созревания плодов. Даже пониженная норма расхода препарата обеспечивает резкое снижение интенсивности выделения этилена плодами. Так, в результате обработки, выполненной в середине сентября, через 10 дней интенсивность выделения этилена плодами в опытных вариантах была ниже (0–3,59 ppm) в сравнении с контролем (24,3 ppm) (рис. 2).

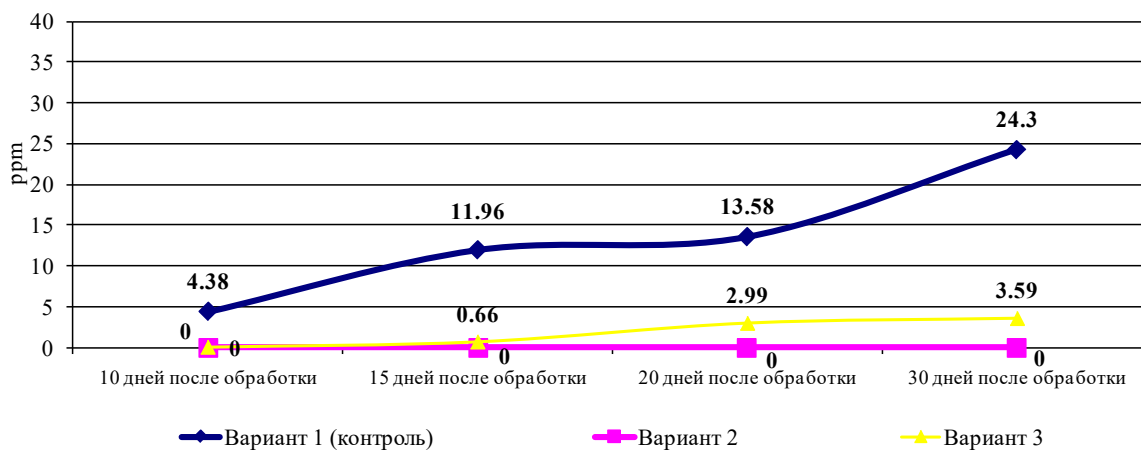


Рис. 2. Интенсивность выделения этилена яблоками в контрольном и опытных вариантах, сорт Джеромини

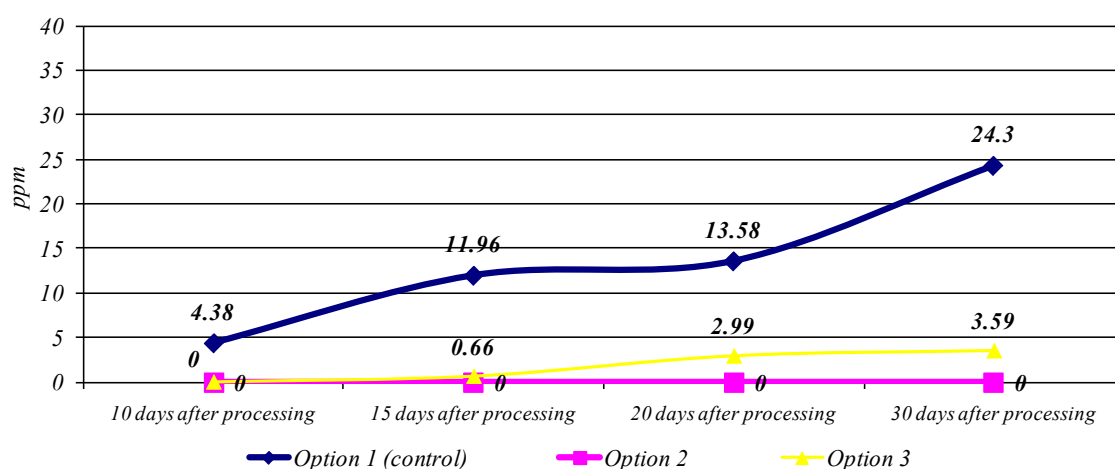


Fig. 2. Intensity of ethylene release by apples in the control and experimental variants, Dzheromini variety

Исходя из этих данных, можно считать уменьшенную концентрацию (на 20 %) достаточной для использования в производстве, т. к. эта концентрация позволила замедлить процесс выделения этилена. Дальнейшее увеличение концентрации препарата способствует незначительному снижению интенсивности выделения этилена. После проведенной обработки отмечается замедление расщепления крахмала на моносахара: через 15 дней йод-крахмальная проба в вариантах – 4–5 баллов, в контрольных образцах – 9–10 баллов (рис. 3).

Значение крахмального индекса яблок, отобранных с деревьев, обрабатываемых препаратом «ХарвистФреш», вначале было таким же, как у плодов, собранных с контрольных деревьев. В дальнейшем наблюдалось значительное влияние срока сбора на значение йод-крахмальной пробы яблок. За 40 дней содержание крахмала в контрольном варианте снизилось до 10 баллов – это полное отсутствие крахмала. В опытных вариантах отмечено снижение интенсивности расхода крахмала на питание и дыхание (4–5 баллов), что подчеркивает высокий потенциал лежкости. Благодаря применению этого технологического приема возможно регулировать «окно сбора урожая» и снизить осыпаемость плодов (рис. 4).

В результате применения препарата отмечено влияние на твердость яблок. По мере задержки срока сбора урожая отмечалось последовательное снижение твердости мякоти яблок контрольных образцов и небольшое в обработанных плодах. В 2022 году твердость мякоти яблок в опытном варианте составляла 8,4 кг/см², в 2023 году в вариантах – 8,2–8,4 кг/см², в контроле – 7,5 кг/см².

В результате проведенных обработок, позволяющих регулировать процессы созревания плодов, отмечено торможение накопления сухих веществ, сахаров к предполагаемым датам уборки урожая, так, если в контрольном варианте к этим числам плоды соответствовали потребительской зрелости, то в опытных вариантах – съемной зрелости.

После обработки накопление сухих веществ в яблоках опытных вариантов замедлилось и через 15 дней составляло 12,6–13,0 %, в контроле – 14,2 %. Содержание сухих веществ в плодах к началу уборки урожая в опытных вариантах составляло 13,0–13,2 %, в контроле – 14,6 %. В контроле плоды были потребительской зрелости, в вариантах опыта – оптимальной зрелости и рекомендованы для закладки на долгосрочное хранение. Содержание сахаров в вариантах на 9,8–10,8 % меньше, чем в контроле,

где плоды были сладкие, с сахаро-кислотным индексом 27,6 о. е., в опытных вариантах – кислосладкие, так как содержали меньшее количество сахаров и большее количество кислоты, с соотношением сахара и кислоты 23,0–22,8 о. е. В результате обработки плоды содержали больше витамина С на 6,3–7,8 % и витамина Р – на 7,0–8,7 %, чем в контроле (таблица 2).

В результате опытного хранения через 7, 14, 30 дней проводили мониторинг плодов. Отмечены хорошие товарные качества яблок в опытных вариантах. Даже на плодах при поздних сроках уборки (4 недели после оптимальных) не наблюдалось развитие физиологических заболеваний, связанных с перезреванием, растрескиванием.

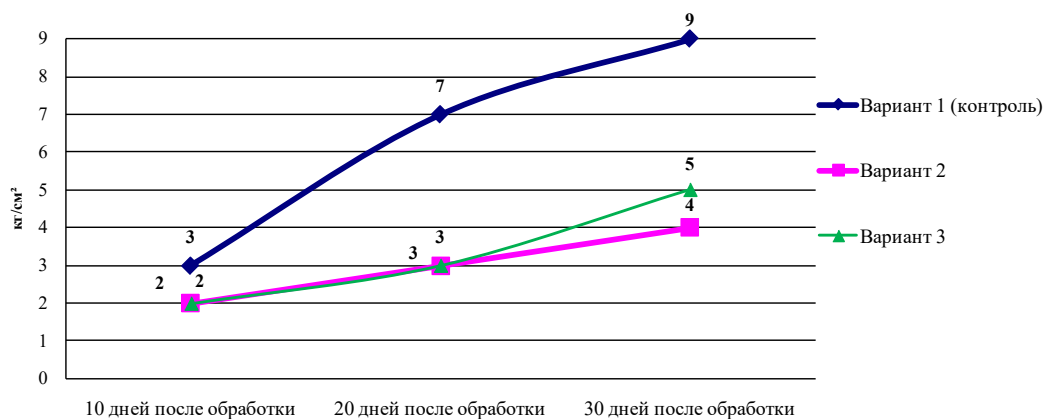


Рис. 3. Изменение содержания крахмала в плодах в зависимости от вариантов опыта, сорт Джеромини

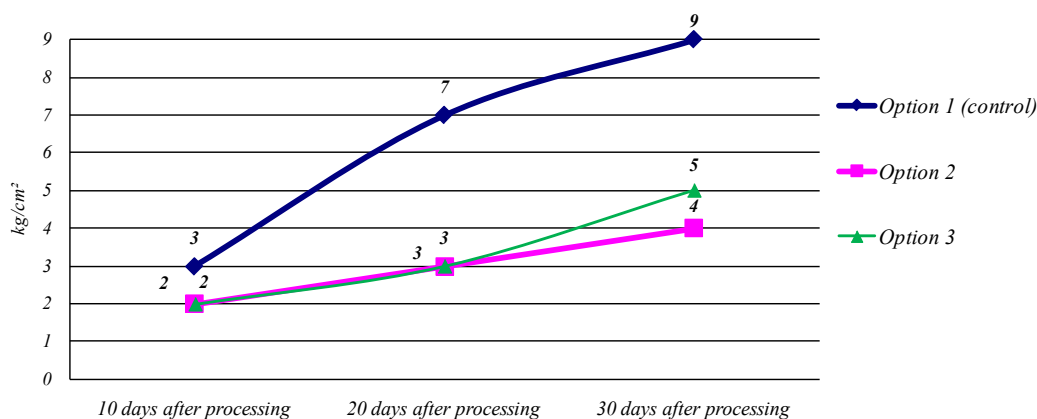


Fig. 3. Intensity of ethylene release by apples in the control and experimental variants, Dzheromini variety



Рис. 4. Содержания крахмала в яблоках при съеме плодов с учетом вариантов опыта, сорт Джеромини
Fig. 4. Starch content in apples when picking fruits, taking into account experimental options, Dzheromini variety

Таблица 2
Химический состав яблок (при уборке урожая), сорт Джеромини

| Вариант | РСВ, % | Сахар, % | Кислотность, % | СКИ, о. е. | Витамин С, мг / 100 г | Витамин Р, мг / 100 г |
|----------------------|--------|----------|----------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| Вариант 1 (контроль) | 14,6 | 10,2 | 0,37 | 27,6 | 6,4 | 82,4 |
| Вариант 2 | 13,2 | 9,2 | 0,40 | 23,0 | 6,8 | 89,6 |
| Вариант 3 | 13,0 | 9,1 | 0,40 | 22,8 | 6,9 | 88,2 |

Table 2
Chemical composition of apples (at harvest), Dzheromini variety

| Experience option | RSA, % | Sugar, % | Acidity, % | Sugar-acid index, p. u. | Vitamin C, mg / 100 g | Vitamin P, mg / 100 g |
|--------------------|--------|----------|------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Option 1 (control) | 14.6 | 10.2 | 0.37 | 27.6 | 6.4 | 82.4 |
| Option 2 | 13.2 | 9.2 | 0.40 | 23.0 | 6.8 | 89.6 |
| Option 3 | 13.0 | 9.1 | 0.40 | 22.8 | 6.9 | 88.2 |

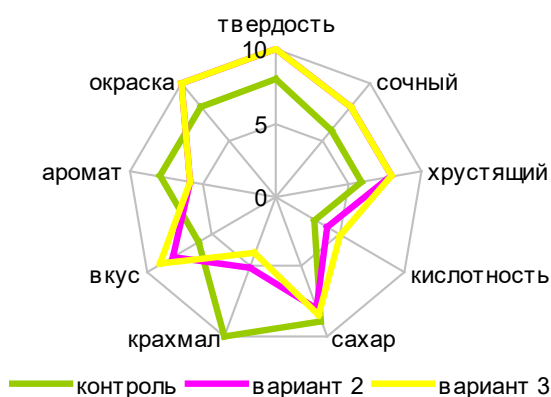


Рис. 5. Дегустационная оценка плодов после 30 дней хранения, сорт Джеромини

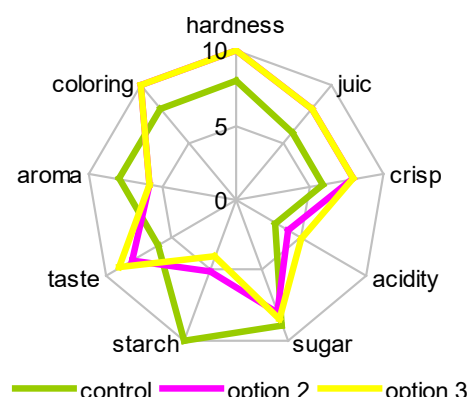


Fig. 5. Tasting evaluation of fruits after 30 days of storage, variety Dzheromini

После 30 дней хранения яблоки, подвергнутые действию препарата «ХарвистФреш», выделяли этилен в очень небольших количествах, причем ни в одном случае не было отмечено признаков начала климактерического выделения этилена независимо от срока сбора урожая плодов. В обоих вариантах исследования применение препарата «ХарвистФреш» обеспечивало меньшую интенсивность выделения этилена, чем контрольный вариант. Влияние срока хранения на значение твердости плодов является одним из основных показателей качества. Было обнаружено, что сразу после 7 дней хранения яблоки показали значительно большую твердость мякоти, чем после 30 дней хранения.

Для лучшей сохранности плодов проведена послеуборочная обработка на основе использования препарата 1-МЦП. Ее применение позволяет свести к минимуму производство этилена в яблоках, что значительно продляет время хранения плодов с одновременным поддержанием высоких качественных параметров. С учетом обработки отмечалось последовательное снижение твердости мякоти с удлинением сезона хранения. Послеуборочная обработка яблок с использованием препаратов с

1-МЦП имела решающее значение для поддержания высокой твердости яблок. Использование этого препарата обеспечивало поддержание твердости мякоти и позволило увеличить сроки хранения яблок. Использование препарата «ХарвистФреш» и послеуборочная обработка плодов 1-МЦП оказали влияние на твердость мякоти яблок сразу после хранения во взаимодействии со сроками сбора урожая и продолжительностью их хранения. Проявлялось оно в том, что твердость яблок в обоих вариантах была больше твердости плодов как контрольных, так и собранных с деревьев, обработанных препаратом «ХарвистФреш». Такая зависимость была статистически значимой независимо от срока сбора яблок и продолжительности их хранения.

После 30 дней хранения опытные образцы в отличие от контрольных показали более высокую оценку товарных качеств. Обработанные плоды были хрустящими, твердыми, с гармоничным содержанием сахара и кислоты (рис. 5).

Существенная разница между вариантами по интенсивности выделения этилена, твердости мякоти, окраске кожицы определяла привлекательность товарного вида плодов и способствовала уве-

личению выхода товарных сортов, который после 30 суток хранения в опытных вариантах составил 92–94 %, что на 14–16 % выше контрольного варианта (выход плодов высшего и первого сорта – 78 %). Плоды с применением технологии хранения с препаратом, содержащим 1-МЦП, имели привлекательную окраску, хрустящую консистенцию, отличные вкусовые качества с приятным сочетанием сахара и кислоты.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основании представленных результатов следует, что предуборочная обработка новым отечественным препаратом «ХарвистФреш» с содержанием 1-МЦП – это эффективный способ управле-

ния процессами дозревания плодов на клеточном уровне, вызывающий замедление созревания при лучшем сохранении товарных качеств плодов, их твердости мякоти, сочности, вкусовых качеств при меньшем осыпании. При уменьшении расхода препарата отмечено снижение осыпаемости плодов через 20 дней на 4,3 %, однако это значительно меньше, чем в контроле. Следует отметить, что уменьшенную концентрацию (на 20 %) следует считать достаточной для использования в производстве, т. к. эта концентрация позволила замедлить процесс выделения этилена, улучшить и сохранить товарные качества плодов.

Библиографический список

1. Причко Т. Г., Смелик Т. Л., Причко К. В. Влияние некорневых обработок на управление скоростью созревания плодов яблони // Вестник КрасГАУ. 2023. № 1. С. 40–45. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-40-45.
2. Гудковский В. А., Назаров Ю. Б., Кожина Л. В., Флягин А. И. Регулирование опадения плодов яблони сорта Жигулевское // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы научно-практической онлайн-конференции. Москва, 2020. С. 44–49. DOI: 10.25680/VNIIA.2019.80.42.100.
3. Дулов М. И. Уборка урожая, хранение и переработка плодов яблони // Традиции и инновации в современной науке и образовании: теория и передовая практика: монография / О. Ф. Барчо, Л. В. Бура, А. Н. Бурдинская [и др.]. Петрозаводск: Новая Наука, 2021. С. 235–252.
4. Al Shoffe Y., Nock J. F., Zhang Y. Y., Watkins C. B. Physiological disorder development of 'Honeycrisp' apples after pre- and post-harvest 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments // Postharvest Biology and Technology. 2021. Vol. 182. Article number 111703. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111703.
5. Tian Z. Anatomical and Transcriptomic Comparison Between Small and Large Fruit Size During Fruit Development in Apple // The 9th International Horticulture Research Conference. Wuhan, China, 2022. DOI: 10.48130/IHRC2022-pst-0405.
6. Argenta L. C., Wood R. M., Mattheis J. P., Thewes F. R., Nesi C. N., Neuwald D. A. Factors affecting development of disorders expressed after storage of 'Gala' apple fruit // Postharvest Biology and Technology. 2023. Vol. 204. Article number 112439. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112439.
7. Wang Sh., Li L.-X., Zhang Z., Fang Y., Li D., Chen X.-S., Feng Sh.-Q. Ethylene precisely regulates anthocyanin synthesis in apple via a module comprising MdEIL1, MdMYB1 and MdMYB17 // Horticulture Research. 2022. Vol. 9. DOI: 10.1093/hr/uhac034.
8. Гуринов А. Г. Количественные и качественные изменения в плодах яблони под влиянием внекорневого опрыскивания деревьев препаратом «Акварин» // Вестник аграрной науки. 2021. № 3 (90). С. 43–48. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.43.
9. Патент RU2809381C1 Российская Федерация, МПК A01N 53/00, A01N 31/06, A01N 25/02. Жидкая суспензионная масляная композиция, содержащая 1-метилциклопропен, для обработки растений в период вегетации и способ ее получения / Ю. В. Митник, А. В. Зиновьев, С. А. Слуцкий, Т. Г. Причко, К. В. Причко. № 2023109873. Заявл. 18.04.2023. Оpubл. 11.12.2023.
10. Причко Т. Г., Смелик Т. Л., Акимов А. А. Особенности выхода на режим хранения яблок сорта Голден Рейнджерс при обычном хранении и регулируемой атмосфере // Scientific achievements of the third millennium: collection of scientific papers on materials XIII international scientific conference. New York, 2021. С. 135–139. DOI: 10.18411/scienceconf-03-2021-25.
11. Prichko T. G., Ulyanovskaya E. V., Droficheva N. V. Evaluation of biochemical indicators of apple fruits quality for the complex selection of the valuable source material for breeding // BIO Web of Conferences. Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and Reproduction of Perennial Crops. Krasnodar, 2020. Article number 02019. DOI: 10.1051/bioconf/20202502019.
12. Акимов М. Ю., Бессонов В. В., Коденцова В. М. [и др.] Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 4. С. 220–232. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055.
13. DeEll J. R. Pome fruits: Apple quality and storage // In: M. I. Gil, R. Beaudry (Eds.) Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce. Academic Press, 2020. Pp. 293–298. DOI: 10.1016/B978-0-12-804599-2.00015-6.

14. Doerflinger F. C., Al Shoffe Y., Sutanto G., Nock J. F., Watkins C. B. Preharvest 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment effects on quality of spot and strip picked ‘Gala’ apples at harvest and after storage as affected by postharvest 1-MCP and temperature conditioning treatments // *Scientia Horticulturae*. 2024. Vol. 325. Article number 112682. DOI: 10.1016/j.scienta.2023.112682.

15. Algul B. E., Al Shoffe Y., Park D., Miller W. B., Watkins C. B. Preharvest 1-methylcyclopropene treatment enhances ‘stress-associated watercore’ dissipation in ‘Jonagold’ apples // *Postharvest Biology and Technology*. 2021. Vol. 181. Article number. 111689. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111689.

16. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

17. Причко Т. Г. Сроки уборки и режимы хранения яблок с учетом сортовых особенностей: методические рекомендации. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2018. 58 с.

18. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству / Л. М. Лопатина, И. А. Драгавцева, Е. В. Луценко [и др.]. Краснодар: Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии, 2010. 300 с.

Об авторах:

Татьяна Григорьевна Причко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией хранения и переработки плов и ягод, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия; ORCID 0000-0001-5153-8482, AuthorID 98266. *E-mail: prichko@yandex.ru*

Юрий Викторович Митник, кандидат технических наук, главный технолог, ООО «Фреш-Форма», Москва, Россия; ORCID 0009-0006-5910-8456, AuthorID 1268821. *E-mail: mitnick48@mail.ru*

Татьяна Леонидовна Смелик, младший научный сотрудник лаборатории хранения и переработки плодов и ягод, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия; ORCID 0000-0001-6383-2224, AuthorID 602845. *E-mail: t-smelik@mail.ru*

Кристина Вадимовна Причко, младший научный сотрудник лаборатории хранения и переработки плодов и ягод, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия; ORCID 0009-0007-5979-8941; AuthorID 123375. *E-mail: prisparis02@gmail.ru*

References

1. Prichko T. G., Smelik T. L., Prichko K. V. The effect of non-root treatments on the apple fruits ripening rate control *Bulletin of KrasGAU*, 2023; 1: 40–45. 2023. N. 1. P. 40-45. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-40-45. (In Russ.)

2. Gudkovskiy V. A., Nazarov Yu. B., Kozhina L. V., Flyagin A. I. Regulation of fruit fall of the Zhigulevskoye apple tree variety. *Prospects for the use of aggressive forms of fertilizers, plant protection products and growth regulators in agricultural technologies of agricultural crops: materials of the scientific and practical online conference*. Moscow, 2020. Pp. 44–49. DOI: 10.25680/VNIIA.2019.80.42.100. (In Russ.)

3. Dulov M. I. Harvesting, storage and processing of apple fruits. In: O. F. Barcho, L. V. Bura, A. N. Burdinskaya, et al. *Traditions and Innovations in Modern Science and Education: Theory and Best Practices: a monograph*. Petrozavodsk: Novaya Nauka, 2021: 235–252. (In Russ.)

4. Al Shoffe Y., Nock J. F., Zhang Y. Y., Watkins C. B. Physiological disorder development of ‘Honeycrisp’ apples after pre- and post-harvest 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments. *Postharvest Biology and Technology*. 2021; 182: 111703. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111703.

5. Tian Z. Anatomical and Transcriptomic Comparison Between Small and Large Fruit Size During Fruit Development in Apple. *The 9th International Horticulture Research Conference*. Wuhan, China, 2022. DOI: 10.48130/IHRC2022-pst-0405.

6. Argenta L. C., Wood R. M., Mattheis J. P., Thewes F. R., Nesi C. N., Neuwald D. A. Factors affecting development of disorders expressed after storage of ‘Gala’ apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2023; 204: 112439. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112439.

7. Wang Sh., Li L.-X., Zhang Z., Fang Y., Li D., Chen X.-S., Feng Sh.-Q. Ethylene precisely regulates anthocyanin synthesis in apple via a module comprising MdEIL1, MdMYB1 and MdMYB17. *Horticulture Research*. 2022; 9. DOI: 10.1093/hr/uhac034.

8. Gurin A. G. Quantitative and qualitative changes in apple fruits under the influence of foliar spraying of trees with the preparation “aquarin”. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021; 3 (90): 43–48. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.43.

9. Patent No. 2809381 C1 Russian Federation, IPC A01N 53/00, A01N 31/06, A01N 25/02. Liquid suspension oil composition containing 1-methylcyclopropene for treating plants during the growing season and a method for 1424

producing it. Yu. V. Mitnik, A. V. Zinovyev, S. A. Slutskiy, T. G. Prichko, K. V. Prichko. No. 2023109873; Application. 04/18/2023 : publ. 12/11/2023. (In Russ.)

10. Prichko T. G., Smelik T. L., Akimov A. A. Features of entering the storage mode of Golden Rangers apples under normal storage and controlled atmosphere. *Scientific Achievements of the Third Millennium: collection of scientific papers on materials XIII international scientific conference*. New York, 2021. Pp. 135–139 DOI: 10.18411/Scenconceconf-03-2021-25.

11. Evaluation of biochemical indicators of apple fruits quality for the complex selection of the complex selection of the valuable source material for breeding. *BIO Web of Conferences. Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and Reproduction of Perennial Crops*. Krasnodar, 2020. Article number 02019. DOI: 10.1051/bioconf/20202502019. (In Russ.)

12. Akimov M. Yu., Bessonov V. V., Kodentesova V. M., et al. Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*. 2020; 4: 220–232. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055. (In Russ.)

13. DeEll J. R. Pome fruits: Apple quality and storage. In: *M. I. Gil, R. Beaudry (Eds.) Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce*. Academic Press, 2020: 293–298. DOI: 10.1016/B978-0-12-804599-2.00015-6.

14. Doerflinger F. C., Al Shoffe Y., Sutanto G., Nock J. F., Watkins C. B. Preharvest 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment effects on quality of spot and strip picked ‘Gala’ apples at harvest and after storage as affected by postharvest 1-MCP and temperature conditioning treatments. *Scientia Horticulturae*. 2024; 325: 112682. DOI: 10.1016/j.scienta.2023.112682.

15. Algul B. E., Al Shoffe Y., Park D., Miller W. B., Watkins C. B. Preharvest 1-methylcyclopropene treatment enhances ‘stress-associated watercore’ dissipation in ‘Jonagold’ apples. *Postharvest Biology and Technology*. 2021; 181: 111689. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111689.

16. Sedov E. N., Ogoltsova T. P. (Eds.) *Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops*. Oryol: VNIISPK, 1999. 608 p. (In Russ.)

17. *Harvesting dates and storage modes for apples, taking into account varietal characteristics: methodological recommendations*. Krasnodar: Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking”, 2018. 58 p. (In Russ.)

18. Lopatina L. M., Dragavtseva I. A., Lutsenko E. V., et al. *Methodological and analytical support for research in horticulture*. Krasnodar: North Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Agricultural Academy, 2010. 300 p. (In Russ.)

Authors' information:

Tatyana G. Prichko, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, head of the laboratory for storage and processing of pilaf and berries, North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia; ORCID 0000-0001-5153-8482, AuthorID 98266. *E-mail: prichko@yandex.ru*

Yuriy V. Mitnik, candidate of technical sciences, chief technologist, Fresh-Forma LLC, Moscow, Russia; ORCID 0009-0006-5910-8456, AuthorID 1268821. *E-mail: mitnick48@mail.ru*

Tatyana L. Smelik, junior researcher at the laboratory of storage and processing of fruits and berries, North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia; ORCID 0000-0001-6383-2224, AuthorID 60284. *E-mail: t-smelik@mail.ru*

Kristina V. Prichko, junior researcher at the laboratory of storage and processing of fruits and berries, North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia; ORCID 0009-0007-5979-8941; AuthorID 123375. *E-mail: prisparis02@gmail.ru*

Основные подходы к формированию устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида» (Юго-Восточный Крым)

А. И. Репецкая[✉], С. О. Вишневский, И. Г. Савушкина, Е. В. Городняя, А. Н. Рудык
Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Россия
[✉]E-mail: ai.repetskaya@yandex.ru

Аннотация. Научная новизна. Научно обоснованный перечень видов для озеленения объектов в Юго-Восточном Крыму отсутствует, что ведет к сильному отпаду, низким темпам роста, отсутствию декоративности у высаживаемых в ходе ландшафтного строительства растений. Основные лимитирующие факторы, ограничивающие произрастание древесных видов: высокие летние температуры, засуха, отрицательные зимние температуры, высокий уровень инсоляции и ветровая нагрузка, морские бризы и суховеи, ливневые осадки, сложный рельеф, тяжелые водонепроницаемые малопродуктивные засоленные почвы. **Цель** исследования – разработка дендрологического ассортимента, композиционных подходов и элементов агротехники к формированию устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида» с учетом почвенно-климатических условий Капсельской бухты. **Методы.** В работе использованы сравнительно-географический, картографический методы, методы оценки успешности интродукции и ландшафтного проектирования. **Результаты.** Нами разработан основной ассортимент древесно-кустарниковых растений со следующими качествами: высокая жаростойкость; высокая засухоустойчивость (воздушная и почвенная); относительная зимостойкость; способность переносить уплотнение и засоление почвы; устойчивость к механическому и иссушающему действию ветра, морским аэрозолям; способность выдерживать вымокание во время ливневых дождей и штормов. Ассортимент включает 45 видов, форм и сортов, из них 12 хвойных и 33 лиственные породы. В биоморфологическом отношении – 20 видов деревьев, 23 вида кустарников и 2 вида лиан. Розы представлены сортами из садовых групп флорибунда, почвопокровные, полиантовые и плетистые. Даны рекомендации к применению растений в определенных типах садово-парковых насаждений. Определены nereкомендуемые категории: мезофиты, золотистые и вариегатные формы и сорта; инвазивные виды и культуры, повреждаемые опасными вредителями. Сложные почвенные условия накладывают обязательства по дополнительной предпосадочной подготовке территории: устройство дренажей, увеличение по сравнению с нормативом объема посадочных ям, замена грунта на плодородный рыхлый субстрат.

Ключевые слова: арт-кластер «Таврида», Капсельская бухта, дендрологический ассортимент, зеленые насаждения, почвы, агротехника, Юго-Восточный Крым

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме FZEG-2024-0006 «Формирование устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида» (Юго-Восточный Крым)».

Для цитирования: Репецкая А. И., Вишневский С. О., Савушкина И. Г., Городняя Е. В., Рудык А. Н. Основные подходы к формированию устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида» (Юго-Восточный Крым) // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1426–1436. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1426-1436>.

Дата поступления статьи: 13.07.2024, **дата рецензирования:** 11.10.2024, **дата принятия:** 28.10.2024.

Main approaches to the formation of a sustainable system for green planting within the Art Cluster “Tavrida” (South-Eastern Crimea)

A. I. Repetskaya[✉], S. O. Vishnevskiy, I. G. Savushkina, E. V. Gorodnyaya, A. N. Rudyk
V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
[✉]E-mail: ai.repetskaya@yandex.ru

Abstract. We haven't scientific valid list of species for greening of landscaping objects within the South-Eastern Crimea, as a result of which a large loss of planting material ruination, low growth rates, and lack of decorativeness in planted plants during landscape planning. The main goal of our research is to develop a dendrological assortment, compositional approaches and elements of agrotechnics to the formation of a sustainable system of green spaces of the Art Cluster “Tavrida” taking into account the soil and climatic conditions of Kapselskaya Bay in South-Eastern Crimea. We used comparative-geographical, cartographic methods, methods for assessing the success of introduction plants and landscape planning. The main limiting factors: high summer temperatures; drought; negative winter temperatures; high insolation and wind load; sea breezes and dry winds; heavy rainfall; complex terrain; heavy waterproof low-fertility saline soils. A basic assortment for arboreal and shrubby plants with the following features has been developed: high heat resistance; high drought resistance (air and soil); relative winter hardiness; ability to tolerate soil compaction and salinization; resistance to mechanical and drying effects of wind, marine aerosols; ability to withstand soaking during heavy rains and storms. The assortment consists of 45 species, forms and varieties, including 12 conifers and 33 deciduous species. In regard to biomorphological features – 20 species of trees, 23 – shrubs and 2 – vines. Garden roses are represented by varieties from the garden groups floribunda, groundcover, polyanthus and climbing. Recommendations are given for towards in special types of garden and park plantings. Not recommended of plants groups are defined: mesophytes, golden and variegated forms and cultivars; invasive species and cultivars damaged by dangerous pests. The functional program, compositional solutions, and style of the landscape object are determined by two main circumstances: firstly, the creative focus of the space and the main target group of users – young people; secondly, the high aesthetic potential of natural landscapes and the recognizable authentic appearance of the surroundings of the Tavrida Art Cluster – the Megalom Peninsula and Cape Alchak. Complex soil conditions require additional pre-planting preparation of sites, such as making drainage, increasing the volume of planting capacity to compared the standard, substitution the soil to fertile crumbly substrate.

Keywords: Art Cluster “Tavrida”, Kapselskaya Bay, dendrological assortment, green planting, soils, agrotechnics, South-Eastern Crimea

Acknowledgments. This study was supported by the framework of the State assignment on the theme FZEG-2024-0006 “Formation of a sustainable system of green spaces of the Tavrida Art Cluster (South-Eastern Crimea)”.

For citation: Repetskaya A. I., Vishnevskiy S. O., Savushkina I. G., Gorodnyaya E. V., Rudyk A. N. Main approaches to the formation of a sustainable system for green planting within the Art Cluster “Tavrida” (South-Eastern Crimea). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1426–1436. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1426-1436>. (In Russ.)

Date of paper submission: 13.07.2024, **date of review:** 11.10.2024, **date of acceptance:** 28.10.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Туристско-образовательный кластер «Таврида. АРТ» – новый объект федерального масштаба (площадь – более 200 га) – создается в Юго-Восточном Крыму, близ г. Судак, как площадка молодежного, культурно-событийного, исторического и образовательного туризма.

Курортное строительство включает формирование «зеленой» инфраструктуры, выполняющей санитарно-гигиенические, архитектурно-планировочные и художественные функции. Ландшафтное

проектирование объектов на побережье Юго-Восточного Крыма базируется на целом ряде сложившихся в регионе природных, культурно-исторических и хозяйственных особенностей. Юго-восточный рекреационный район имеет выраженную курортную специализацию и значительную рекреационную освоенность [1]. В регионе накоплен определенный опыт формирования системы зеленых насаждений городов и поселков, озеленения общественных пространств и объектов ограниченного пользования [2–4].

Основа успешного садово-паркового и ландшафтного строительства – применение корректного ассортимента древесно-кустарниковых растений, адаптированных к условиям региона. Высокое ландшафтное, климатическое, эдафическое разнообразие Крыма не позволяет использовать единый перечень декоративных культур на всем полуострове. На данный момент для Предгорного Крыма, Южного берега и города федерального значения Севастополя разработаны ассортименты, отражающие не только видовое, но и современное сортовое и формовое разнообразие, представленное в декоративных питомниках и садовых центрах [5–8].

Для Юго-Восточного Крыма отсутствуют научно обоснованный ассортимент декоративных растений и рекомендации по его применению, что приводит к ошибкам проектировщиков, а реализованные проекты существенно отличаются от ожидаемого результата.

Цель исследования – с учетом почвенно-климатических условий района разработать основной дендрологический ассортимент, определить композиционные подходы и элементы агротехники для формирования устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида».

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования являются декоративные древесно-кустарниковые культуры аборигенного происхождения и интродуценты. В работе использованы сравнительно-географический, картографический методы, методы оценки успешности интродукции и ландшафтного проектирования.

Результаты (Results)

Район исследования представляет собой водосбор Капсельской бухты (часто именуемый как Капсельская бухта или урочище Капсель) – участок побережья 8,2 км в восточной части Судакской бухты Черного моря от мыса Алчак до мыса Рыбачий (полуостров Меганом) (рис. 1).

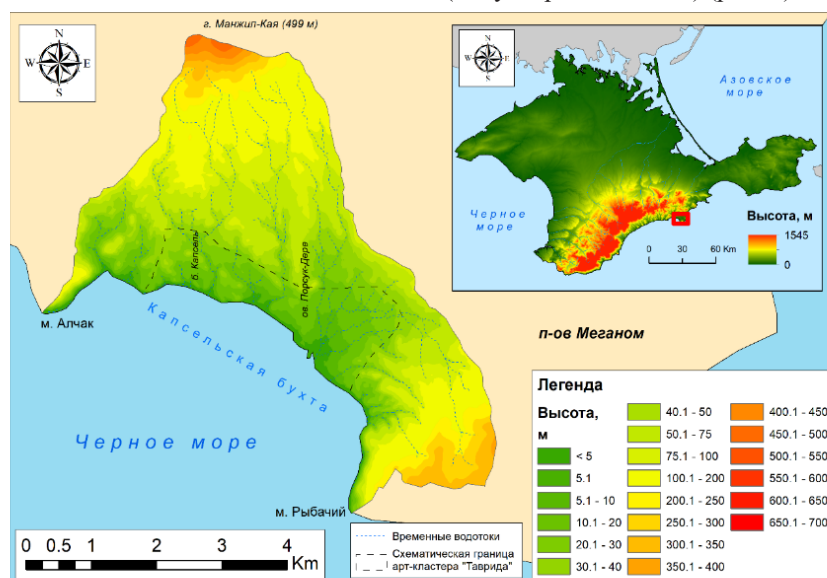


Рис. 1. Географическое положение района исследования

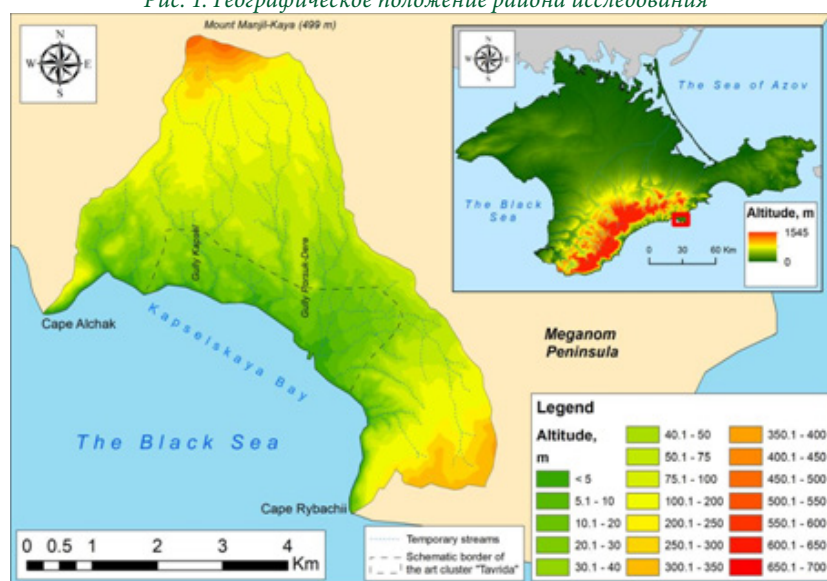


Fig. 1. Geographical location of the research area

Бухта расположена между двумя особо охраняемыми природными территориями регионального значения Республики Крым: с запада граничит с заповедным урочищем Алчак-Кая, а с востока – с памятником природы полуостров Меганом.

Рельеф исследуемого района представлен в виде эрозионно-оползневого амфитеатра, в пределах которого наблюдаются обвалы из глыб песчаников и конгломератов и оползни, развивающиеся в толще глинистых сланцев. Прибрежная часть характеризуется эрозионно-аккумулятивным типом рельефа с развитием мелкоовражного рельефа со сглаженной слабонаклонной поверхностью. Глубина расчленения рельефа колеблется от 0 до 329 м/км², среднее значение составляет 123 м/км² [9]. Густота расчленения рельефа изменяется от 0 до 1,95 км/км², среднее значение – 0,9 км/км² [10].

Внутренние воды представлены широко развитой эрозионной сетью с практически всегда пересохшими временными водотоками, в основном балками и оврагами. Подземные воды обнаруживаются локально на глубинах 2,80–11,00 м, приурочены к аллювиальным, аллювиально-пролювиальным образованиям верхнего неоплейстоцена-голоцена. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка происходит в Черное море. Подземные воды хлоридно-сульфатные натриево-кальциевые, магниевые и натриево-кальциевые, умеренно и сильно солончатые, очень жесткие.

Капсельская бухта находится в пределах Юго-восточного приморского агроклиматического района. Климат полусубтропический континентальный, зона зимостойкости 7b. Судакский регион отличается более жарким летом по сравнению с западным Южнобережьем. Годовая сумма осадков – 340 мм. Наиболее надежным показателем для оценки влагообеспеченности растений является показатель увлажнения по Н. Н. Иванову (Ив). Для центральной и западной частей Южного берега Крыма этот показатель варьирует в диапазоне 0,48–0,89 [11]. В Юго-восточном приморском агроклиматическом районе Ив = 0,5, т. е. выпадающие осадки обеспечивают потребность растений во влаге лишь на 50 %. В последние десятилетия снижение водного баланса в летний период года на фоне повышения температуры на Южном берегу Крыма приводит к значительному усилению засушливых явлений, вызывающих у растений температурный и водный стресс [12].

В бухте Капсель преобладает полупустынный тип растительности с доминированием овсяницы, полыней, ксероморфных полукустарничков. На прилегающих склонах Капсельской долины развиты саваноиды – редкое явление на территории Южного берега Крыма со значительным участием однолетних злаков, эфемеров и эфемероидов.

Территория Крымского полуострова отличается значительным почвенным разнообразием. Почвенный покров в восточной части Южнобережья представлен в основном маломощными вариантами коричневых бескарбонатных почв, местами солонцеватых с легкорастворимыми солями в нижней части профиля. Солончаковатые почвы образуются на тяжелых засоленных породах, имеют светло-серую окраску и менее 1,5 % гумуса. Содержание основных элементов (NPK) по фосфору и калию ниже нормы в два раза, по азоту ниже нормы в 5–10 раз [13; 14].

Почвы имеют нейтральную или слабощелочную реакцию, повышенные щебнистость и каменистость. Существующая нереализованная потенциальная активность микробиологических процессов в них обусловлена чрезвычайной сухостью климата.

Основными лимитирующими факторами для произрастания декоративных культур в Судакском регионе являются высокие летние температуры, засушливые условия и малое количество осадков, отрицательные зимние температуры, высокий уровень инсоляции и ветровая нагрузка, морские бризы и суховеи, ливневые осадки, сложный рельеф с выходом горных пород, тяжелые водонепроницаемые малоплодородные засоленные почвы.

Растения для озеленения региона должны обладать высокой жаростойкостью и засухоустойчивостью, относительной зимостойкостью, способностью переносить уплотнение и засоление почвы, устойчивостью к механическому и иссушающему действию ветра, морским аэрозолям, способностью выдерживать вымокание во время ливней и штормов [15].

Общие требования к ассортименту для озеленения: региональная обусловленность; обеспечение широкого спектра декоративности, включая красивоцветущие, декоративно-лиственные, красивоплодные виды с разной формой кроны, разнообразной текстурой и оттенками листьев; выполнение санитарно-гигиенических функций (формирование микроклимата, очистка воздуха от пыли, ветрозащита, снижение шумового загрязнения, препятствие водной и ветровой эрозии почв); возможность создания всех типов садово-парковых насаждений (аллеи, группы, массивы, солитеры, живые изгороди, вертикальное озеленение и декорирование поверхности почвы); дифференцированное достижение пика аттрактивности для обеспечения сезонной динамичности ландшафтных композиций; технологичность (устойчивость, декоративная долговечность, относительно невысокие финансовые затраты на содержание) и экологическая безопасность (отсутствие инвазивных и ядовитых видов). Кроме того, должен быть максимально отражен природный и историко-культурный потенциал территории [16].

Нами разработан основной ассортимент древесно-кустарниковых пород для формирования устойчивой системы зеленых насаждений арт-кластера «Таврида», насчитывающий 45 видов, форм и сортов растений, из которых 12 хвойных и 33 лиственных. В биоморфологическом отношении 20 видов – деревья, 23 – кустарники и 2 – лианы (таблица 1). Садовые розы представлены сортами из садовых групп флорибунда ('Angela', 'Iceberg', 'Jubilee du Prince de Monaco', 'Leonardo da Vinci', 'Regensberg'), почвопокровной ('Fire Play', 'Swany', 'Rody'), полиантовой ('The Fairy') и плетистой ('Sympathie', 'New Dawn'). Для каждого растения рекомендовано применение в определенных типах садово-парковых насаждений.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Предлагаемый основной ассортимент древесно-кустарниковых культур уступает перечню видов, которые можно использовать в озеленении Предгорного Крыма и Западного Южного побережья, ввиду серьезных ограничений, налагаемых условиями экотопа [5–7]. Однако этот перечень видов позволяет создать устойчивую систему зеленых насаждений при грамотной предпосадочной подготовке территории, квалифицированной посадке и дальнейшей эксплуатации объекта.

Формирование композиционного разнообразия арт-кластера «Таврида» целесообразно осуществлять за счет использования небольшого числа видов основного и дополнительного ассортимента. Древесные массивы и древесно-кустарниковые группы должны быть приурочены к местам отдыха и транзитного движения для формирования комфортных теневых условий, охлаждения приземного воздуха за счет транспирации, а также решения задач гидромелиорации и биоинженерной защиты склонов.

Предложенный ассортимент может быть дополнен менее экологически пластичными, но при этом высокодекоративными видами и сортами при условии их выращивания на высоком агротехническом уровне.

В местах воздействия повреждающих абиотических факторов (ветер, соленые бризы, суховеи) необходимо формировать защитные насаждения. При плотном размещении пород в посадке повреждаются морскими аэрозолями лишь 2–4 ближних к морю ряда деревьев, которые будут служить защитными кулисами для остальных растений зеленого массива. Для озеленения прибрежной зоны рекомендованы такие виды, как *Tamarix ramosissima* Ledeb, *Tamarix tetrandra* Pall. ex M. Bieb, *Elaeagnus angustifolia* L., *Vitex agnus-castus* L., *Spartium junceum* L., устойчивые к засолению почвы и морским аэрозолям. На их фоне можно создать высокодекоративные композиции из менее устойчивых культур.

Курортный облик южных регионов невозможно представить без вечнозеленых и полувечнозеленых лиственных пород. Включение в основной ассорти-

мент арт-кластера «Таврида» и Капсельской бухты вечнозеленых лиственных деревьев нецелесообразно, но применение кустарников и кустарничков позволит повысить декоративность территории в зимний период. В рекомендуемый ассортимент вошли *Lavandula angustifolia* Mill., *Rosmarinus officinalis* L., *Pyracantha coccinea* M. Roem., *Ligustrum vulgare* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk.

В озеленении арт-кластера «Таврида» и объектов, расположенных в аналогичных условиях в Юго-Восточном Крыму, следует избегать требовательных к влаге мезофитных видов, золотистых и вариегатных форм и сортов, повреждаемых в летнее время. Недопустимо применение инвазивных видов: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Bupleurum fruticosum* L., *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm. subsp. *lindheimeri* (Engelm.) U. Guzmán & Mandujano, *Opuntia fragilis* (Nutt.) Haw., *Opuntia humifusa* Raf. Не следует включать виды, повреждаемые опасными вредителями, широко распространившимися в Крыму за последние десятилетия, а именно *Aesculus hippocastanum* L., повреждаемый каштановой минирующей молью, *Buxus sempervirens* L. – самшитовой огневкой, *Fraxinus excelsior* L. – черным ясеневым пилильщиком.

Весьма распространенной ошибкой при подборе растений для прибрежных территорий Крыма является экстраполяция ассортимента декоративных культур, используемых на Черноморском побережье Кавказа (район Туапсе, Сочи). Также недопустимы рекомендации по использованию видов, традиционно применяемых в озеленении средней полосы России, таких как разнообразные сорта *Thuja occidentalis* L., *Spiraea japonica* L. f. [17], видов *Rhododendron* L. и *Betula* L. Как показывает практика, требования этих пород не соответствуют почвенно-климатическим условиям Южного берега Крыма и их выращивание сопряжено с большими трудностями в сохранении декоративности.

Принятие экопозитивных решений в проектировании озеленения территорий с природоохранным обременением и в сложных геологических условиях предполагает сохранение ценных аборигенных растительных сообществ и локалитетов краснокнижных растений. Важно максимально использовать защитные противозерозионные свойства существующих насаждений.

Сохранению аутентичности образа Капсельской долины должно способствовать деликатное отношение к окружающим природным ландшафтам, использование видовых раскрытий на узнаваемые пейзажи гор (мысы Меганом и Алчак) и моря, а также применение солеустойчивых, засухоустойчивых и светолюбивых многолетних трав (дерновинные злаки, весенние эфемероиды, разнотравье с цветением в тонах акцентного цвета природной палитры).

Таблица 1
**Основной ассортимент древесно-кустарниковых насаждений
 для озеленения арт-кластера «Таврида»**

| № п/п | Наименование растения | Применение в озеленении (типы садово-парковых насаждений) | | | | | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|---------|-------|----------------|-------------------------|-------------|----------------|--------|
| | | Солитеры | Группы | Массивы | Аллеи | Живые изгороди | Вертикальное озеленение | Миксбордеры | Почвопокровные | Склоны |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Хвойные деревья | | | | | | | | | | |
| 1 | Кедр атласский (<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière) | + | + | + | + | | | | | + |
| 2 | Кедр ливанский (<i>Cedrus libani</i> A. Rich.) | + | + | + | + | | | | | + |
| 3 | Кипарис аризонский (<i>Cupressus arizonica</i> Greene) | + | + | | + | + | | | | |
| 4 | Кипарис вечнозеленый разн. горизонтальная (<i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>horizontalis</i> (Mill.) Voss) | + | + | + | + | + | | | | + |
| 5 | Кипарис вечнозеленый разн. пирамидальная (<i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>pyramidalis</i> (O. Targ. Tozz.) Nyman) | + | + | + | + | + | | | | + |
| 6 | Можжевельник виргинский (<i>Juniperus virginiana</i> L.) | + | + | | | + | | | | |
| 7 | Плосковеточник восточный (<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco) | | + | | + | + | | | | + |
| 8 | Сосна пицундская (<i>Pinus brutia</i> var. <i>pityusa</i> (Steven) Silba) | + | + | + | + | | | | | + |
| Хвойные кустарники | | | | | | | | | | |
| 9 | Можжевельник казацкий ф. тамарисколистная (<i>Juniperus sabina</i> f. <i>tamariscifolia</i> Ait.) | | + | | | | | + | + | + |
| 10 | Можжевельник виргинский 'Grey Owl' (<i>Juniperus virginiana</i> 'Grey Owl') | | + | | | | | + | + | + |
| 11 | Можжевельник Пфитцера (<i>Juniperus</i> × <i>pfitzeriana</i> (Späth) P. A. Schmidt) | | + | | | | | + | + | + |
| 12 | Можжевельник Пфитцера 'Mint Julep' (<i>Juniperus</i> × <i>pfitzeriana</i> 'Mint Julep') | | + | | | | | + | + | + |
| Листопадные лиственные деревья | | | | | | | | | | |
| 13 | Бруссонетия бумажная (<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) L'Hér. ex Vent.) | + | + | | | | | | | |
| 14 | Вяз малый (<i>Ulmus minor</i> Mill.) | + | + | + | + | + | | | | + |
| 15 | Гледичия трехколючковая (<i>Gleditsia triacanthos</i> L.) | + | + | | + | | | | | + |
| 16 | Каркас южный (<i>Celtis australis</i> L.) | + | + | | + | | | | | |
| 17 | Кельрейтерия метельчатая (<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.) | + | + | | + | | | | | |
| 18 | Лох узколистный (<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.) | | + | | + | | | | | + |
| 19 | Маклюра яблочоносная (<i>Maclura pomifera</i> (Raf.) C. K. Schneid.) | + | + | | + | + | | | | |
| 20 | Миндаль обыкновенный (<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D. A. Webb) | + | + | | + | | | | | + |
| 21 | Робиния лжеакация (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) | + | + | + | + | | | | | |
| 22 | Фисташка атлантическая (<i>Pistacia atlantica</i> Desf.) | + | + | + | | | | | | + |
| 23 | Шелковица белая (<i>Morus alba</i> L.) | + | + | | + | | | | | |
| 24 | Шелковица белая 'Турчанка' (<i>Morus alba</i> 'Turchanka') | + | + | | + | | | | | |
| 25 | Ясень пенсильванский (<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall) | + | + | + | + | | | | | |
| Листопадные кустарники и полукустарники | | | | | | | | | | |
| 26 | Барбарис оттавский 'Superba' (<i>Berberis ottawensis</i> 'Superba') | | + | | | + | | + | | |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 27 | Бобовник обыкновенный (<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.) | + | + | | | | | | | |
| 28 | Жасмин голоцветковый (<i>Jasminum nudiflorum</i> Lindl.) | | + | | | | + | | + | + |
| 29 | Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica</i> L.) | | + | + | | + | | + | | + |
| 30 | Метельник прутьевидный (<i>Spartium junceum</i> L.) | + | + | | | | | | | + |
| 31 | Перовския лебеделистная (<i>Perovskia atriplicifolia</i> Benth.) | | + | | | | | + | | |
| 32 | Прутьяк обыкновенный (<i>Vitex agnus-castus</i> L.) | + | + | | | | | | | |
| 33 | Роза гибридная (сорта) (<i>Rosa hybrida</i> hort. cv.) | + | + | + | | | + | + | + | |
| 34 | Скумпия кожевенная (<i>Cotinus coggygia</i> Scop.) | | + | | | + | | | | + |
| 35 | Снежноточник округлый (<i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench) | | + | + | | + | | + | | |
| 36 | Спирея Вангутта (<i>Spiraea × vanhouttei</i> (Briot) Zabel) | + | + | | | + | | + | | + |
| 37 | Тамарикс ветвистый (<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.) | + | + | + | | + | | | | + |
| 38 | Тамарикс четырехтычинковый (<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M. Bieb) | + | + | + | | + | | | | + |
| Вечнозеленые лиственные кустарники и полукустарники | | | | | | | | | | |
| 39 | Лаванда узколистная (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) | | + | | | + | | + | | + |
| 40 | Пираканта шарлаховая (<i>Pyracantha coccinea</i> M. Roem.) | + | + | | | + | | | | + |
| 41 | Розмарин лекарственный (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) | | + | | | + | | + | | + |
| Полувечнозеленые кустарники | | | | | | | | | | |
| 42 | Бирючина овальнолистная (<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.) | | + | | | + | | | | |
| 43 | Бирючина обыкновенная (<i>Ligustrum vulgare</i> L.) | | + | | | + | | | | |
| Листопадные лианы | | | | | | | | | | |
| 44 | Кампсис укореняющийся (<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.) | | | | | | + | | | |
| 45 | Девичий виноград пятилисточковый (<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.) | | | | | | + | | + | |

Table 1
The main assortment of tree and shrub plantations for landscaping within the art cluster 'Tavrida'

| No. | The plant name | Application in landscaping (types of garden and park plantings) | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------------|----------------------|------------|-------------|--------|
| | | Single tree | Groups | Arrays | Alleys | Green hedge | Vertical landscaping | Mixborders | Groundcover | Slopes |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Coniferous trees | | | | | | | | | | |
| 1 | <i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière | + | + | + | + | | | | | + |
| 2 | <i>Cedrus libani</i> A. Rich. | + | + | + | + | | | | | + |
| 3 | <i>Cupressus arizonica</i> Greene | + | + | | + | + | | | | |
| 4 | <i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>horizontalis</i> (Mill.) Voss | + | + | + | + | + | | | | + |
| 5 | <i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>pyramidalis</i> (O. Targ. Tozz.) Nyman | + | + | + | + | + | | | | + |
| 6 | <i>Juniperus virginiana</i> L. | + | + | | | + | | | | |
| 7 | <i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco | | + | | + | + | | | | + |
| 8 | <i>Pinus brutia</i> var. <i>pityusa</i> (Steven) Silba | + | + | + | + | | | | | + |
| Coniferous shrubs | | | | | | | | | | |
| 9 | <i>Juniperus sabina</i> f. <i>tamariscifolia</i> Ait. | | + | | | | | + | + | + |
| 10 | <i>Juniperus virginiana</i> 'Grey Owl' | | + | | | | | + | + | + |
| 11 | <i>Juniperus</i> × <i>pfitzeriana</i> (Späth) P. A. Schmidt | | + | | | | | + | + | + |
| 12 | <i>Juniperus</i> × <i>pfitzeriana</i> 'Mint Julep' | | + | | | | | + | + | + |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Deciduous trees | | | | | | | | | | |
| 13 | <i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) L'Hér. ex Vent. | + | + | | | | | | | |
| 14 | <i>Ulmus minor</i> Mill. | + | + | + | + | + | | | | + |
| 15 | <i>Gleditsia triacanthos</i> L. | + | + | | + | | | | | + |
| 16 | <i>Celtis australis</i> L. | + | + | | + | | | | | |
| 17 | <i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm. | + | + | | + | | | | | |
| 18 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. | | + | | + | | | | | + |
| 19 | <i>Maclura pomifera</i> (Raf.) C. K. Schneid. | + | + | | + | + | | | | |
| 20 | <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D. A. Webb | + | + | | + | | | | | + |
| 21 | <i>Robinia pseudoacacia</i> L. | + | + | + | + | | | | | |
| 22 | <i>Pistacia atlantica</i> Desf. | + | + | + | | | | | | + |
| 23 | <i>Morus alba</i> L. | + | + | | + | | | | | |
| 24 | <i>Morus alba</i> 'Turchanka' | + | + | | + | | | | | |
| 25 | <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall | + | + | + | + | | | | | |
| Deciduous shrubs and semi-shrubs | | | | | | | | | | |
| 26 | <i>Berberis ottawensis</i> 'Superba' | | + | | | + | | + | | |
| 27 | <i>Laburnum anagyroides</i> Medik. | + | + | | | | | | | |
| 28 | <i>Jasminum nudiflorum</i> Lindl. | | + | | | | + | | + | + |
| 29 | <i>Lonicera tatarica</i> L. | | + | + | | + | | + | | + |
| 30 | <i>Spartium junceum</i> L. | + | + | | | | | | | + |
| 31 | <i>Perovskia atriplicifolia</i> Benth. | | + | | | | | + | | |
| 32 | <i>Vitex agnus-castus</i> L. | + | + | | | | | | | |
| 33 | <i>Rosa hybrida</i> hort. cv. | + | + | + | | | + | + | + | |
| 34 | <i>Cotinus coggygria</i> Scop. | | + | | | + | | | | + |
| 35 | <i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench | | + | + | | + | | + | | |
| 36 | <i>Spiraea × vanhouttei</i> (Briot) Zabel | + | + | | | + | | + | | + |
| 37 | <i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb. | + | + | + | | + | | | | + |
| 38 | <i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M. Bieb | + | + | + | | + | | | | + |
| Evergreen deciduous shrubs and semi-shrubs | | | | | | | | | | |
| 39 | <i>Lavandula angustifolia</i> Mill. | | + | | | + | | + | | + |
| 40 | <i>Pyracantha coccinea</i> M. Roem. | + | + | | | + | | | | + |
| 41 | <i>Rosmarinus officinalis</i> L. | | + | | | + | | + | | + |
| Semi-evergreen shrubs | | | | | | | | | | |
| 42 | <i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk | | + | | | + | | | | |
| 43 | <i>Ligustrum vulgare</i> L. | | + | | | + | | | | |
| Deciduous vines | | | | | | | | | | |
| 44 | <i>Campsis radicans</i> (L.) Seem. | | | | | | + | | | |
| 45 | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. | | | | | | + | | + | |

Появившаяся в последние годы мода на цветники в природном стиле привела к проблеме эксплуатации и международной коммерциализации диких декоративных видов, в том числе редких и охраняемых, что требует жесткого контроля происхождения посадочного материала, который должен быть произведен в условиях питомника, а не изъят из дикой природы [18].

Сложность в агротехническом уходе и высокая ресурсоемкость газонных покрытий на юге диктуют необходимость расширения спектра плоскостных решений и формирования массивов из кустарников и многолетников, широкого использования инертных материалов.

Агротехника производства озеленительных работ требует учета сложных почвенно-климатических условий региона.

Общеизвестно, что для оптимизации выращивания и транспортировки саженцев современные высокотехнологичные питомники производят контейнеризованный посадочный материал в специально сконструированных искусственных субстратах на основе верхового торфа, кокосового волокна и гранулированных удобрений пролонгированного действия. В этой связи корневые системы растений, выращенных на таких субстратах, практически не получают сопротивления со стороны почвенных частиц, а в условиях пересадки в грунты с более

плотным механическим составом (суглинки и глины) испытывают стресс и не всегда полностью адаптируются к новым условиям. На практике для обеспечения адаптации корневых систем к новым субстратам при высадке саженцев в тяжелые почвы значительно увеличивают объемы посадочных ям и заполняют их переходным субстратом, состоящим из пористых, водопроницаемых и хорошо аэрируемых компонентов (торфа, перегноя, компоста, песка) и местных почв. Игнорирование методов адаптации саженцев в условиях исследуемой территории приводит при поливе к накоплению воды в более тонких порах глинистых грунтов и отсутствию влаги в корневом торфяном коме, который может оставаться сухим. Как следствие – наблюдаются слабое отрастание корней в местный грунт, гниение корней по периферии кома и высыхание в его центре.

Глинистые почвы побережья Капсельской бухты отличаются высокими водоупорными свойствами, с одной стороны, сохраняющими влагу длительное время, а с другой – провоцирующими развитие анаэробных процессов гниения в почве [13]. Структурное состояние почв обеспечивает накопление воды в верхних горизонтах и отсутствие ее фильтрации в более глубокие слои или отток по рельефу. Влага, которая попадает в результате ирригации в почву, остается в верхних горизонтах и лишь частично испаряется с ее поверхности или с поверхности ли-

стьев путем транспирации. Ежедневные обильные поливы провоцируют развитие анаэробного гниения корневых систем, угнетение и гибель растений на фоне воздушной засухи и экстремально высоких температур. Полив растений эффективен лишь тогда, когда корневые системы готовы использовать эту влагу, а проводящая система и листья готовы обеспечивать ее непрерывный восходящий транспорт. В связи с этим обязательным условием для хорошей приживаемости и дальнейшего роста растений в подобных условиях является устройство дренажных слоев.

Таким образом, формирование устойчивой системы зеленых насаждений на территории арт-кластера «Таврида» представляется длительным непростым процессом, обусловленным широким спектром лимитирующих факторов. Залогом успеха может служить применение научно обоснованного ассортимента декоративных культур на высоком агротехническом фоне. Новаторство композиционных решений молодежного пространства позволяет реализовать самые смелые идеи, инновационные технологии и материалы. Высокий эстетический потенциал природных ландшафтов и узнаваемый аутентичный облик окрестностей полуострова Меганом и мыса Алчак предоставляет ландшафтному архитектору широкие творческие возможности для создания оригинального, гармонично вписанного в среду современного объекта ландшафтной архитектуры.

Библиографический список

1. Туристско-рекреационные паспорта городских округов и районов Республики Крым и города Севастополя: монография / Под ред. И. М. Яковенко. Симферополь: АРИАЛ, 2017. 285 с.
2. Потапенко И. Л., Клименко Н. И., Летухова В. Ю. Парки рекреационных комплексов г. Судак // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12, № 3. С. 64–74. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-64-74.
3. Потапенко И. Л., Клименко Н. И., Летухова В. Ю. Декоративные древесные растения в зеленых насаждениях населенных пунктов юго-восточного Крыма (на примере поселков Малореченское и Рыбачье) // Экосистемы. 2021. № 27. С. 58–73. DOI: 10.37279/2414-4738-2020-23-69-83.
4. Потапенко И. Л., Летухова В. Ю. Декоративные древесные растения пос. Солнечная долина (юго-восточный Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. Симферополь. 2017. Том 3 (69), № 4. С. 174–186.
5. Деревья, кустарники и лианы для озеленения Предгорного Крыма: монография / Под ред. А. И. Репецкой. Симферополь: Салта, 2019. 272 с.
6. Плугатарь Ю. В., Шармагий А. К., Плугатарь С. А. Методические рекомендации по подбору ассортимента декоративных растений для использования в озеленении Южного берега Крыма. Симферополь: АРИАЛ, 2022. 52 с.
7. Приказ Департамента природных ресурсов и экологии города Севастополя от 27.05.2021 № ПР/158 «Об утверждении дендрологического ассортимента зеленых насаждений, высаживаемых на территории города Севастополя в порядке компенсационного озеленения» [Электронный ресурс]. URL: <https://sev.gov.ru/docs/239/155192> (дата обращения: 10.07.2024).
8. Repetskaya, A. I., Savushkina I. G., Gorodnyaya E. V., Kravchuk E. A., Vishnevsky S. O., Nevkrytaya N. V., Salogub R. V. Prospects for the Development of Decorative Nursery in the Crimea // Journal of Environmental Management and Tourism. 2020. № 3 (43). Pp. 634–644. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).17.
9. Tabunshchik V. A. Depth of the relief dissection on the territory of the Crimean Peninsula // InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: proceedings of the International conference. Moscow, 2020. Vol. 26. Part 2. Pp. 95–105. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-95-105.

10. Табунщик В. А., Петлюкова Е. А. Густота расчленения рельефа на территории Крымского полуострова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2019. № 1 (201). С. 95–100. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-95-105.
11. Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ильницкий О. А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. Симферополь: АРИАЛ, 2015. 164 с.
12. Корсакова С. П., Корсаков П. Б. Изменение климатических норм на Южном берегу Крыма за последние 90 лет // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2023. № 2 (167). С. 84–95.
13. Драган Н. А. Характеристика почв // Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / под ред. Е. А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. С. 91–123.
14. Ергина Е. И., Горбунов Р. В., Табунщик В. А., Петлюкова Е. А. Почвенное разнообразие территории Крымского полуострова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2023. № 1 (217). С. 61–69. DOI: 10.18522/1026-2237-2023-1-61-69.
15. Репецкая А. И., Савушкина И. Г., Матвеева А. Д. Ограничивающие факторы среды и требования к формированию устойчивого дендрологического ассортимента для озеленения прибрежных территорий Судакского региона (Юго-Восточный Крым) // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах: тезисы II Международной научно-практической конференции. Симферополь, 2024. С. 77.
16. Репецкая А. И. Ассортимент для городского озеленения: взгляд ботаника, питомниковода, ландшафтного архитектора и чиновника // Ботанические сады в современном мире. 2023. Т. 3. С. 153–157. DOI: 10.24412/ci-36595-2023-3-153-157.
17. Пивоваров М. В. Благоустройство урбанизированных территорий на примере прибрежной части территории «Арт-резиденция Таврида», бухта Капсель, Судакский городской округ, Республика Крым // Воспроизводство, мониторинг и охрана природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов: материалы международной молодежной научной школы-конференции. Воронеж, 2021. С. 234–238. DOI: 10.34220/RMPNNAAL2021_234-238.
18. Cardoso J. C. Innovation in Propagation and Cultivation of Ornamental Plants // Horticulturae. 2022. Vol. 8, No. 3. Article number 229. DOI: 10.3390/horticulturae8030229.

Об авторах:

Анна Игоревна Репецкая, кандидат биологических наук, директор Ботанического сада им. Н. В. Багрова, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0002-8268-7891, AuthorID 420417. E-mail: ai.repetskaya@yandex.ru

Станислав Олегович Вишневецкий, кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового хозяйства и ландшафтного проектирования, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0001-7403-3858, AuthorID 787832. E-mail: krympol@mail.ru

Ирина Геннадьевна Савушкина, кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового хозяйства и ландшафтного проектирования, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0002-7978-6768, AuthorID 813266. E-mail: limodorum2001@gmail.com

Екатерина Васильевна Городняя, кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового хозяйства и ландшафтного проектирования, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0003-1142-9630, AuthorID 799324. E-mail: e.gorodnyaya@yandex.ru

Александр Николаевич Рудык, старший преподаватель кафедры геоэкологии, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0001-6903-762, AuthorID 816127. E-mail: crimea.geoeco@gmail.com

References

1. Yakovenko I. M. (Ed.) *Tourist and recreational passports of cities and districts of the Republic of Crimea and Sevastopol*. Simferopol: ARIAL, 2017. 286 p. (In Russ.)
2. Potapenko I. L., Klymenko N. I., Letukhova V. Yu. Parks of recreational complexes of Sudak city. *South of Russia: Ecology, Development*. 2017; 12 (3): 64–74. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-64-74. (In Russ.)
3. Potapenko I. L., Klymenko N. I., Letukhova V. Yu. Ornamental arboreal plants in settlements of the South-Eastern Crimea (on the example of Malorechenskoye and Rybachye Settlements). *Ekosistemy*. 2021; 27: 58–73. DOI: 10.37279/2414-4738-2020-23-69-83. (In Russ.)
4. Potapenko I. L., Letukhova V. Yu. Ornamental arboreal plants of Solnechnaja Dolina township (South-East Crimea). *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2017; 3 (69): 174–186. (In Russ.)

5. Repetskaya A. I. (Ed.) *Trees, shrubs and lianas for landscaping of the Foothill Crimea*. Simferopol: Salta, 2019. 272 p. (In Russ.)
6. Plugatar' Yu. V., Sharmagiy A. K., Plugatar' S. A. *The guidelines of an assortment of ornamental plants for use in landscaping the Southern coast of Crimea*. Simferopol: ARIAL, 2022. 52 p. (In Russ.)
7. *The order of the Department of Natural Resources and Ecology of the Sevastopol dated 05/27/2021 No. PR/158 "On approval of the dendrological assortment of green spaces planted on the territory of the city of Sevastopol in the order of compensatory landscaping"* [Internet]. 2021 [cited 2024 Jul 10]. Available from: <https://sev.gov.ru/docs/239/155192>. (In Russ.)
8. Repetskaya A. I., Savushkina I. G., Gorodnyaya E. V., Kravchuk E. A., Vishnevsky S. O., Nevkrytaya N. V., Salogub R. V. Prospects for the Development of Decorative Nursery in the Crimea. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020; 3 (43): 634–644. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).17.
9. Tabunshchik V. A. Depth of the relief dissection on the territory of the Crimean Peninsula. *InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: proceedings of the International conference*. Moscow, 2020. Vol. 26. Part 2. Pp. 95–105. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-95-105.
10. Tabunshchik V. A., Petlukova E. A. Density of the relief dissection on the territory of the Crimean peninsula. *Bulletin of Higher Education Institutes. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2019; 1 (201): 95–100. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-95-105. (In Russ.)
11. Plugatar' Yu. V., Il'nitskiy O.A., Korsakova S. P., Pashtetsk[y A. V. *Ecological phytomonitoring: historical review, current state and prospects*. Simferopol: ARIAL, 2015. 164 p. (In Russ.)
12. Korsakova S. P., Korsakov P. B. Changes in climatic norms on the Southern coast of Crimea over the past 90 years. *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation*. 2023; 2 (167): 84–95. (In Russ.)
13. Dragan N. A. Soil characteristics. In: E. A. Pozachenyuk (Ed.). *Modern Landscapes of the Crimea and Adjacent Water Areas: monograph*. Simferopol: Biznes-Inform, 2009. Pp. 91–123. (In Russ.)
14. Ergina E. I., Gorbunov R. V., Tabunshchik V. A., Petlyukova E. A. Soil Diversity of the Crimean Peninsula. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science*. 2023; 1 (217): 61–69. (In Russ.)
15. Repetskaya A. I., Savushkina I. G., Matveeva A. D. Limiting environmental factors and requirements for the formation of a sustainable dendrological assortment for landscaping on coastal areas of the Sudak region (Southeastern Crimea). *The Study and Conservation of Biodiversity in Botanical Gardens and Other Introduction Centers: materials of the international conference*. Simferopol: ARIAL, 2024. P. 77. (In Russ.)
16. Repetskaya A. I. Assortment for urban landscaping: the view of a botanist, a nursery breeder, a landscape architect and a city official. *Botanical gardens in the modern world*. 2023; 3: 153–157. DOI: 10.24412/cl-36595-2023-3-153-157.
17. Pivovarov M. V., Tsaregorodtsev A. V. Improvement of urban environment territories on the example of the coastal part of the territory "Art residence Tavrida", Kapsel bay, Sudak city district, Republic of Crimea. *Reproduction, Monitoring and Protection of Natural, Natural-Anthropogenic and Anthropogenic Landscapes: materials of the international youth scientific school-conference*. Voronezh, 2021. Pp. 234–238. (In Russ.)
18. Cardoso J. C. Innovation in Propagation and Cultivation of Ornamental Plants. *Horticulturae*. 2022; 8 (3): 229. DOI: 10.3390/horticulturae8030229.

Authors' information:

Anna I. Repetskaya, candidate of biological sciences, director of the N. V. Bagrov Botanical Garden, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0002-8268-7891, AuthorID 420417.

E-mail: ai.repetskaya@yandex.ru

Stanislav O. Vishnevskiy, candidate of biological sciences, associate professor of the department of landscape gardening and landscape design, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia;

ORCID 0000-0001-7403-3858, AuthorID 787832. *E-mail: krympol@mail.ru*

Irina G. Savushkina, candidate of biological sciences, associate professor of the department of landscape gardening and landscape design, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia;

ORCID 0000-0002-7978-6768, AuthorID 813266. *E-mail: limodorum2001@gmail.com*

Ekaterina V. Gorodnyaya, candidate of biological sciences, associate professor of the department of landscape gardening and landscape design, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia;

ORCID 0000-0003-1142-9630, AuthorID 799324. *E-mail: e.gorodnyaya@yandex.ru*

Aleksandr N. Rudyk, senior lecturer at the department of geocology, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0001-6903-7627, AuthorID 816127. *E-mail: crimea.geoeco@gmail.com*

Интенсивность выпаса скота как фактор изменения продуктивности и структуры растительного покрова лесопастбищ Бажиганского песчаного массива

С. Н. Сивцева¹, Т. Ф. Маховикова¹, Л. П. Рыбашлыкова²✉

¹Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, с. Ачикулак, Ставропольский край, Россия

²Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

✉E-mail: Rybashlykova-l@vfanc.ru

Аннотация. Научная новизна. На основании экспериментальных данных получены новые современные знания о продуктивности лесопастбищ для определения механизма их трансформации под влиянием пастбищной нагрузки. **Практическая значимость.** Получены данные по восстановительному и продуктивному потенциалу травянистых растений в лесопастбищах Бажиганского песчаного массива при разной степени пастбищной нагрузки. Результаты интенсификации пастбищного землепользования без применения соответствующих мелиоративных мероприятий приводят к деградации и опустыниванию. В 70–90-е годы Ачикулакской научно-исследовательской агролесомелиоративной опытной станцией в крупных очагах дефляции была проведена лесная мелиорация с насаждениями вяза приземистого и робинии на площади более 500 га. Были созданы сложные многоярусные растительные ценозы, включающие различные типы насаждений (кулисные, полосные, саванные), трансформирующих среду и, как следствие, повышающих продуктивность и устойчивость пастбищных угодий. **Цель исследований** – изучить влияние степени нагрузки скота на динамику изменения продуктивности и структуры травостоя лесопастбищных и природных угодий. **Методы.** Основу исследований составили полевые опыты с использованием геоботанической съемки в течение вегетации. Урожайность подножного корма определялась укусным методом на каждом типе лесопастбища в четырехкратной повторности. **Результаты.** Бесконтрольное использование животными кормовых угодий оказывает влияние на нарастающую степень деградации пастбищных фитоценозов, проявляющуюся в нарушении стабильности природных экосистем, низкой кормовой продуктивности (открытые природные угодья 0,07–0,13 т/га), выпадении из травостоя ценных видов злаковых, бобовых растений и разнотравья, снижении их роста и развития. Установлено, что мелиорированные древесными насаждениями пастбища при интенсивном их использовании и неподверженности дефляции продуктивнее природных открытых угодий в 1,1–1,5 раза. Высокую продуктивность травостоя за вегетацию имеют лесопастбища с насаждениями робинии (3,5–4,0 т/га) при умеренном и легком выпасе соответственно. С увеличением нагрузки на пастбища степень потери видов составляет при умеренном выпасе 45–52 %, при интенсивном выпасе – 60–84 %. Запас фитомассы при умеренном выпасе снижается на 0,4–0,6 т/га, или на 20–22 %, при интенсивном – на 0,7–1,3 т/га, или 35–45 %.

Ключевые слова: пастбища, лесные насаждения, растительность, травостой, кормовые угодья, антропогенная нагрузка

Благодарности. Данное исследование было выполнено в рамках Государственного задания № 124013000642-9 «Разработка теории и системы мероприятий устойчивого функционирования пастбищных экосистем в аридных и субаридных зонах Прикаспия».

Для цитирования: Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф., Рыбашлыкова Л. П. Интенсивность выпаса скота как фактор изменения продуктивности и структуры растительного покрова лесопастбищ Бажиганского песчаного массива // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1437–1446. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1437-1446>.

Дата поступления статьи: 01.04.2024, **дата рецензирования:** 11.06.2024, **дата принятия:** 27.07.2024.

The intensity of cattle grazing as a factor in changing the productivity and structure of vegetation cover of forest pastures of the Bazhigan sandy massif

S. N. Sivtseva¹, T. F. Makhovikova¹, L. P. Rybashlykova²✉

¹North Caucasian branch of the Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Achikulak village, Stavropol Krai, Russia

²Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉E-mail: Rybashlykova-l@vifanc.ru

Abstract. Scientific novelty. Based on experimental data, new modern knowledge about the productivity of pastures has been obtained to determine the mechanism of their transformation under the influence of pasture load. **Practical significance.** Data on the regenerative and productive potential of herbaceous plants in the forest pastures of the Bazhigan sandy massif with varying degrees of pasture load were obtained. The results of intensification of pasture land use, without the use of appropriate land reclamation measures, lead to degradation and desertification. In the 70–90 years, the Achikulak scientific research agroforestry experimental station, in large foci of deflation of the Bazhigan sandy massif, carried out forest reclamation with plantations of squat elm and robinia, on an area of more than 500 hectares. Complex multi-tiered plant cenoses were created, including various types of plantings (backstage, strip, savanna), transforming the environment, and as a result, increasing the productivity and sustainability of pasture lands. **The purpose of the research** is to study the influence of the degree of livestock load on the dynamics of changes in productivity and structure of grassland in pasture and natural lands. **Methods.** The research was based on field experiments using geobotanical surveys during the growing season. The yield of the forage was determined by the mowing method on each type of pasture in 4-fold repetition. **Results.** Uncontrolled use of forage lands by animals has an impact on the increasing degree of degradation of pasture phytocenoses, manifested in a violation of the stability of natural ecosystems, low forage productivity (open natural lands 0.07–0.13 t/ha), loss of valuable species of cereals, legumes and various grasses from the herbage, a decrease in their growth and development. It has been established that pastures reclaimed by tree plantations, with their intensive use and not subject to deflation, are 1.1–1.5 times more productive than natural open lands. Pastures with robinia plantations (3.5–4.0 t/ha) have high productivity of herbage during the growing season at optimal and minimum load, respectively. With an increase in the load on pastures, the degree of loss of species is 45–52 % at optimal load, 60–84 % at high load. The supply of phytomass at optimal load decreases by 0.4–0.6 t/ha or 20–22 %, at high by 0.7–1.3 t/ha or 35–45 %.

Keywords: pastures, plantings, vegetation, herbage, fodder lands, anthropogenic load

Acknowledgements. This study was funded within the framework of State Task No. 124013000642-9 “Development of the theory and system of measures for the sustainable functioning of pasture ecosystems in arid and sub-arid zones of the Caspian Sea region”.

For citation: Sivtseva S. N., Makhovikova T. F., Rybashlykova L. P. The intensity of cattle grazing as a factor in changing the productivity and structure of vegetation cover of forest pastures of the Bazhigan sandy massif. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1437–1446. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1437-1446>. (In Russ.)

Date of paper submission: 01.04.2024, **date of review:** 11.06.2024, **date of acceptance:** 27.07.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Процессы опустынивания связаны как с неблагоприятными природными условиями, так и нерациональной хозяйственной деятельностью человека при формировании кормовой базы для КРС и овец в условиях аридных экосистем [1; 2]. Преобладающая часть территории засушливой зоны

Прикаспия используется преимущественно под естественные пастбища с нестабильным и малопродуктивным растительным покровом. Выпас скота является одним из наиболее мощных факторов, воздействующих на растительный покров, с ним связаны своеобразные и ярко проявляющиеся изменения растительного покрова [3–5]. Кроме того,

перегрузка пастбищ скотом представляет собой серьезную угрозу для устойчивости и функционирования природных экосистем. В результате круглогодичной эксплуатации пастбищных угодий с превышением норм нагрузки скота на травостой происходят сбой растительного покрова и его деградация. Нерегулируемый выпас приводит к сокращению и даже исчезновению из травостоя ценных кормовых видов злаковых, бобовых и разнотравья [6]. В местах уничтожения первичной растительности, как правило, поселяются малоценные однолетние растения и пастбищные сорняки. Многие ученые отмечают, что бесконтрольное использование пастбищ является значимым фактором динамики изменения структуры растительного покрова засушливой зоны [7–11].

Для восстановления и формирования устойчивости биоценотической и биопродуктивной структуры пастбищных угодий эффективны разнотипные защитные насаждения (кулисные, полосные, саванные) [12–14]. На основании предыдущих исследований [15] выявлено, что на мелиорированных пастбищных участках продуктивность на 30–40 % выше, чем в открытой степи, и не наблюдается дефляция. Эти насаждения существенно пополняют кормовую базу [16]. Однако в результате бессистемного стравливания и чрезмерно раннего начала выпаса лесомелиорированные пастбища, будучи продуктивнее и долговечнее в 1,5 раза естественных, все же начинают деградировать. Правильное использование всех типов пастбищ предполагает стравливание растений в состоянии, обеспечивающем получение от животных высокой продукции, прокорм на конкретном участке возможно большего поголовья, сохранение продуктивного долголетия пастбищ.

В связи с этим целью исследований является изучение влияния степени нагрузки скота на динамику изменения продуктивности травостоя лесопастбищных и природных угодий песчаного Бажиганского массива.

Изучение степени нагрузки скота на травостой и ее влияние на деградацию фитоценозов в видовом и продукционном аспекте, а также разработка приемов по улучшению, восстановлению и рациональной эксплуатации пастбищ являются главными задачами при борьбе с опустыниванием аридных территорий.

Методология и методы исследования (Methods)

Объекты исследований – лесопастбища с кулисными, полосными, саванными насаждениями и природные кормовые угодья (44.801667–44.923889° N, 45.169722–45.290833° E). Древостой сформирован из насаждений вяза приземистого и робинии псевдоакалии в возрасте 30–40 лет, высотой 3–6 м. Ширина межполосных пространств – до 200 м. Бажиганский песчаный массив расположен в остро-

засушливой зоне Северо-Западного Прикаспия. Для данной зоны характерна аридизация климата, где среднемноголетняя норма осадков – 340 мм, максимальное количество осадков приходится на май, июнь, октябрь. Зимний период отличается малоснежьем и частыми оттепелями с повышенной ветровой активностью. Безморозный период длится 170–190 дней. Наиболее засушливый период года – вторая половина лета. Самые неблагоприятные условия для вегетирования растений наступают с третьей декады мая и продолжаются до середины сентября.

Почвы на участках исследования пустынно-степного типа, светло-каштановые песчаные и супесчаные, желтоватой окраски. Они характеризуются однородностью механического состава, карбонатные, мелкозернистые, доля основных частиц (0,25–0,05 мм) – до 60–70 %. Предельная полевая влагемкость составляет 6–8 %, влажность завядания – 2–3 %. Грунтовые воды залегают на глубине 3–7 м, слабоминерализованные (минерализация – 2,6 г/л в вязовых и 6–7 г/л – в робиниевых насаждениях). Содержание органического вещества в верхнем горизонте – 0,56–0,59 %, N – 0,2–0,4 %, P₂O₅ – 0,03 %, K₂O – 0,4 %. Реакция водной вытяжки pH в слое почвы 0–1,5 м нейтральная (7,0).

Основу исследований составляли полевые эксперименты и биомониторинг растительного покрова на лесомелиорированных пастбищах Бажиганского песчаного массива при различной интенсивности выпаса. Мониторинг кормовых угодий позволяет прогнозировать развитие и деградацию пастбищных фитоценозов, находящихся под антропогенным воздействием. Геоботаническое описание растительности и оценку состояния лесопастбищных угодий выполняли на постоянных пробных участках площадью 0,25 га. Изучалось влияние минимальной, средней и максимальной нагрузки выпаса скота на растительный покров, за контроль принималось отсутствие выпаса в заповеднике. Средняя нагрузка, согласно принятым нормативам, при расчетах площадей участков принята за 6 га на 1 голову при среднем урожае кормов, минимальная – в 1,5 раза меньше, а максимальная – в 2 раза больше. При установлении размера участков для стравливания в различные сезоны учитывалась сезонная динамика кормовых запасов.

Густоту растений и урожайность травостоя определяли в зависимости от типа лесных насаждений укосным методом на делянках площадью 1 м² в пятикратной повторности методом конверта. Статистические данные были обработаны методом дисперсионного анализа.

Результаты (Results)

Влияние нагрузки на пастбища. В зависимости от интенсивности выпаса оказывает на пастбища и пастбищную растительность как положительное, так и отрицательное влияние.

Положительное влияние оказывает только организованный, умеренный выпас. При изменении этих условий он немедленно оказывает отрицательное воздействие на растительный покров, и под влиянием чрезмерного выпаса быстро происходит обеднение, а иногда и полное опустошение пастбищ.

Под влиянием выпаса изменяются физические свойства почвы в ее поверхностном горизонте. Пока эти изменения ограничиваются рыхлением одного поверхностного слоя и уничтожением поверхностной корочки, влекущим за собой улучшения аэрации почвы, выпас сказывается положительно на состоянии пастбищ. Более глубокое нарушение почвы, особенно легкой песчаной, оказывает уже губительное влияние на пастбищную растительность и ведет к обархиванию ряда массивов. Выпас изменяет растительный покров пастбищ. Умеренное объедание растений с возможностью их обсеменения и заделки их семян в почву обеспечивает лучшее условия возобновления накопления растительной массы. Однако очень большое отчуждение надземной части растений, особенно на ранних фазах их развития (до обсеменения), затаптывание семян на слишком большую глубину, откуда они не могут прорасти, и травмирование всходов при осенне-зимней пастьбе ведут к обеднению пастбищ.

В весенний период большую роль играют злаковые травы, такие как *Poa bulbosa* L., *P. pratensis* L., *P. longifolia* Trin., *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski, *Agropyron fragile* Roth., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., из разнотравья: *Falcaria vulgaris* Bernh., *Alhagi pseudalhagi* M. bieb. Fisch., *Glycyrrhiza glabra* L. На поедаемость растений влияет фаза развития, так как в поздний период вегетации растения грубеют

и становятся менее поедаемыми. Наилучший период развития растений семейства *Poaceae* – фаза кущения – выхода в трубку, у разнотравья – период бутонизации.

Однако на пастбищах не все виды растений, находящиеся в травостое, охотно поедаются: например, растения *Artemisia lercheana* Web., *A. arenaria* DC имеют горький вкус из-за содержания в составе эфирного масла. В молодом возрасте до цветения всегда поедаются *Erodium cicutarium* L. и *Stipa capillata* L. но без выбора из травостоя. В период сильной засухи несъедобные виды, такие как *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit. полностью поедаются.

Продуктивность кормовых угодий меняется в течение вегетационного периода, где свое влияние оказывает нагрузка животных на пастбищный травостой: чем она выше, тем ниже урожайность фитомассы. По результатам исследований установлено, что мелиорированные древесными насаждениями пастбища продуктивнее природных открытых угодий в 1,1–1,5 раза при интенсивном использовании и не подвергаются дефляции (таблица 1).

По результатам дисперсионного анализа установлено существенное различие продуктивности кормовых угодий только между природным и саванным пастбищем, разница – 0,3 т/га. На полосных и кулисных лесопастбищах наблюдается тенденция увеличения на 0,05–0,13 т/га по отношению к контролю.

Мелиоративное воздействие насаждений приводит не только к увеличению продуктивности лесопастбищ и повышению урожайности трав, но и к улучшению состава травостоя в межполосном пространстве.

Таблица 1

Продуктивность кормовых угодий на лесопастбищах при интенсивном выпасе, т/га

| Варианты | Кормовая продуктивность открытых участков лесопастбищ, т/га | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|------|------|------|------|---------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Среднее |
| Природное пастбище (контроль) | 0,73 | 0,71 | 0,54 | 0,94 | 0,37 | 0,65 |
| Кулисное лесопастбище | 0,79 | 1,06 | 0,58 | 1,02 | 0,44 | 0,78 |
| Полосное лесопастбище | 0,85 | 0,83 | 0,41 | 1,00 | 0,41 | 0,70 |
| Саванное лесопастбище | 1,17 | 0,72 | 0,49 | 1,77 | 0,60 | 0,95 |
| НСР ₀₅ | | | | | | 0,27 |

Table 1

Productivity of forage lands on pastures with intensive grazing, t/ha

| Variants | Feed productivity of the interband space, t/ha | | | | | |
|---------------------------|------------------------------------------------|------|------|------|------|---------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Average |
| Natural pasture (control) | 0.73 | 0.71 | 0.54 | 0.94 | 0.37 | 0.65 |
| Line silvopasture | 0.79 | 1.06 | 0.58 | 1.02 | 0.44 | 0.78 |
| Strip silvopasture | 0.85 | 0.83 | 0.41 | 1.00 | 0.41 | 0.70 |
| Savanna silvopasture | 1.17 | 0.72 | 0.49 | 1.77 | 0.60 | 0.95 |
| LSD ₀₅ | | | | | | 0.27 |

Таблица 2

Кормовая продуктивность пастбищного травостоя в зависимости от нагрузки за вегетацию, т/га

| Нагрузка на пастбище | Весна | | Лето | |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|-----------------|
| | Количество растений, шт/м ² | Фитомасса, т/га | Количество растений, шт/м ² | Фитомасса, т/га |
| Лесопастбища с насаждениями вяза | | | | |
| Легкий выпас | 513 | 2,12 | 118 | 0,33 |
| Умеренный выпас | 418 | 1,83 | 109 | 0,29 |
| Интенсивный выпас | 394 | 1,51 | 99 | 0,24 |
| Лесопастбища с насаждениями робинии | | | | |
| Легкий выпас | 530 | 2,67 | 140 | 1,33 |
| Умеренный выпас | 477 | 2,31 | 130 | 1,24 |
| Интенсивный выпас | 416 | 1,98 | 120 | 1,15 |
| Природное пастбище | | | | |
| Легкий выпас | 234 | 1,07 | 68 | 0,13 |
| Умеренный выпас | 221 | 0,9 | 61 | 0,10 |
| Интенсивный выпас | 209 | 0,7 | 54 | 0,07 |

Table 2

Forage productivity of pasture grass depending on the load during the growing season, t/ha

| Pasture load | Spring | | Summer | |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|
| | Number of plants, pcs/m ² | Phytomass, t/ha | Number of plants, pcs/m ² | Phytomass, t/ha |
| Forest pasture elm plantings | | | | |
| Easy grazing | 513 | 2.12 | 118 | 0.33 |
| Moderate grazing | 418 | 1.83 | 109 | 0.29 |
| Intensive grazing | 394 | 1.51 | 99 | 0.24 |
| Forest pasture robinia plantings | | | | |
| Easy grazing | 530 | 2.67 | 140 | 1.33 |
| Moderate grazing | 477 | 2.31 | 130 | 1.24 |
| Intensive grazing | 416 | 1.98 | 120 | 1.15 |
| Natural pastures | | | | |
| Easy grazing | 234 | 1.07 | 68 | 0.13 |
| Moderate grazing | 221 | 0.9 | 61 | 0.10 |
| Intensive grazing | 209 | 0.7 | 54 | 0.07 |

Таблица 3

Параметры модельных участков лесопастбищ

| Параметры | Лесопастбища | | | | | | | | | Природное пастбище | | |
|-------------------------------|--------------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|--------------------|------|------|
| | Саванное | | | Кулисное | | | Полосное | | | Открытая степь | | |
| Уровень нагрузки | ИВ | УВ | ЛВ | ИВ | УВ | ЛВ | ИВ | УВ | ЛВ | ИВ | УВ | ЛВ |
| Число видов, шт. | 7 | 24 | 44 | 8 | 17 | 33 | 9 | 12 | 22 | 8 | 19 | 40 |
| Общее проективное покрытие, % | 35 | 55 | 75 | 25 | 45 | 55 | 30 | 40 | 60 | 35 | 45 | 75 |
| Средняя высота травостоя, см | 11,8 | 24,7 | 38,8 | 23,8 | 27,5 | 29,4 | 21,1 | 24,2 | 27,4 | 10,3 | 13,4 | 17,8 |
| Запас сырой фитомассы, т/га | 2,7 | 3,1 | 3,9 | 2,8 | 3,7 | 4,6 | 3,0 | 4,1 | 5,6 | 1,8 | 2,2 | 2,9 |
| Запас сухой фитомассы, т/га | 1,3 | 1,6 | 2,0 | 1,4 | 1,8 | 2,3 | 1,6 | 2,3 | 2,9 | 0,9 | 1,1 | 1,5 |

Примечание. ИВ – интенсивный выпас, УВ – умеренный выпас, ЛВ – легкий выпас.

Table 3

Parameters of model areas of forest pastures

| Parameters | Forest pastures | | | | | | | | | Natural pasture | | |
|--------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|-----------------|------|------|
| | Savanna | | | Line | | | Striped | | | Open steppe | | |
| Load level | IG | MG | EG | IG | MG | EG | IG | MG | EG | IG | MG | EG |
| Number of species, pcs. | 7 | 24 | 44 | 8 | 17 | 33 | 9 | 12 | 22 | 8 | 19 | 40 |
| General projective coverage, % | 35 | 55 | 75 | 25 | 45 | 55 | 30 | 40 | 60 | 35 | 45 | 75 |
| Wed. height of the herbage, cm | 11.8 | 24.7 | 38.8 | 23.8 | 27.5 | 29.4 | 21.1 | 24.2 | 27.4 | 10.3 | 13.4 | 17.8 |
| Raw phytomass stock, t/ha | 2.7 | 3.1 | 3.9 | 2.8 | 3.7 | 4.6 | 3.0 | 4.1 | 5.6 | 1.8 | 2.2 | 2.9 |
| Stock of dry phytomass, t/ha | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 1.4 | 1.8 | 2.3 | 1.6 | 2.3 | 2.9 | 0.9 | 1.1 | 1.5 |

Note. IG – intensive grazing, MG – moderate grazing, EG – easy grazing.

Кормовая продуктивность пастбищного травостоя за вегетацию в робиниевых насаждениях в 1,6–1,8 раза больше, чем вязовых, в зависимости от типа лесопастбища. Самая низкая продуктивность наблюдается в летний период на открытом природном пастбище (0,07 т/га) и на лесопастбище с вязовыми насаждениями при интенсивной нагрузке (0,24 т/га) (таблица 2). Урожай травостоя на лесопастбищах даже в жестких условиях выше на 0,17 т/га, чем в открытой степи.

Под древесным пологом в знойный период складываются лучшие микроклиматические условия, что и приводит к большому скоплению животных. Наибольшая урожайность кормовой массы (2,67 т/га в весенний период и 1,33 т/га в летний период) формируется под древесным ярусом и в межполосном пространстве с робиниевыми насаждениями при легком выпасе.

Таблица 4
Влияние нагрузки на состав растений по типу развития на лесопастбищных и открытых природных угодьях

| Варианты опыта (нагрузка скота) | Состав растений по типу развития | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|------|-----------------|-----|-----------------|------|-----------------|------|
| | Однолетники | | Двулетники | | Многолетники | | Полукустарники | |
| | Количество, шт. | % | Количество, шт. | % | Количество, шт. | % | Количество, шт. | % |
| Весенне-летний период | | | | | | | | |
| Лесопастбища | | | | | | | | |
| Заповедник (контроль) | 747 | 88,8 | 11 | 1,3 | 71 | 8,5 | 12 | 1,4 |
| Умеренный выпас | 523 | 86,4 | 10 | 1,6 | 64 | 10,6 | 8 | 1,3 |
| Интенсивный выпас | 300 | 80,9 | 6 | 1,6 | 60 | 16,2 | 5 | 1,3 |
| Природное пастбище | | | | | | | | |
| Заповедник (контроль) | 572 | 92,7 | 6 | 0,9 | 32 | 5,1 | 7 | 1,1 |
| Умеренный выпас | 412 | 89,3 | 7 | 1,5 | 37 | 8,0 | 5 | 1,2 |
| Интенсивный выпас | 248 | 83,7 | 2 | 0,6 | 42 | 14,3 | 4 | 1,4 |
| Осенний период | | | | | | | | |
| Лесопастбища | | | | | | | | |
| Заповедник (контроль) | 1351 | 98,8 | 3 | 2,0 | 11 | 0,8 | 3,0 | 0,1 |
| Умеренный выпас | 1098 | 98,4 | 3 | 0,3 | 9 | 0,8 | 6,0 | 0,5 |
| Интенсивный выпас | 846 | 98,7 | 2 | 0,2 | 6 | 0,7 | 3,0 | 0,4 |
| Природное пастбище | | | | | | | | |
| Заповедник (контроль) | 120 | 45,1 | 2 | 0,8 | 4 | 1,5 | 140 | 52,6 |
| Умеренный выпас | 116 | 58,9 | 1 | 0,5 | 6 | 3,0 | 74 | 37,6 |
| Интенсивный выпас | 74 | 66,7 | 1 | 0,9 | 3 | 2,7 | 33 | 29,7 |

Table 4
The effect of stress on the composition of plants by type of development in pasture and open natural areas

| Experience options | The composition of plants by type of development | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|------|----------------|-----|-----------------|------|----------------|------|
| | Annual plant | | Biennial plant | | Perennial plant | | Subshrub | |
| | Quantity, pcs. | % | Quantity, pcs. | % | Quantity, pcs. | % | Quantity, pcs. | % |
| Spring and summer period | | | | | | | | |
| Forest pastures | | | | | | | | |
| Nature reserve (control) | 747 | 88.8 | 11 | 1.3 | 71 | 8.5 | 12 | 1.4 |
| Moderate grazing | 523 | 86.4 | 10 | 1.6 | 64 | 10.6 | 8 | 1.3 |
| Intensive grazing | 300 | 80.9 | 6 | 1.6 | 60 | 16.2 | 5 | 1.3 |
| Natural pastures | | | | | | | | |
| Nature reserve (control) | 572 | 92.7 | 6 | 0.9 | 32 | 5.1 | 7 | 1.1 |
| Moderate grazing | 412 | 89.3 | 7 | 1.5 | 37 | 8.0 | 5 | 1.2 |
| Intensive grazing | 248 | 83.7 | 2 | 0.6 | 42 | 14.3 | 4 | 1.4 |
| Autumn period | | | | | | | | |
| Forest pastures | | | | | | | | |
| Nature reserve (control) | 1351 | 98.8 | 3 | 2.0 | 11 | 0.8 | 3.0 | 0.1 |
| Moderate grazing | 1098 | 98.4 | 3 | 0.3 | 9 | 0.8 | 6.0 | 0.5 |
| Intensive grazing | 846 | 98.7 | 2 | 0.2 | 6 | 0.7 | 3.0 | 0.4 |
| Natural pastures | | | | | | | | |
| Nature reserve (control) | 120 | 45.1 | 2 | 0.8 | 4 | 1.5 | 140 | 52.6 |
| Moderate grazing | 116 | 58.9 | 1 | 0.5 | 6 | 3.0 | 74 | 37.6 |
| Intensive grazing | 74 | 66.7 | 1 | 0.9 | 3 | 2.7 | 33 | 29.7 |

По результатам сезонного обследования установлено, что запас травянистого корма выше весной на лесопастбищах с насаждениями робинии в 1,3–1,4 раза, а в летний период – в 4–5 раз по сравнению с насаждениями вяза и нагрузки. На открытых пастбищах запас корма в весенний период в 2,5–2,8 раза ниже, чем на лесопастбищах с робиниевыми насаждениями, а в летний период – в 10–16 раз. Густота травостоя на лесопастбищных и природных участках весной в 3–8 раз больше по сравнению с летним периодом. При разной степени нагрузки на лесопастбищах с полосными насаждениями урожайность травостоя выше на 0,2–0,9 т/га. Самая низкая кормовая продуктивность травостоя наблюдается на открытых природных угодьях – 0,07–0,9 т/га при интенсивном выпасе. Степень нагрузки оказывает влияние на состав и структуру пастбищных фитоценозов как на лесопастбищных угодьях, так и на природных участках. Происходит снижение видового разнообразия на 45–52 % при умеренной и на 60–84 % при интенсивной нагрузке (таблица 3).

При умеренном выпасе в саванных робиниевых насаждениях увеличивается количество видов с 7 до 24, где доминируют: *C. dactylon*, осенние злаки, *Ephedra distachya* L., *G. verum*, *C. epigeios*, *E. cicutarium* и другие. Под влиянием выпаса на первой стадии происходит увеличение однолетников и эфемеров в травостое без значительных изменений поверхности почвы, влекущее за собой увеличение урожая кормов. На лесопастбищных угодьях двулетники встречаются редко – от 1,3 % до 1,6 %, на полукустарнички приходится в среднем 1,3 % (таблица 4).

В межполосном пространстве кулисных насаждений основной состав корма представлен злаковыми видами растений: *Bromus secalinus* L., *P. pratensis*, *Alyssum desertorum* (Stapf) Botsch., *Medicago minima* L., *C. dactylon*; под древесным пологом: *Erodium cicutarium* (L.) Lher., *P. bulbosa*, *P. pratensis*. В полосных и в межполосном пространстве саванных насаждений: *A. desertorum*, *M. minima*, *P. bulbosa*, *P. pratensis*, *Aegilops cylindrica* Host, *Galium aparine* L., *A. pseudalhagi*.

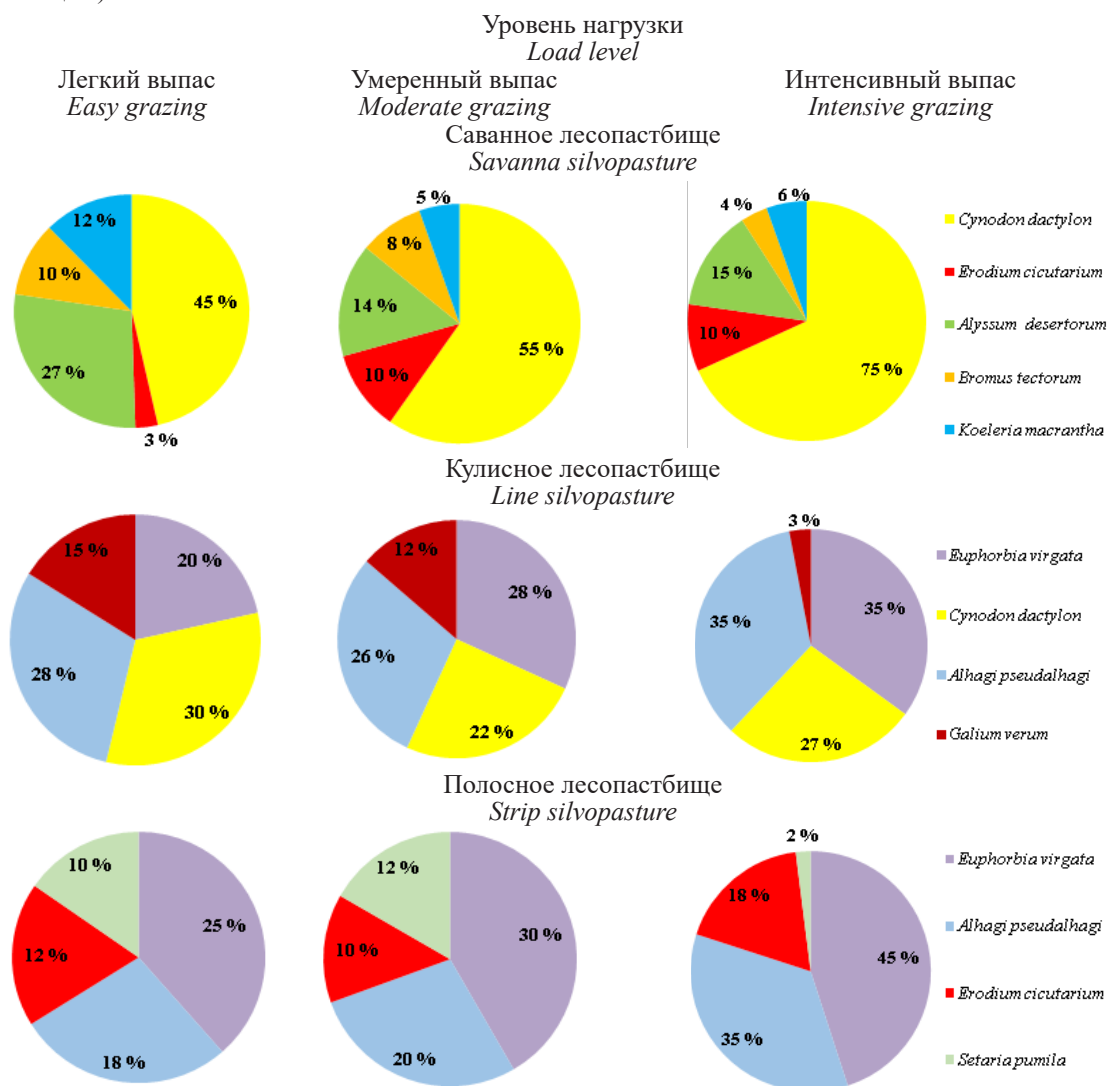


Рис. 1. Долевое участие доминантов в сложении фитомассы лесопастбищ при разных режимах выпаса, %
Fig. 1. The share of dominants in the addition of phytomass of pastures under different grazing regimes, %

В летний период под древесным ярусом растительность представлена сухими злаками, изредка встречается *Delphinium consolida* L.; в кулисных пространствах: *Euphorbia seguieriana* Neck., *G. glabra*, *Artemisia austriaca* Jacq., *S. capillata*, *C. dactylon*, редко встречаются *Heliotropium suaveolens* M. Bieb. и *E. cicutarium*.

В осенний период в состав пастбищного корма входят: 30 % – злаки, эфемероиды, 20 % – *E. virgata*, *Galium verum* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, 10 % – *A. lercheana*, 30 % – *A. pseudalhari*, *P. Longifolia* Trin. В межкулисных пространствах количество видов встречается в 3 раза больше и доминирует разнотравная ассоциация по сравнению с древесным ярусом.

Однако далее при увеличении нагрузки наступает следующая стадия дигрессии – уменьшение многолетников, полыни в 2 раза, или на 7,7–9,2 %, и увеличение количества сорняков, не свойственных полынной группировке. Поверхность почвы рыхлится и опесчанивается, запас кормовой массы уменьшается на всех типах лесопастбищ с отражением смены видового и доминантного состава (рис. 1). На участке саванного лесопастбища произошло увеличение доли длинокорневищного злака *C. Dactylon* с 45 до 73 %. На участках полосного и кулисного лесопастбища при возрастании нагрузки произошло увеличение сорняка *E. virgata*. Далее при увеличении нагрузки полынная группировка исчезает и заменяется однолетниково-эфемеровоидной. Использовать под выпас такие участки пастбищ уже нельзя, необходимы отдых для восстановления травостоя в течение 4–5 лет и уничтожение многолетних сорняков – *Peganum harmala* L., *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По результатам исследования лесопастбищных угодий установлено, что с увеличением живот-

новодческой нагрузки на пастбищный травостой уменьшается проективное покрытие до 30–35 %, снижается видовое разнообразие с 33–44 до 7–9 видов (степень потери видов составляет 45–52 % при умеренном выпасе, 60–84 % при интенсивном выпасе). Анализ данных кормовой массы показывает, что урожайность уменьшается в 2–4 раза, снижение фитомассы при умеренном выпасе составляет 0,4–0,6 т/га, или 20–22 %, при интенсивном – 0,7–1,3 т/га, или 35–45 %. В результате состояние кормовых угодий сильно деградирует пропорционально степени увеличения выпаса. Высокая пастбищная нагрузка при круглогодичном пребывании скота как под древесным ярусом, так и в межполосных и межкулисных пространствах не приводят к очагам опустынивания, что свидетельствует о повышенной устойчивости лесопастбищных угодий разного типа. При интенсивном выпасе хотя и не происходит обарханизации, сильно изменяется видовой состав растительности в сторону замены многолетних хорошо поедаемых видов (*Bassia prostrata*, *Agropyron desertorum*) плохо поедаемыми однолетними (*Ephedra distachya*), что сильно ухудшает кормовые достоинства пастбищ. Вместе с тем слабый, недостаточный выпас ухудшает заделку семян, исключает рыхление поверхности, что не способствует возобновлению роста и развития растений и, следовательно, неблагоприятно сказывается на продуктивности пастбищ. Умеренный выпас не оказывает вредного влияния на растительность и способствует рыхлению поверхностного слоя почвы и заделке семян. Мелиорированные древесными насаждениями пастбища продуктивнее природных открытых угодий в 1,1–1,5 раза при интенсивном использовании. Высокую продуктивность травостоя за вегетацию имеют лесопастбища с насаждениями робинии (3,5–4,0 т/га) при умеренной и легкой нагрузке соответственно.

Библиографический список

1. Гребенников В. Г., Лапенко Н. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Методы повышения продуктивности аридных пастбищ // Аграрная наука. 2020. № 9. С. 70–73.
2. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подоприморов Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13.
3. Гребенников В. Г., Лапенко Н. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Эффективность ускоренного восстановления низкопродуктивных многолетних кормовых угодий // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1 (13). С. 18–23. DOI: 10.25930/0372-3054/003.1.13.2020.
4. Хонина О. В., Шипилов И. А. Способы решения проблемы деградации природных кормовых угодий и пастбищ в Ставропольском крае // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2021. Т. 10. № 1. С. 199–202. DOI: 10.48612/76rg-d398-73m9.
5. Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2022. № 1 (216). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11.

6. Маштыков К. В. Сравнительная характеристика видового состава пастбищных фитоценозов пустынной зоны // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2021. № 1 (42). С. 36–44. DOI: 10.24412/2071-7830-2021-142-36-44.

7. Титлянова А. А., Кыргыз Ч. С., Самбуу А. Д. Влияние пастбищной нагрузки и погодных условий на продуктивность сухих степей Тувы // Почвы и окружающая среда. 2020. Т. 3, № 2. Article number e113. DOI: 10.31251/pos.v3i2.113.

8. Hidalgo-Galvez M. D., Matías L., Cambrollé J., et al. Impact of climate change on pasture quality in Mediterranean dehesas subjected to different grazing histories // Plant Soil. 2023. Vol. 488. Pp. 465–483. DOI: 10.1007/s11104-023-05986-9.

9. Ragimov A., Mazirov M., Nikolaev V, Shitikova A. and Malakhova S. Impact of different type of cattle grazing on the processes of agrochemical degradation and digression of soil cover // Sustainable Energy Systems: Innovative Perspectives E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 220. Article number 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202022001002.

10. Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01.

11. Yunging Hao, Zhengwei He. Effects of grazing patterns on grassland biomass and soil environments in China: A meta-analysis // PLoS One. 2019. Vol. 14 (4). Article number e0215223. DOI: 10.1371/journal.pone.0215223.

12. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В., Кудряшова Н. И. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 1. С. 62–68.

13. Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г., Кулик К. Н., Стародубцева Г. П. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья // Экосистемы. Экология и динамика. 2019. Т. 3, №4. С. 5–23.

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

15. Рыбашлыкова Л. П., Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф. Состояние и динамика продуктивности лесопастбищных угодий на песках Восточного Предкавказья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 161–168.

16. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P., Sivtseva S. N., Makhovikova T. F. Silvopastoral Transformation of Desert Lands in the Caspian Sea Region // Arid Ecosystems. 2023. Vol. 13, No. 1. Pp. 11–19. DOI: 10.1134/S2079096123010080.

Об авторах:

Светлана Николаевна Сивцева, научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, с. Ачикулак, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0003-1068-2677, AuthorID 1241824.

E-mail: achikylak356890@mail.ru

Татьяна Федоровна Маховикова, научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, с. Ачикулак, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0001-6316-6866, AuthorID 873056.

E-mail: achikylak356890@mail.ru

Людмила Петровна Рыбашлыкова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия; ORCID 0000-0002-3675-6243, AuthorID 865030.

E-mail: Rybashlykova-l@yfac.ru

References

1. Grebennikov V. G., Lapenko N. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Methods for increasing productivity of arid pastures. *Agrarian Science*. 2020; 9: 70–73. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-341-9-70-73. (In Russ.)

2. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprigrorov Yu. N. The study of the adaptive potential of fodder shrubs for creating zoomeliorative plants in semi-desert pasture ecosystems. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021; 1 (61): 135–144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13. (In Russ.)

3. Grebennikov V. G., Lapenko N. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Efficiency of accelerated restoration of low-productive perennial forage lands. *Agricultural Journal*. 2020; 1 (13): 18–23. DOI: 10.25930/0372-3054/003.1.13.2020. (In Russ.)

4. Khonina O. V., Shipilov I. A. Ways to solve the problem of degradation of natural forage lands and pastures in the Stavropol Territory. *Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*. 2021; 10 (1): 199–202. DOI: 10.48612/76rg-d398-73m9. (In Russ.)
5. Bulakhtina G. K. Study of the adaptive potential of fodder shrubs for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 1 (216): 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-2-11. (In Russ.)
6. Mashtykov K. V. Comparative characteristics of the species composition of pasture phytocenoses of the desert zone. *Bulletin of the Institute of Complex Studies of Arid Territories*. 2021; 1 (42): 36–44. DOI: 10.24412/2071-7830-2021-142-36-44. (In Russ.)
7. Titlyanova A. A., Kyrgys Ch. S., Sambuu A. D. The effect of grazing and weather conditions on the productivity of Tyva dry steppes, Russia. *The Journal of Soils and Environment*. 2020; 3 (2): e113. DOI: 10.31251/pos.v3i2.113. (In Russ.)
8. Hidalgo-Galvez M. D., Matías L., Cambrollé J., et al. Impact of climate change on pasture quality in Mediterranean dehesas subjected to different grazing histories. *Plant Soil*. 2023; 488: 465–483. DOI: 10.1007/s11104-023-05986-9.
9. Ragimov A., Mazirov M., Nikolaev V., Shitikova A. and Malakhova S. Impact of different type of cattle grazing on the processes of agrochemical degradation and digression of soil cover. *Sustainable Energy Systems: Innovative Perspectives E3S Web of Conferences*. 2020; 220: 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202022001002.
10. Borodychev V. V., Vlasenko M. V., Kulik A. K. Seasonal changes in fodder productivity of arid pastures. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021; 1 (61): 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01. (In Russ.)
11. Yunging Hao, Zhengwei He. Effects of grazing patterns on grassland biomass and soil environments in China: A meta-analysis. *PLoS One*. 2019; 14 (4): e0215223. DOI: 10.1371/journal.pone.0215223.
12. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K., Kudryashov A. V., Kudryashova N. I. Meliorative efficiency of shrub coulisses in arid pastures of Southern Russia. *Arid Ecosystems*. 2020; 26:1 (82): 62–68. (In Russ.)
13. Surkhaev G. A., Surkhaev I. G., Kulik K. N., Starodubtseva G. P. Forest reclamation experience in sandy massifs ecosystems of the Terek-Kuma interfluvium. *Ecosystems. Ecology and Dynamics*. 2019; 3 (4): 5–23. (In Russ.)
14. Methodological recommendations on phytomeliorative reconstruction of degraded and desolate pastures of the Russian Federation with innovative environmentally safe resource-saving technologies / A. I. Belyaev, K. N. Kulik, A. S. Manaenkov, et al. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2021. 68 p. (In Russ.)
15. Rybashlykova L. P., Sivtseva S. N., Makhovikova T. F. Condition and dynamics of productivity of forest-pasture on sands of Eastern Ciscaucasia. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2019; 2 (54): 161–168. (In Russ.)
16. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P., Sivtseva S. N., Makhovikova T. F. Silvopastoral transformation of desert lands in the Caspian Sea region. *Arid Ecosystems*. 2023; 13 (1): 11–19. DOI: 10.1134/S2079096123010080.

Authors' information:

Svetlana N. Sivtseva, researcher, North Caucasian branch of the Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Achikulak village, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0000-0003-1068-2677, AuthorID 1241824. *E-mail: achikylak356890@mail.ru*

Tatyana F. Makhovikova, researcher, North Caucasian branch of the Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Achikulak, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0000-0001-6316-6866, AuthorID 873056. *E-mail: achikylak356890@mail.ru*

Lyudmila P. Rybashlykova, candidate of agricultural sciences, leading researcher, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia; ORCID 0000-0002-3675-6243, AuthorID 865030. *E-mail: Rybashlykova-l@vfanc.ru*

Влияние компонентов рациона на продуктивность и функциональное состояние коров холмогорской породы

Н. И. Волкова[✉], А. Л. Дыдыкина, А. А. Наконечный, А. О. Вязьминов

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия

[✉]E-mail: natalja200958@mail.ru

Аннотация. Для реализации связанных с высокой продуктивностью генетических возможностей молочных коров ключевое значение имеет качественный состав корма. **Целью** настоящего исследования является оценка влияния кормовых добавок – «Смеси углеводно-протеиновой» (1-й опыт) и «Защищенного жира» Energizer Gold (2-й опыт) на продуктивность коров холмогорской породы, на содержание жира и белка в молоке, на функциональное состояние животных, в том числе с учетом кровности по голштинской породе. **Методы.** Научно-производственные опыты проведены методом пар-аналогов на 40 лактирующих коровах холмогорской породы ООО «Агрофирма «Холмогорская» Архангельской области. **Научная новизна** заключается в получении новых знаний о влиянии кормовых добавок не только на продуктивность и содержание жира и белка в молоке, но и на функциональное состояние коров холмогорской породы, в том числе с разным процентом кровности по голштинской породе. **Результаты.** При оценке среднegrupповых значений суточного удоя установлен положительный эффект от включения в рацион обеих кормовых добавок. При этом «Смесь углеводно-протеиновая» способствовала увеличению белка в молоке, а повышения жирности молока, заявленного в рекомендациях применения «Защищенного жира», не отмечено. Установлено снижение величины соотношения жира к белку в молоке, отражающего функциональное состояние коров, до значений ниже нормативных в опыте 1 уже со 2-го, а в опыте 2 – с 4-го контрольного доения, сохранившиеся до конца исследования. Лучший эффект по изучаемым показателям на обе кормовые добавки отмечен у коров холмогорской породы с меньшей кровностью по голштинской породе.

Ключевые слова: холмогорская порода коров, кормовые добавки, молоко, молочный жир, молочный белок, кровность

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме № 122011300460 FUUW-2022-0059 «Формирование системы совершенствования и рационального использования отечественных генетических ресурсов пород молочного скота».

Для цитирования: Волкова Н. И., Дыдыкина А. Л., Наконечный А. А., Вязьминов А. О. Влияние компонентов рациона на продуктивность и функциональное состояние коров холмогорской породы // Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. Т. 24, № 11. С. 1447–1458. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1447-1458>.

Дата поступления статьи: 15.08.2024, **дата рецензирования:** 30.09.2024, **дата принятия:** 10.10.2024.

The influence of diet components on the productivity and functional condition of Kholmogory cows

N. I. Volkova[✉], A. L. Dydykina, A. A. Nakonechnyy, A. O. Vyazminov

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

[✉]E-mail: natalja200958@mail.ru

Abstract. To realize the genetic potential of dairy cows with high productivity, the qualitative composition of the feed is of key importance. **The purpose** of this study is the effectiveness of publicly available feed additives – “Carbohydrate-protein mixture” (1st experiment) and “Protected fat” Energizer Gold (2nd experiment) on the productivity of Kholmogory cows, on the content of fat and protein in milk, on the functional state of animals, including taking into account the bloodline of the Holstein breed. **Methods.** Scientific and production experiments were carried out by the pair-analogue method on 40 lactating cows of the Kholmogory breed of Agrofirma Kholmogorskaya LLC, Arkhangelsk region. **The scientific novelty** consists in obtaining new knowledge about the effect of feed not only on productivity and fat and protein content in milk, but also on the functional state of Kholmogory cows, including those with different percentages of Holstein blood. **Results.** When assessing the average group results of daily milk yield, a positive effect was established from including it in the diet according to the feed recommendations. At the same time, the “Carbohydrate-protein mixture” increases the protein content in milk, no increase in the fat content of milk, stated in the recommendations for the use of “Protected fat”, was noted. A decrease in the fat to protein ratio in milk, reflecting the functional state of the cows, was noted, below the standard results in experiment 1 already from the 2nd, and in experiment 2 from the 4th control milking, preserved until the end of the study. The best effect on the studied indicators for both feed additives was noted in the Kholmogory cow breed with less Holstein blood.

Keywords: Kholmogory breed of cows, feed additives, milk, milk fat, milk protein, bloodlines

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state assignment on the topic No. 122011300460 FUUW-2022-0059 “Formation of a system for improving and rational use of domestic genetic resources of dairy cattle breeds”.

For citation: Volkova N. I., Dydykina A. L., Nakonechnyy A. A., Vyazminov A. O. The influence of diet components on the productivity and functional condition of Kholmogory cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1447–1458. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1447-1458>. (In Russ.)

Date of paper submission: 15.08.2024, **date of review:** 30.09.2024, **date of acceptance:** 10.10.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

В Архангельской области производство молока исторически связано с коровами холмогорской породы. Современный продовольственный рынок ориентирует хозяйства на увеличение их продуктивности и улучшение качественных показателей молока. В связи с этим приоритетным направлением исследований в животноводстве является улучшение рационов кормления коров молочных пород с применением кормовых добавок разного механизма действия [1]. В последнее время обращают на себя внимание углеводно-протеиновые и жировые добавки. «Смесь углеводно-протеиновая» («СУП»), содержит 49 % углеводов и 9 % протеинов, усиливает обменные процессы в рубце, увеличивает объем микрофлоры, ферменты которой способствуют усвоению питательных веществ кормов [2]. «За-

щищенный жир» Energizer Gold – кальциевые соли жирных кислот (КСЖК) с эффективным содержанием пальмитиновой кислоты 9,2 : 1 по отношению к стеариновой, так как в жирах молока массовая доля пальмитиновой кислоты составляет 23–31 %, в жировой ткани 22–26 %, а в кормах ее мало [3]. Ранее проведенные исследования показали, что «защищенные» жирные кислоты в рационе повышают обменную энергию лактации и на 0,3–0,6 % увеличивают жирность молока [4].

Известно, что после отела в организме коров усиливается интенсивность обменных процессов, направленных на трансформацию энергии питательных веществ [5]. В результате всесторонних исследований установлено, что соотношение содержания в молоке массовых долей жира и белка является критерием оценки обеспеченности живот-

ных энергий, баланса в обмене веществ, отражает состояние здоровья при значениях в диапазоне 1,10–1,50 и риск развития кетоза и ацидоза при превышении или снижении его значений [6–9].

Улучшение продуктивных показателей животных в современном селекционном процессе решается через скрещивание отечественных молочных пород с голштинской породой крупного рогатого скота. Голштинизация реализуется и на холмогорской породе. При этом результаты исследований по влиянию голштинов на молочную продуктивность помесных животных неоднозначны. Так, в анализе племенной ценности последних поколений коров холмогорской породы в Архангельской области отмечено увеличение удоя на 43,9 %, неизменный уровень жира в молоке (3,9 %), но заметное снижение уровня белка (3,17 % при стандартных для породы 3,3 %) [10]. Вместе с тем ряд авторов утверждает, что эффект улучшения зависит от доли крови улучшающей породы [11; 12], но единого мнения об оптимальной кровности на сегодняшний день нет.

Цель научно-производственных опытов заключается в оценке влияния кормовых добавок («Смесь углеводно-протеиновая» и «Защищенный жир» Energizer Gold) на продуктивность коров холмогорской породы, на содержание жира и белка в молоке, на функциональное состояние животных, в том числе с учетом кровности по голштинской породе.

Методология и методы исследования (Methods)

Научно-производственные опыты по оценке эффективности включения добавок в кормовой рацион проведены методом пар-аналогов (дата отела, кровность, лактация по счету, живая масса, продуктивность за предыдущую лактацию, среднесуточный удой, МДж, МДБ за текущую лактацию) [13] на 40 лактирующих коровах холмогорской породы, находящихся на круглогодичном стойловом содержании в ООО «Агрофирма «Холмогорская» Архангельской области. Продолжительность опыта – 100 дней (период раздоя), требования к животным: продуктивность по последней законченной лактации – свыше 5 тысяч кг молока. Опыт 1 проведен с 24.04.2022 по 01.08.2022, опыт 2 – с 09.06.2023 по 16.09.2023.

Были сформированы 4 группы, 2 опытные и 2 контрольные, по 10 голов в каждой. У коров в наследственной линии отмечена доля кровности по голштинской породе. В опытной группе 1 минимальное значение кровности – 12 %, максимальное – 75 %; в опытной группе 2 – минимальное – 14 %, максимальное – 75 %.

Коровам в опыте 1 к основному общехозяйственному рациону кормления добавляли «Смесь углеводно-протеиновую» (СУП) – сухая патока и жмых подсолнечный (49 % углеводов, 9 % белка) в количестве 1,5 кг на голову в сутки; в опыте 2 – «Защищенный жир» Energizer Gold – кальциевые соли

жирных кислот (83,42 % жира и 9,07 % кальция) в количестве 0,3 кг на голову в сутки. В составе жира 42–52 % – пальмитиновая кислота, 1,1–1,2 % – миристиновая, 4,5–5,5 % – стеариновая, 34,2–41,8 % – олеиновая и 7,2–8,8 % – линолевая.

Коровы контрольных групп получали только основной общехозяйственный рацион (ОР), разработанный специалистами хозяйства с помощью компьютерной программы «Кормовые рационы» (ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «Плинор») на продуктивность 28 кг молока.

Эффективность добавок оценивали по результатам контрольных доений (КД) в опыте 1 каждые 14–15 дней, в опыте 2 – каждые 16–17 дней. Учитывали молочную продуктивность и качественные показатели молока: массовую долю жира (МДЖ %) и массовую долю белка (МДБ %), которые определяли в пробах, отобранных согласно ГОСТ Р 52738–2007 «Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения», на комбинированной аналитической системе DairySpec Combi – Bentley Instruments, методика оценки качества сырого молока сертифицирована по стандартам ISO/IDF. Были рассчитаны соотношения массовых долей жира и белка (СЖБ = МДж % / МДБ %) в молоке для оценки обеспеченности животных энергией и метаболического баланса в обмене веществ у них. Оптимальными считали значения СЖБ 1,10–1,50 [6]. Оценку влияния доли кровности по голштинской породе на исследуемые показатели оценивали не в групповом сегменте, а лишь на особях с крайними значениями в пределах опытных групп. Результаты опытов были обработаны методом вариационной статистики с использованием стандартного пакета статистического анализа Microsoft Excel 2010 для Windows. Статистически значимыми считались изменения при $p < 0,05$.

Результаты (Results)

Опыт 1. Оценка рациона коров. По обменной энергии рацион максимально приближен к нормативу продуктивности молока 28 кг в сутки (10,3 МДж), соответствовал норме по общему количеству потребленной энергии (не менее 205 МДж) и по содержанию сырого протеина (не менее 15,6 %), выдержан по структуре (доля грубых кормов и силоса – не менее 50 %). Животные опытной группы за счет добавки СУП получали в 2,12 раза больше сахаров и на 4,92 % больше сырого протеина (таблица 1). Косвенным показателем обеспеченности питательными веществами для жизни и синтеза продукции коров обеих групп в течение опыта считали наличие несъеденных ими остатков кормов, которые составляли не более 5 % суточного рациона.

Таблица 1

Состав рационов кормления коров

Биология и биотехнологии

| Корм | Опыт 1 | | Опыт 2 | |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| | Опытная группа 1 ОР+ СУП | Контрольная группа 1 ОР | Опытная группа 2 ОР + «Защищенный жир» | Контрольная группа 2 ОР |
| Силос разнотравный, кг | 43,0 | 43,0 | 42,0 | 42,0 |
| Комбикорм, кг | 7,5 | 7,5 | 8,0 | 8,0 |
| Мясо-костная мука, кг | 0,5 | 0,5 | – | – |
| Травяная мука, кг | 0,8 | 0,8 | 3,0 | 3,0 |
| Смесь углеводно-протеиновая, кг | 1,5 | – | – | – |
| «Защищенный жир» (КСЖК), кг | – | – | 0,3 | – |
| Содержание рационов | | | | |
| Обменная энергия (ОЭ), МДж | 223,60 | 206,80 | 228,3 | 218,4 |
| Сырой протеин (СП), г | 3476,80 | 3314,80 | 3191,9 | 3191,9 |
| Переваримый протеин, г | 2416,00 | 2307,40 | 2162,5 | 2162,5 |
| Сахара, г | 1402,20 | 661,20 | 757,3 | 757,3 |
| Концентрация обменной энергии (КОЭ) в 1 кг сухого вещества (СВ), МДж | 10,17 | 10,00 | 9,82 | 9,51 |
| Концентрация сырого протеина (КСП) в 1 кг сухого вещества (СВ), % | 15,80 | 16,00 | 13,73 | 13,9 |
| Сахаро-протеиновое соотношение | 0,58 | 0,29 | 0,35 | 0,35 |
| Жир, г | – | – | 1023,9 | 771,9 |
| Структура рационов, % по ОЭ | | | | |
| Грубые корма, силос | 54,5 | 58,9 | 59,5 | 62,2 |
| Концентрированные корма | 45,5 | 41,0 | 40,5 | 37,8 |
| В том числе: | | | | |
| Комбикорм | 34,7 | 37,5 | 36,2 | 37,8 |
| Смесь углеводно-протеиновая (СУП) | 10,8 | – | – | – |
| «Защищенный жир» (КСЖК) | – | – | 4,3 | – |
| Вес рациона, кг | 53,3 | 51,8 | 53,3 | 53,0 |

Table 1

Composition of cow feeding rations

| Feed | Experience 1 | | Experience 2 | |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|-----------------|
| | Experienced group 1 Basic diet + “Carbohydrate-protein mixture” | Control group 1 | Experienced group 2 Basic diet + “Protected fat” | Control group 2 |
| Mixed-grass silage, kg | 43.0 | 43.0 | 42.0 | 42.0 |
| Compound feed, kg | 7.5 | 7.5 | 8.0 | 8.0 |
| Meat and bone meal, kg | 0.5 | 0.5 | – | – |
| Herbal flour, kg | 0.8 | 0.8 | 3.0 | 3.0 |
| Carbohydrate-protein mixture, kg | 1.5 | – | – | – |
| “Protected fat”, kg | – | – | 0.3 | – |
| The content of the rations | | | | |
| Exchange energy, MJ | 223.60 | 206.80 | 228.3 | 218.4 |
| Crude protein, g | 3476.80 | 3314.80 | 3191.9 | 3191.9 |
| Digestible protein, g | 2416.00 | 2307.40 | 2162.5 | 2162.5 |
| Sugar, g | 1402.20 | 661.20 | 757.3 | 757.3 |
| Concentration of exchange energy in 1 kg of dry matter, MJ | 10.17 | 10.00 | 9.82 | 9.51 |
| Concentration of crude protein in 1 kg of dry matter, % | 15.80 | 16.00 | 13.73 | 13.9 |
| Sugar-protein ratio | 0.58 | 0.29 | 0.35 | 0.35 |
| Fat, g | – | – | 1023.9 | 771.9 |
| The structure of the exchange energy rations, % | | | | |
| Roughage, silage | 54.5 | 58.9 | 59.5 | 62.2 |
| Concentrated feed | 45.5 | 41.0 | 40.5 | 37.8 |
| Including: | | | | |
| Compound feed | 34.7 | 37.5 | 36.2 | 37.8 |
| Carbohydrate-protein mixture | 10.8 | – | – | – |
| “Protected fat” | – | – | 4.3 | – |
| Weight of the diet, kg | 53.3 | 51.8 | 53.3 | 53.0 |

Среднегрупповые значения молочной продуктивности, содержания жира и белка в молоке контрольных доений коров холмогорской породы при включении в рацион кормовой добавки «Смесь углеводно-протеиновая»

| Показатели | Группа | Порядковый номер контрольного доения (через 14–15 дней) | | | | | | | |
|-------------------------|----------|---------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Среднесуточный удой, кг | Опыт | 26,4 ± 2,6 | 26,7 ± 2,6 | 25,7 ± 2,2 | 25,0 ± 2,1 | 26,7 ± 2,5 | 26,6 ± 2,2 | 26,7 ± 2,6 | 23,6 ± 2,5 |
| | Контроль | 26,2 ± 2,3 | 25,1 ± 1,9 | 24,5 ± 1,7 | 23,8 ± 1,9 | 25,6 ± 1,3 | 25,1 ± 1,3 | 25,1 ± 1,9 | 22,7 ± 1,7 |
| МДЖ, % | Опыт | 3,6 ± 0,2 | 3,3 ± 0,17 | 3,3 ± 0,22 | 3,2 ± 0,17 | 3,4 ± 0,27 | 3,2 ± 0,19 | 3,3 ± 0,16 | 3,3 ± 0,18 |
| | Контроль | 3,4 ± 0,14 | 3,4 ± 0,17 | 3,4 ± 0,25 | 3,2 ± 0,14 | 3,1 ± 0,15 | 3,2 ± 0,17 | 3,4 ± 0,17 | 3,3 ± 0,12 |
| МДБ, % | Опыт | 3,08 ± 0,09 | 3,03 ± 0,03 | 3,09* ± 0,06 | 3,05* ± 0,05 | 3,24 ± 0,09 | 3,16 ± 0,06 | 3,06 ** ± 0,02 | 3,17 ± 0,05 |
| | Контроль | 3,08 ± 0,12 | 2,99 ± 0,06 | 2,90 ± 0,03 | 2,81 ± 0,06 | 3,07 ± 0,05 | 2,97 ± 0,07 | 2,93 ± 0,03 | 3,03 ± 0,04 |

Примечание. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

Table 2

The average group values of milk productivity, fat and protein content in the milk of control milking cows of the Kholmogory breed when the feed additive "Carbohydrate-protein mixture" is included in the diet

| Indicators | Groups | Serial number of the control milking (after 14–15 days) | | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Average daily milk yield, kg | Experience | 26.4 ± 2.6 | 26.7 ± 2.6 | 25.7 ± 2.2 | 25.0 ± 2.1 | 26.7 ± 2.5 | 26.6 ± 2.2 | 26.7 ± 2.6 | 23.6 ± 2.5 |
| | Control | 26.2 ± 2.3 | 25.1 ± 1.9 | 24.5 ± 1.7 | 23.8 ± 1.9 | 25.6 ± 1.3 | 25.1 ± 1.3 | 25.1 ± 1.9 | 22.7 ± 1.7 |
| Mass fraction of fat, % | Experience | 3.6 ± 0.2 | 3.3 ± 0.17 | 3.3 ± 0.22 | 3.2 ± 0.17 | 3.4 ± 0.27 | 3.2 ± 0.19 | 3.3 ± 0.16 | 3.3 ± 0.18 |
| | Control | 3.4 ± 0.14 | 3.4 ± 0.17 | 3.4 ± 0.25 | 3.2 ± 0.14 | 3.1 ± 0.15 | 3.2 ± 0.17 | 3.4 ± 0.17 | 3.3 ± 0.12 |
| Mass fraction of protein, % | Experience | 3.08 ± 0.09 | 3.03 ± 0.03 | 3.09* ± 0.06 | 3.05* ± 0.05 | 3.24 ± 0.09 | 3.16 ± 0.06 | 3.06 ** ± 0.02 | 3.17 ± 0.05 |
| | Control | 3.08 ± 0.12 | 2.99 ± 0.06 | 2.90 ± 0.03 | 2.81 ± 0.06 | 3.07 ± 0.05 | 2.97 ± 0.07 | 2.93 ± 0.03 | 3.03 ± 0.04 |

Note. * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

Оценка молочной продуктивности лактирующих коров и качественного состава молока. Сравнительный анализ исследуемых значений в опытной и контрольной группах показал, что добавка СУП на протяжении всего опыта оказывала положительное влияние на молочную продуктивность коров (величину среднесуточного удоя) и способствовала значимому увеличению МДБ % в молоке в 3-го, 4-го и 7-го КД ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$) и тенденции повышения в молоке 6-го и 8-го КД (таблица 2).

При этом среднегрупповые значения СЖБ в молоке КД коров опытной группы были незначимо ниже аналогичных проб контрольной группы и смещены в сторону ниже нормативных уже с 15-го дня опыта (рис. 1).

При сравнении индивидуальных значений исследуемых показателей у коров холмогорской породы в опытной группе с минимальной кровностью по голштинской породе (12 %) и макси-

мальной (75 %) обнаружили различия (рис. 2). На кормовую добавку СУП у коровы с кровностью (12 %) отмечено повышение МДЖ в молоке 2-го, 7-го, 8-го КД в интервале 0,09–0,15 %, а 3-го – на 0,64 % и ее снижение в 4-м, 5-м, 6-м на 0,2–0,15 % по сравнению с 1-м. Содержание белка изменялось в интервале 0,06–0,18 % и лишь в молоке 3-го КД увеличилось на 0,42 %. СЖБ только в молоке 5-го и 6-го КД было ниже нормы, а в остальных соответствовало ей (1,11–1,15). У коровы с кровностью 75 % на протяжении всего опыта отмечено снижение МДж на 0,40–0,97 %, наибольшее – в молоке 5-го КД. При этом содержание белка, наоборот, повышалось в интервале 0,06–0,46 %, максимально – в молоке 8-го КД. СЖБ только в начале опыта соответствовало норме, а в остальных КД было ниже ее (1,05–0,87). На протяжении всего опыта у коровы с кровностью 12 % были выше МДж на 0,51–1,52 % и МДБ на 0,07–0,55 % по сравнению с коровой с кровностью 75 %.

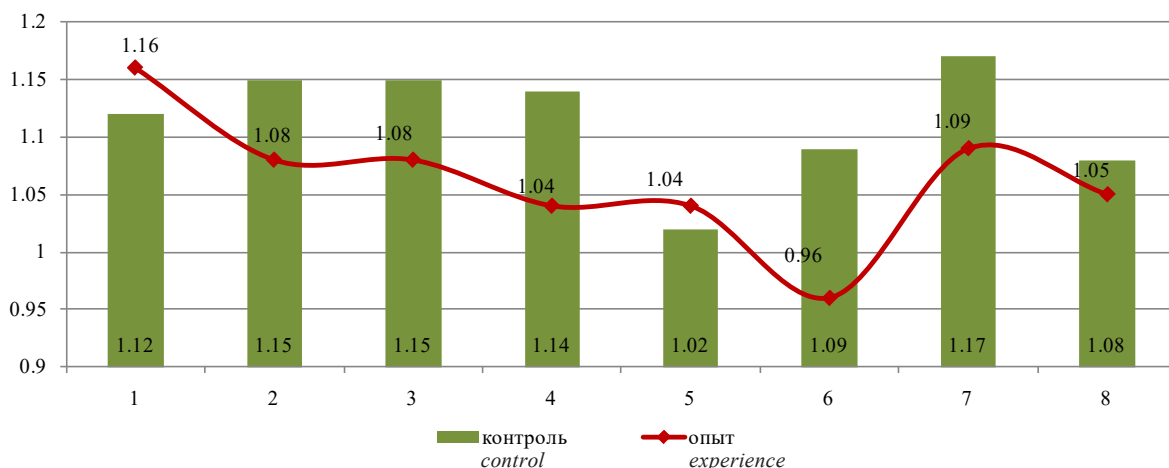


Рис. 1. Динамика среднегрупповых значений соотношения массовой доли жира к массовой доле белка в молоке коров холмогорской породы в течение опыта с кормовой добавкой «Смесь углеводно-протеиновая»
 Fig. 1. Dynamics of the average group values of the ratio of the mass fraction of fat to the mass fraction of protein in the milk of cows of the Kholmogory breed during the experiment with the feed additive "Carbohydrate-protein mixture"

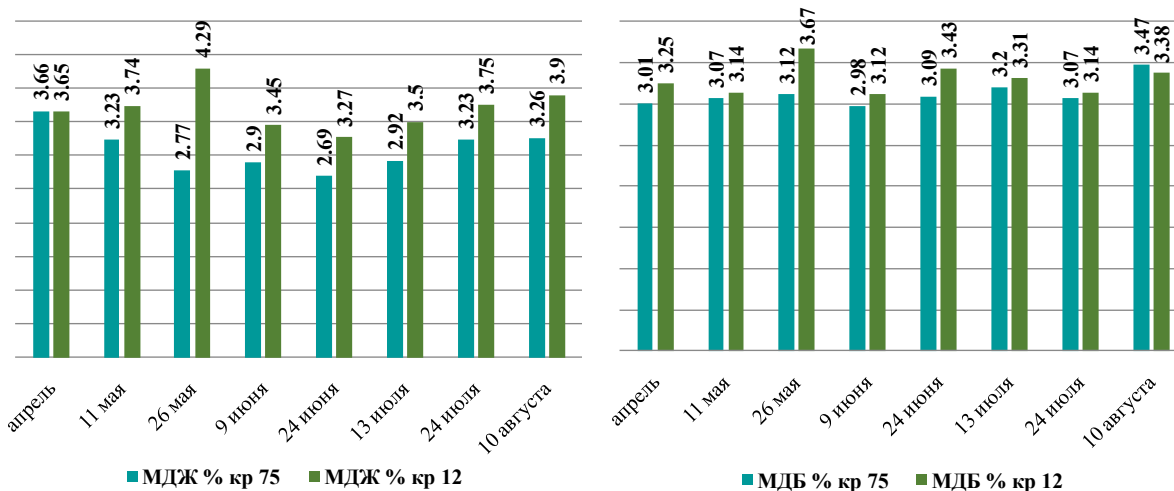


Рис. 2. Сравнительная характеристика индивидуальных значений: а) массовой доли жира, %; б) массовой доли белка, %, в молоке коров холмогорской породы с кровностью по голштинской породе 75 % и 12 % в течение опыта с включением в рацион кормовой добавки «Смесь углеводно-протеиновая»

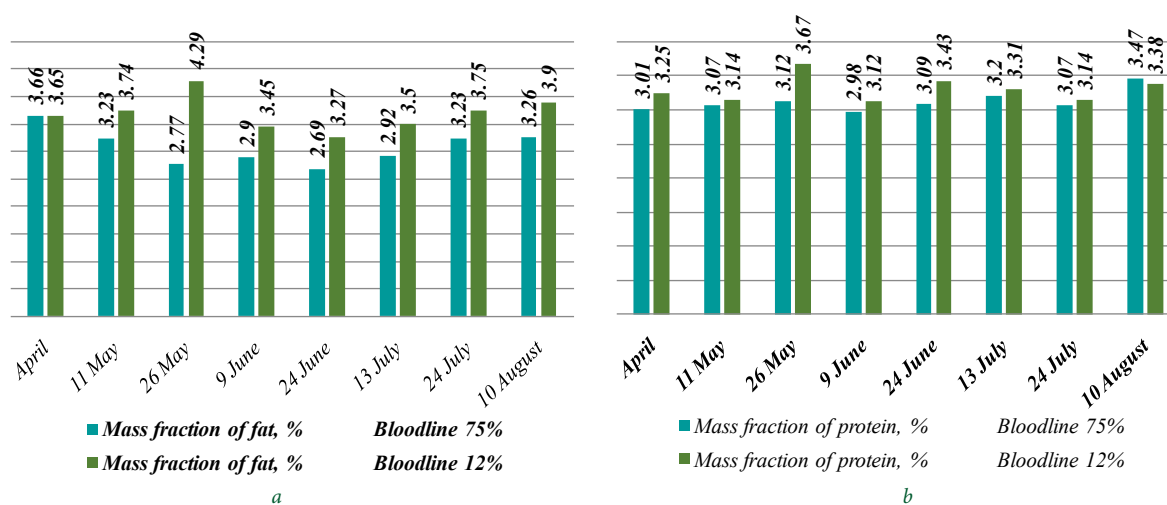


Fig. 2. Comparative characteristics of individual values: a) mass fraction of fat, %; b) mass fraction of protein, %, in milk of Kholmogory cows with Holstein bloodline of 75 % and 12 % during the experiment with the inclusion of the feed additive "Carbohydrate-protein mixture" in the diet

Таблица 3

Среднегрупповые значения молочной продуктивности, содержания жира и белка в молоке контрольных доений коров холмогорской породы в опыте с включением в кормовой рацион добавки «Защищенный жир» Energizer Gold

| Показатель | Группа | Порядковый номер контрольного доения (через 16–17 дней) | | | | | | |
|-------------------------|----------|---------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Среднесуточный удой, кг | Опыт | 28,7 ± 1,03 | 30,2 ± 0,95 | 31,1 ± 0,96 | 29,7 ± 0,76 | 27,9 ± 0,75 | 27,0 ± 0,94 | 25,3 ± 0,91 |
| | Контроль | 27,94 ± 1,36 | 28,6 ± 0,92 | 29,3 ± 1,18 | 27,3 ± 1,62 | 25,1 ± 1,30 | 24,2 ± 1,04 | 22,4 ± 0,98 |
| Содержание жира, % | Опыт | 3,67 ± 0,15 | 3,61 ± 0,09 | 3,45 ± 0,24 | 3,20 ± 0,11 | 3,20 ± 0,08 | 3,27 ± 0,11 | 3,44 ± 0,22 |
| | Контроль | 3,58 ± 0,16 | 3,53 ± 0,17 | 3,18 ± 0,17 | 3,07 ± 0,12 | 3,17 ± 0,09 | 3,41 ± 0,13 | 3,52 ± 0,12 |
| Содержание белка, % | Опыт | 3,08 ± 0,05 | 2,97 ± 0,04 | 2,93 ± 0,07 | 2,98 ± 0,05 | 3,03 ± 0,03 | 3,09 ± 0,05 | 3,26 ± 0,09 |
| | Контроль | 3,09 ± 0,09 | 2,93 ± 0,07 | 2,94 ± 0,08 | 2,94 ± 0,05 | 2,97 ± 0,06 | 3,05 ± 0,07 | 3,22 ± 0,07 |

Table 3
Average group values of milk productivity, fat and protein content in milk of control milkings of Kholmogory cows in an experiment to assess the effectiveness of including the “Protected fat” supplement Energizer Gold in the feed ration

| Indicators | Groups | Serial number of the control milking (after 16–17 days) | | | | | | |
|------------------------------|------------|---------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Average daily milk yield, kg | Experience | 28.7 ± 1.03 | 30.2 ± 0.95 | 31.1 ± 0.96 | 29.7 ± 0.76 | 27.9 ± 0.75 | 27.0 ± 0.94 | 25.3 ± 0.91 |
| | Control | 27.94 ± 1.36 | 28.6 ± 0.92 | 29.3 ± 1.18 | 27.3 ± 1.62 | 25.1 ± 1.30 | 24.2 ± 1.04 | 22.4 ± 0.98 |
| Mass fraction of fat, % | Experience | 3.67 ± 0.15 | 3.61 ± 0.09 | 3.45 ± 0.24 | 3.20 ± 0.11 | 3.20 ± 0.08 | 3.27 ± 0.11 | 3.44 ± 0.22 |
| | Control | 3.58 ± 0.16 | 3.53 ± 0.17 | 3.18 ± 0.17 | 3.07 ± 0.12 | 3.17 ± 0.09 | 3.41 ± 0.13 | 3.52 ± 0.12 |
| Mass fraction of protein, % | Experience | 3.08 ± 0.05 | 2.97 ± 0.04 | 2.93 ± 0.07 | 2.98 ± 0.05 | 3.03 ± 0.03 | 3.09 ± 0.05 | 3.26 ± 0.09 |
| | Control | 3.09 ± 0.09 | 2.93 ± 0.07 | 2.94 ± 0.08 | 2.94 ± 0.05 | 2.97 ± 0.06 | 3.05 ± 0.07 | 3.22 ± 0.07 |

Опыт 2. Оценка рациона коров. Животные опытной и контрольной групп на период опыта были обеспечены питательными веществами как для поддержания жизни, так и для синтеза продукции, общее количество потребленной энергии – 228,3 МДж и 218,4 МДж (норма – 216 МДж) (таблица 1).

Оценка молочной продуктивности лактирующих коров и качественного состава молока. Значения среднесуточного удоя у коров опытной группы были незначимо выше, тенденция повышения отмечена в 5-м, 6-м, 7-м КД ($p \leq 0,1$). Не выявлено значимых изменений среднегрупповых значений МДж % и МДБ % (таблица 3).

У коров, получающих добавку «Защищенный жир» Energizer Gold, нормальные величины СЖБ отмечены в молоке только первых трех КД с начала опыта и снижение до значений ниже нормы с 4-го КД. У коров, получающих основной общехозяйственный рацион, нормальное значение СЖБ было

в молоке первых двух и в 6-м КД, причем СЖБ в молоке 5-го, 6-го и 7-го КД было выше, чем у коров опытной группы (рис. 3).

Корова холмогорской породы с кровностью по голштинской породе 14 %, получающая кормовую добавку «Защищенный жир» Energizer Gold, показала в 3-м КД однократное повышение МДж в молоке на 1,04 %, снижение МДБ на 0,23 % и СЖБ 1,77, начиная с 4-го КД МДж снизилась на 1,5 %, а МДБ, наоборот, повысилась на 0,16 %, СЖБ – 1,19. Лишь в молоке 6-го КД СЖБ было ниже значений оговоренной нормы (1,05), а в остальных соответствовало ей (1,31–1,11) (рис. 4).

У коровы с кровностью по голштинской породе 75 % в молоке шести КД МДж и МДБ были ниже, чем у коровы с кровностью 14 %, МЖК на 0,5–2,16 %, МДБ – на 0,04–0,27 %. При этом СЖБ лишь в молоке 2-го и 6-го КД соответствовало норме, а в остальных было ниже ее (1,09–0,86) (рис. 4).

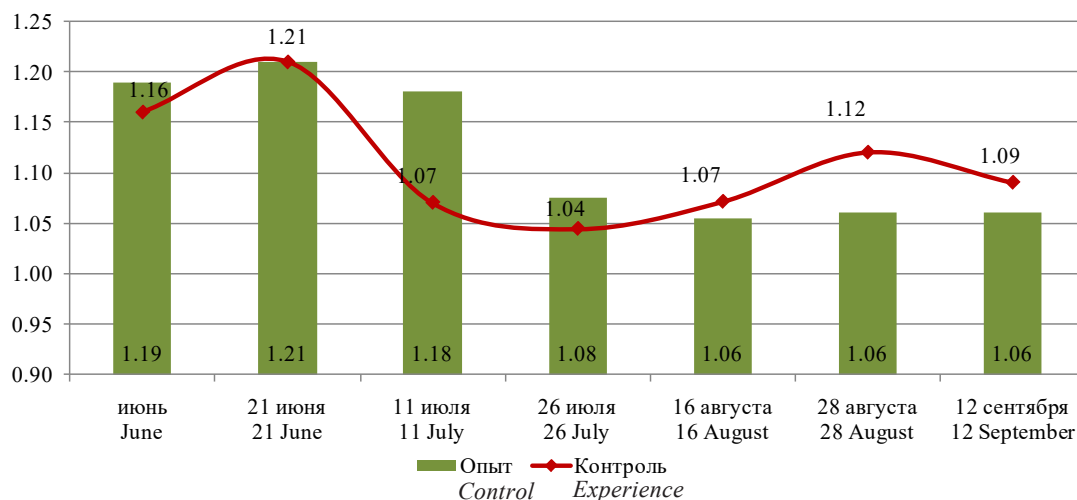


Рис. 3. Динамика изменений среднегрупповых значений соотношения массовой доли жира к массовой доле белка в молоке коров холмогорской породы в течение опыта с кормовой добавкой «Защищенный жир» Energizer Gold
Примечание. Норма 1,1–1,5; $p \leq 0,05$

Fig. 3. Dynamics of changes in average group values of the ratio of the mass fraction of fat to the mass fraction of protein in the milk of Kholmogory cows during the experiment with the feed additive "Protected fat" Energizer Gold
Note. The norm is 1.1–1.5; $p \leq 0.05$;

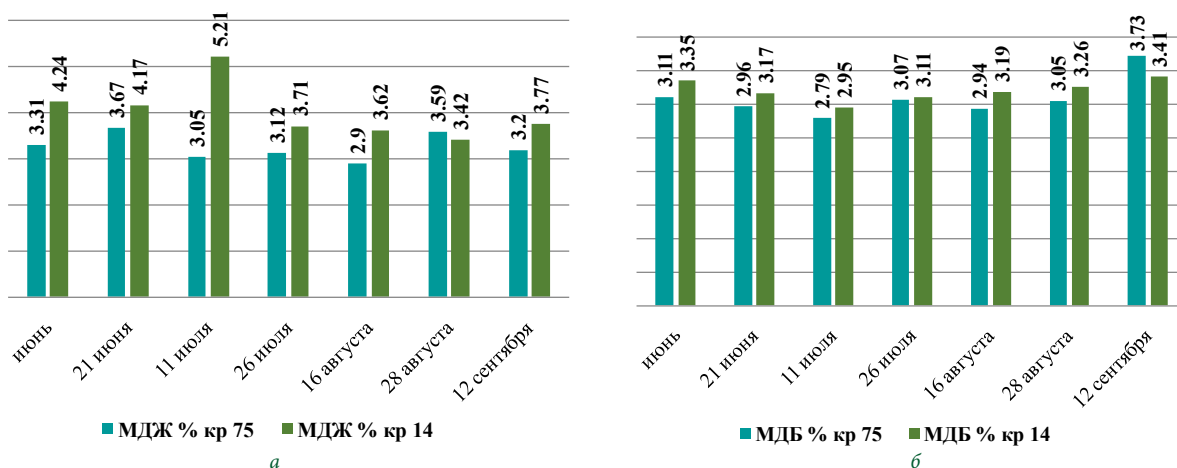


Рис. 4. Сравнительная характеристика индивидуальных значений: а) массовой доли жира, %; б) массовой доли белка, %, в молоке коров холмогорской породы с кровностью по голштинской породе 75 % и 14 % в течение опыта с включением в рацион кормовой добавки «Защищенный жир» Energizer Gold

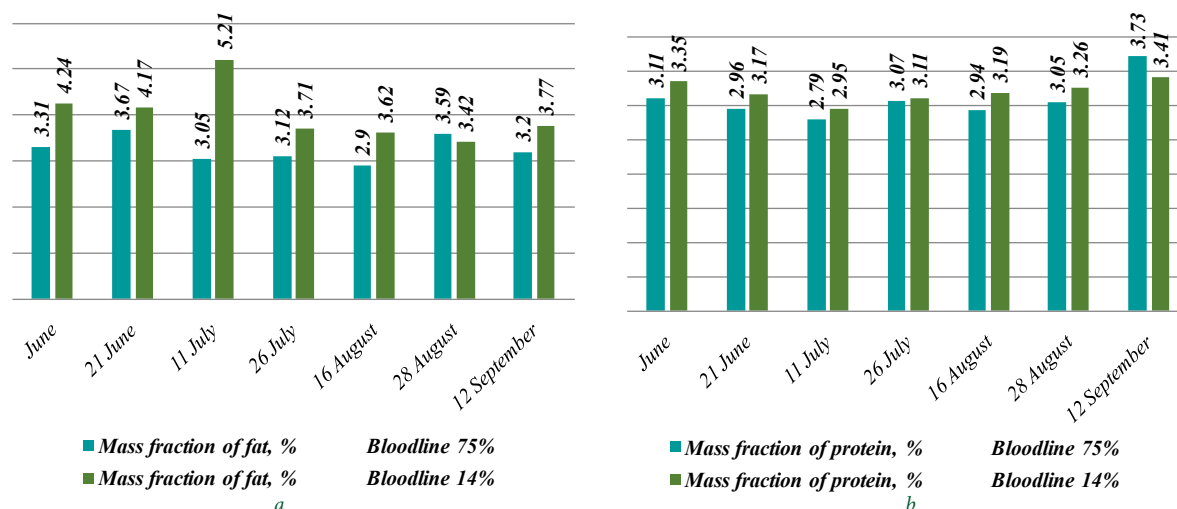


Fig. 4. Comparative characteristics of individual values: a) mass fraction of fat, %; b) mass fraction of protein, %, in milk of Kholmogory cows with Holstein bloodline of 75 % and 14 % during the experiment with the inclusion of the feed additive "Protected fat" Energizer Gold in the diet

Обсуждение и выводы (Discussion and conclusions)

Положительное влияние обеих добавок на протяжении всего опыта на молочную продуктивность (величину среднесуточного удоя) коров холмогорской породы подтверждает их целевое назначение. Статистически значимое повышение МДБ в молоке 3-го, 4-го и 7-го и тенденциальное в молоке 6-го и 8-го КД на включение в рацион кормовой добавки «Смесь углеводно-протеиновая» указывает на зависимость от энергии углеводов микробального рубцового синтеза аминокислот, обеспечивающих значительную часть анаболизма белков в молочной железе коров холмогорской породы [2]. Несмотря на то что эффективность включения в рационы кальциевых солей жирных кислот связана с увеличением жирности молока на 0,3–0,6 % [4], анализ среднegrupповых значений не выявил значимых изменений МДж % на включение в рацион коров холмогорской породы кормовой добавки «Защищенный жир» Energizer Gold (лишь на 0,03–0,27 % МДж в опытной группе была выше контрольной). Обращает на себя внимание величина СЖБ. У коров, получающих СУП, СЖБ незначимо ниже, чем в молоке аналогичных КД контрольной группы, и смещено в сторону значений ниже нормативных уже со второго КД. У коров, получающих добавку «Защищенный жир» Energizer Gold, нормальные значения СЖБ отмечены в молоке первых трех КД и ниже нормы в молоке остальных КД. Значения СЖБ ниже нормативных чаще связывают с недостатком энергии для обеспечения метаболического баланса в обмене веществ животных и риском развития ацидоза [8; 9]. Развитие метаболических расстройств у молочного скота при реализации мероприятий, направленных на увеличение молочной продуктивности, отмечено во многих работах [9; 14; 15]. В поиске причин таких реакций на кормовые добавки мы оценили значения исследуемых показателей в зависимости от кровности коров холмогорской породы по голштинской породе при сравнении животных с минимальным и максимальным процентом кровности. Оказалось, что добавка «Смесь углеводно-протеиновая» оказала наиболее эффективное влияние на обмен веществ коров с меньшей кровностью (12 %). При большем содержании жира и белка в молоке на протяжении всего опыта величина СЖБ – индикатора баланса обменных процессов в организме животного [6; 7] – в шести из восьми КД соответствовала норме. У коров с кровностью 75 % при снижении МДж и небольшом повышении белка в молоке величина СЖБ была ниже нормы, начиная со второго КД.

На включение кормовой добавки «Защищенный жир» Energizer Gold коровы с большей кровностью (75 %) лучше сохраняли процент МДж и МДБ в молоке, однако величина СЖБ у них лишь в молоке двух КД соответствовала норме, а в остальных

была ниже ее. В молоке коров с меньшей кровностью (14 %) значение СЖБ в молоке пяти из семи КД соответствовало норме, несмотря на большее снижение МДж.

Общеизвестно, что для улучшения молочных пород крупного рогатого скота, в том числе на северных территориях России, активно используют генетический потенциал голштинской породы. Вместе с тем длительное существование породы в определенных климатических условиях формирует свои адаптивные механизмы, эффективность которых можно косвенно оценить по балансу в обмене веществ. Нужно отметить, что холмогорская порода коров на Севере выведена в конце XVII века, и высокая жизнеспособность и выносливость в отличие от всех отечественных пород молочного направления разводимых в Российской Федерации установлена в ранее проведенных исследованиях [16]. Голштинизация отечественных пород реализуется лишь с 1980 года. При этом до настоящего времени нет данных, характеризующих продуктивные качества чистопородного голштинского скота в конкретных условиях среды [17], например, на северных территориях России. Установленные нами различия в величине исследуемых показателей у коров холмогорской породы с разной величиной кровности по голштинской породе на включение в рацион кормовых добавок, вероятно, связаны с адаптивными механизмами в обмене веществ, эволюционно сформировавшимися для сохранения вида. В связи с этим актуально мнение, что улучшение продуктивных показателей у коров зависит от доли крови улучшающей (голштинской) породы [11; 12].

Вместе с тем отсутствие на сегодняшний день единого мнения об оптимальной кровности помесных животных, позволяющей наиболее эффективно реализовывать генетический потенциал коров молочных пород, требует расширения исследований по данной проблеме.

Вывод:

- на обе кормовые добавки «Смесь углеводно-протеиновая» и «Защищенный жир» Energizer Gold коровы холмогорской породы показали повышение величины суточного удоя;
- на добавку «Смесь углеводно-протеиновая» значимо повысилась белкомолочность, а «Защищенный жир» не оказал должного влияния на жиромолочность;
- величина соотношений массовых долей жира к белку в молоке выявила смещение метаболического баланса в обмене веществ коров в сторону значений ниже нормативных, что связано с риском развития ацидоза, причем на СУП уже через 15 дней опыта, а на «Защищенный жир» после 48 дней опыта;
- сравнение индивидуальных значений показателей молока коров, получающих кормовые добавки, обнаружило, что у животных с кровностью 12 %

и 14 % по голштинской породе содержание массовой доли жира и белка повысилось, их соотношение соответствовало норме, а у коров с кровностью

75 % величина соотношения была ниже нормы, что указывает на смещение метаболических процессов в обмене веществ в сторону ацидоза.

Библиографический список

1. Обрушникова Л. Ф., Сложенкина М. И., Горлов И. Ф. [и др.] Экстерьерные особенности, молочная продуктивность и качество молока коров красной степной породы при использовании в рационах новых пребиотических кормовых добавок // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 63–74. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-63.
2. Марынич А. П., Абилов Б. Т., Семенов В. В. [и др.] Продуктивность дойных коров при включении в рационы углеводно-протеиновых кормовых добавок // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (15). С. 58–68. DOI: 10.25930/2687-1254/008.1.15.2022.
3. Western M. M., de Souza J., Lock A. L. Effect of commercially available palmitic and stearic acid supplements on nutrient absorption and production response of lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. 2020. No. 103 (6). Pp. 5131–5142. DOI: 10.3168/jds.2019-17242.
4. Трубочанинова Н. С., Погребняк В. А. Оценка влияния защищенных жиров на жирнокислотный состав молока // Эффективное животноводство. 2020. № 4 (161). С. 124–127. DOI: 10.24411/9999-007A-2020-10023.
5. Миколайчик И. Н., Морозова Л. А., Морозов В. А. Повышение генетического потенциала высокопродуктивных коров за счет использования в рационах энергетических добавок // Аграрный вестник Урала. 2019. № 1 (180). С. 21–26.
6. Antanaitis R., Džermeikaitė K., Januškevičius V., et. al. In-Line Registered Milk Fat-to-Protein Ratio for the Assessment of Metabolic Status in Dairy Cows // Animals (Basel). 2023. No. 13 (20). Article number 3293. DOI: 10.3390/ani13203293.
7. Atalay H., Sağlık B., Dergisi B. Milk fat / Protein ratio in ketosis and acidosis // Balikesir Health Sciences Journal. 2019. No. 8 (3). Pp. 143–146.
8. Часовщикова М. А., Губанов М. В. Состав молока как элемент контроля здоровья стада // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 70–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-7.
9. Крупин Е. О., Шакиров Ш. К., Юсупова Г. Р. [и др.] Взаимосвязь химического состава молока с величинами диагностических показателей интенсивности обмена веществ // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 245, № 1. С. 87–91. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-245-1-87-92.
10. Михайлова И. Ю., Лазарева Е. Г., Бигаева А. В. [и др.] Влияние генетических факторов на продуктивность коров и качество молока // Пищевая промышленность. 2021. № 1. С. 36–40. DOI: 10.24411/0235-2486-2021-10007.
11. Гридина С. Л., Гридин В. Ф., Сидорова Д. В. [и др.] Влияние уровня голштинизации на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 8. С. 60–61. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10816.
12. Абрамова Н. И., Селимян М. О. Влияние степени кровности по голштинской породе на продуктивные показатели коров ярославской породы // Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 2 (46). С. 9–22. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_9.
13. Методология и методы научных исследований в животноводстве: учебное пособие / Сост. Е. Н. Мартынова. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. 108 с.
14. Gross J. J., Bruckmaier R. M. Review: Metabolic challenges in lactating dairy cows and their assessment via established and novel indicators in milk. // Animal. 2019. Vol. 13 (S1). Pp. 75–81. DOI: 10.1017/S175173111800349X.
15. Курятова Е. В., Тюкавкина О. Н., Груздова О. В. Профилактика ацидоза коров пробиотическим препаратом и его влияние на молочную продуктивность // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 44–54. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-44-54.
16. Николаев С. В. Ветеринарные аспекты хозяйственно-полезных качеств холмогорского скота // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2021. № 1 (47). С. 37–44. DOI: 10.19110/1994-5655-2021-1-37-44.
17. Яковчик Н. С., Досумова А. Ж., Кубекова Б. Ж. Основы селекции коров голштинской породы разных генотипов // Агротрансформация. 2021 № 3 (145). С. 14–16.

Об авторах:

Наталья Ивановна Волкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекционного контроля качества молока, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения

Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия; ORCID 0000-0003-1958-028X, AuthorID 814454. E-mail: natalja200958@mail.ru

Александра Леонидовна Дыдыкина, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией селекционного контроля качества молока, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия; ORCID 0000-0001-7057-7785, AuthorID 702011. E-mail: didikina100@yandex.ru

Александр Андреевич Наконечный, старший научный сотрудник лаборатории селекционного контроля качества молока, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия; ORCID 0000-0001-6770-3075, AuthorID 760050. E-mail: nakal1723@yandex.ru

Андрей Олегович Вязьмин, ведущий инженер лаборатории селекционного контроля качества молока, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия; ORCID 0000-0001-8341-9605, AuthorID 1137557. E-mail: andrey.vyazminov877@yandex.ru

References

- Obrushnikova L. F., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., et al. Exterior peculiarities, milk productivity and quality of the Red steppe cows after feeding with new prebiotic feed additives. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023; 106 (2): 63–74. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-63. (In Russ.)
- Marynich A. P., Abilov B. T., Semenov V. V., et al. Productivity of dairy cows with inclusion of carbohydrate and protein feed additives in the diets. *Agricultural Journal*. 2022; 1 (15): 58–68. DOI: 10.25930/2687-1254/008.1.15.2022. (In Russ.)
- Western M. M., de Souza J., Lock A. L. Effect of commercially available palmitic and stearic acid supplements on nutrient absorption and production response of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103 (6): 5131–5142. DOI: 10.3168/jds.2019-17242.
- Glukhov D. V. Protected fats. Let's figure it out. *Effective Animal Husbandry*. 2012; 5: 12–16. (In Russ.)
- Gumerov A. B., Belookov A. A., Loretts O. G., et al. The milk yield of cows when using probiotic enzyme preparations. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2018; 4 (171): 5–9. (In Russ.)
- Antanaitis R., Džermeikaitė K., Januškevičius V., et al. In-Line Registered Milk Fat-to-Protein Ratio for the Assessment of Metabolic Status in Dairy Cows. *Animals (Basel)*. 2023; 13 (20): 3293. DOI: 10.3390/ani13203293.
- Atalay H., Sağlık B., Dergisi B. Milk Fat / Protein ratio in ketosis and acidosis. *Balikesir Health Sciences Journal*. 2019; 8 (3): 143–146.
- Chasovshchikova M. A., Gubanov M. V. Milk composition as an element of herd health control. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 11 (226): 70–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79. (In Russ.)
- Krupin E. O., Shakirov S. K., Yusupova G. R., et al. Relationship of the chemical composition of milk with the values of diagnostic indicators of metabolism intensity. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2021; 245 (1): 87–92. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-245-1-87-92. (In Russ.)
- Mikhaylova I. Yu., Lazareva E. G., Bigaeva A. V., et al. Influence of genetic factors on cow productivity and milk quality. *Food processing industry*. 2021; 1: 36–40. DOI: 10.24411/0235-2486-2021-10007. (In Russ.)
- Gridina S. L., Gridin V. F., Sidorova D. V., et al. Influence of Holstein Share on Milk Productivity of Black-and-White Cows. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32 (8): 60–61. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10816. (In Russ.)
- Abramova N. I., Selimyan M. O. Influence of Holstein blood relationships on productive performance of Yaroslavl' cows. *MolochnokhozaystvennyVestnik*. 2022; 2 (46): 9–22. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_9. (In Russ.)
- Martynova E. N. (compiler) Methodology and methods of scientific research in animal husbandry. Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2019. 108 p. (In Russ.)
- Gross J. J., Bruckmaier R. M. Review: Metabolic challenges in lactating dairy cows and their assessment via established and novel indicators in milk. *Animal*. 2019; 13 (S1): 75–81. DOI: 10.1017/S175173111800349X.
- Kuryatova E. V., Tyukavkina O. N., Gruzдова O. V. Prevention of acidosis in cows with a probiotic and its effect on dairy productivity. *Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 3 (51): 45–54. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-44-54. (In Russ.)
- Nikolaev S. V. Veterinary aspects of the economic and useful qualities of the Kholmogorsky cattle. *News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2021; 1 (47): 37–44. DOI: 10.19110/1994-5655-2021-1-37-44. (In Russ.)

17. Yakovchik N. S., Dosumova A. Zh., Kubekova B. Zh. The basics of breeding Holstein cows of different genotypes. *Agropanorama*. 2021; 3 (145): 14–16. DOI: 10.56619/2078-7138-2021-145-3-14-16. (In Russ.)

Authors' information:

Natalya I. Volkova, candidate of biological sciences, senior researcher at the laboratory of milk quality control, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia; ORCID 0000-0003-1958-028X, AuthorID 814454. *E-mail: natalja200958@mail.ru*

Aleksandra L. Dydykina, senior researcher at the laboratory of milk quality control, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia; ORCID 0000-0001-7057-7785, AuthorID 702011. *E-mail: didikina100@yandex.ru*

Aleksandr A. Nakonechnyy, senior researcher at the laboratory of milk quality control, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia; ORCID 0000-0001-6770-3075, AuthorID 760050. *E-mail: nakal1723@yandex.ru*

Andrey O. Vyazminov, lead engineer at the laboratory of milk quality control, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia; ORCID 0000-0001-8341-9605, AuthorID 1137557. *E-mail: andrey.vyazminov877@yandex.ru*

Индекс атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка бройлерных кур как фактор здоровьесберегающих технологий

Е. А. Колесник¹, М. А. Дерхо², М. Б. Ребезов^{3, 4}✉, Н. В. Мамылина⁵

¹ Государственный университет просвещения, Москва, Россия

² Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

³ Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

⁴ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

⁵ Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия

✉ E-mail: rebezov@yandex.ru

Аннотация. Цель работы – определение индекса атерогенности (ИА), соотношения атерогенных липопротеинов к антиатерогенным, общего холестерина (ОХС) и белка (ОБ) в раннем постэмбриональном онтогенезе бройлерных кур для характеристики здоровьесберегающих качеств продукции мясного птицеводства. **Методы.** Кровь для исследований брали у цыплят-бройлеров ($n = 40$), выращиваемых промышленным стадом, в возрасте 1, 7, 23 и 42 суток. Взятую кровь анализировали для определения физиолого-биохимических показателей. Учитывали среднесуточный прирост массы тела бройлерных кур. **Результаты.** Установлено, что совокупное применение теста Шапиро – Уилка с расчетом графика нормальной вероятности распределения величин получило доказанное преимущество в эффективности по сравнению с использованием тестов Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса для проверки распределения концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), ммоль/л, у цыплят-бройлеров Hubbard ISA F15 на соответствие закону о нормальном распределении величин. К 7-суточному возрасту ИА в усл. ед. снижался на 56,38 % ($p \leq 0,001$), соотношение холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к ХС-ЛПВП в усл. ед. снижалось на 62,78 % ($p \leq 0,001$). В 23- и 42-суточном возрасте стабилизировалась динамика ИА и ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП. Соотношение ХС-ЛПНП/ОХС к 7-суточному возрасту снижалось на 36,62 % ($p \leq 0,05$) и стабилизировалось без достоверного изменения в периоде 23–42 суток по отношению к возрасту 7 суток в пределах 31,0–41,77 %. Динамика ОХС к ОБ в % (ОХС/ОБ) к 7-суточному возрасту снижалось на 65,45 % ($p \leq 0,001$). Далее к 23-суточному возрасту ОХС/ОБ немного повышалось на 36,34 % ($p \leq 0,05$). **Научная новизна.** Динамика индекса атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка в раннем постэмбриональном периоде бройлерных кур, то есть в технологическом периоде производства мяса птицы, показала тенденцию к стабилизации эффективной концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности, умеренной концентрации холестерина липопротеинов низкой плотности в процессе интенсивного роста и развития скелетной мускулатуры.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, индекс атерогенности, липопротеины, холестерол, постэмбриональный онтогенез, распределение Гаусса, здоровьесберегающие технологии

Для цитирования: Колесник Е. А., Дерхо М. А., Ребезов М. Б., Мамылина Н. В. Индекс атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка бройлерных кур как фактор здоровьесберегающих технологий // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1459–1475. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475>.

Дата поступления статьи: 12.07.2024, **дата рецензирования:** 12.08.2024, **дата принятия:** 22.08.2024.

Atherogenicity index, ratio of lipoproteins, total cholesterol and protein of broiler chickens as a factor of health-saving technologies

E. A. Kolesnik¹, M. A. Derkho², M. B. Rebezov^{3, 4}✉, N. V. Mamylina⁵

¹ Federal State University of Education, Moscow, Russia

² South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

³ V. M. Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems, Moscow, Russia

⁴ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

⁵ South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

✉ E-mail: rebezov@yandex.ru

Abstract. The purpose is to determine the atherogenic index (AI), the ratio of atherogenic lipoproteins to antiatherogenic ones, total cholesterol (TC) and protein (TP) were determined in the early postembryonic ontogenesis of broiler chickens to characterize the health-preserving qualities of poultry products. **Methods.** Blood for the studies was taken from broiler chickens ($n = 40$) raised in an industrial flock at the age of 1 day, 7 days, 23 days and 42 days. The collected blood was analyzed to determine physiological and biochemical parameters. The average daily body weight gain of broiler chickens was taken into account. **Results.** It was found that the combined use of the Shapiro – Wilk test with calculation of the normal probability distribution graph of values received a proven advantage in efficiency compared to the use of the Kolmogorov – Smirnov and Lilliefors tests for checking the distribution of the concentration of high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), mmol/l in Hubbard ISA F15 broiler chickens for compliance with the law of normal distribution of values. By the 7th day, AI in conventional units decreased by 56.38 % ($p \leq 0.001$), the ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to HDL-C in conventional units (LDL-C/HDL-C) decreased by 62.78 % ($p \leq 0.001$). On the 23rd and 42nd days, the dynamics of AI and LDL-C/HDL-C stabilized. The LDL-C/TC ratio by the age of 7 days decreased by 36.62 % ($p \leq 0.05$) and stabilized without significant changes in the period from 23 to 42 days in relation to the age of 7 days within the range of 31.0–41.77 %. The dynamics of TC to TP in % (TC/TP) by the age of 7 days decreased by 65.45 % ($p \leq 0.001$). Then by the age of 23 days TC/TP slightly increased by 36.34 % ($p \leq 0.05$). **Scientific novelty.** The dynamics of the atherogenicity index, the ratio of lipoproteins, total cholesterol and protein in the early postembryonic period of broiler chickens, that is, in the technological period of poultry meat production, showed a tendency to stabilise the effective concentration of high-density lipoprotein cholesterol, a moderate concentration of low-density lipoprotein cholesterol, in the process of intensive growth and development of skeletal muscles.

Keywords: broiler chickens, atherogenic index, lipoproteins, cholesterol, postembryonic ontogenesis, Gaussian distribution, health-saving technologies

For citation: Kolesnik E. A., Derkho M. A., Rebezov M. B., Mamilina N. V. Atherogenicity index, lipoprotein ratio, total cholesterol and protein of broiler chickens as a factor in health-saving technologies. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1459–1475. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475>. (In Russ.)

Date of paper submission: 12.07.2024, **date of review:** 12.08.2024, **date of acceptance:** 22.08.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Как отмечается в работе [1], домашняя курица *Gallus gallus* L. является широко используемой биомедицинской моделью и служит основным источником высококачественного пищевого белка для человека.

Мясные продукты играют важную роль в рационе человека [2–4]. Продукты питания животного происхождения – источник полноценных протеинов, жизненно важных жирных кислот и различных питательных микроэлементов для оптимального здоровья [2; 5; 6].

Мясо цыплят-бройлеров является доступным источником животного белка [7; 8]. Мясо птицы содержит питательные вещества, которые могут удовлетворять рекомендуемую суточную норму для человека в витаминах и минералах [9–13].

Жир является самым богатым источником энергии в мясе, однако процентное содержание отдельных липидных фракций, имеющих существенно различное медико-биологическое значение, варьируется в зависимости от типа мяса, вида животных, употребляемых в пищу [2; 14; 15]

Мясо цыплят-бройлеров многие относят к низкокалорийным мясным продуктам питания, так как оно имеет относительно низкое содержание жира [9; 16].

При этом жир сельскохозяйственной птицы включает в себя значительное количество мононенасыщенных жирных кислот и по сравнению с красным мясом значительное количество полиненасыщенных жиров, особенно омега-6, линолевой и арахидоновой кислот, лишь треть всего жира составляют насыщенные жирные кислоты [9; 17].

Куриный жир представляет собой важный источник длинноцепочечных жирных кислот омега-3 [9; 18].

Культура питания – это основа физического и психического составляющих здоровья человека [19–22]. Известно, пища служит энергетической и пластической основой физиологических процессов [19; 23–26].

Разумеется, социальное становление здорового питания (и прежде всего питание детей) будет обеспечивать адекватное умственное и физическое развитие поколений, работоспособность и долголетие в связи с физиологичной, а следовательно, эффективной профилактикой болезней [19; 27–29].

В действительности, как отмечают исследователи в работе [30], по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), частота заболеваний сердечно-сосудистой системы проявляет стабильный рост. Так, по причине сердечно-сосудистых болезней в мире ежегодно погибают более 15 млн человек, причем большинство из них не доживают до 65 лет [30]. На основании данных ВОЗ прогнозируется что в 2030 году до 23,3 млн человек умрут от сердечно-сосудистых патологий [31].

Факторы риска включают табакокурение и злоупотребление алкоголем, малую физическую активность, несбалансированное питание, повышенное артериальное давление, избыточный вес, гипергликемию, гиперлипидемию и дислиппротеинемию [32–36].

Липидный обмен ввиду многофакторной роли его метаболитов на процессы неспецифической резистентности и специфического иммунитета служит сигнальным звеном общего адаптационного синдрома у животных [14; 37–40] и человека [33; 41].

Физиологические и технологические стрессы, неизбежные в промышленном птицеводстве [42–44], стимулируют симпато-адреналовую нейрогуморальную регуляцию обмена веществ [45; 46]. Регуляторная активность симпато-адреналовой системы обеспечивает секрецию катехоламинов, прежде всего дофамина, его производного – норадреналина и адреналина, которые оказывают системное влияние на депо липидов в организме бройлерной птицы [45; 46]. Действие катехоламинов на депо липидов приводит к липолизу [45; 46]. При этом в

зависимости от качества, продолжительности действия факторов стресса и запасных метаболических и иммунных резервов организма липолиз будет характеризоваться превалированием холестерина липопротеинов низкой и очень низкой плотности или положительным физиологическим эффектом в циркуляции холестерина липопротеинов высокой плотности [32; 45; 46]. Так, соотношения фракций холестерина будут различно влиять на формирование неспецифического и специфического иммунитета в организме растущих и развивающихся цыплят-бройлеров [45–47].

Известный тренд в животноводстве – это постепенное замещение применения антибиотических препаратов [48–52]. С этой целью активно испытывают препараты биотехнологического происхождения способные стимулировать неспецифический иммунитет, снижать концентрацию холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) и повышать концентрацию холестерина высокой плотности (ХС-ЛПВП) [27; 32; 40; 48–50; 53; 54]. Однако данное направление носит паллиативный характер, кардинально не решая проблемы здоровья, связанные с болезнями обмена веществ.

Гиперлипидемия и дислиппротеинемии [30; 35; 41] являются актуальными нарушениями метаболизма, вследствие которых формируются висцеральное ожирение, сахарный диабет, желчнокаменная болезнь, анемия, остеодистрофия [55], болезни сосудов и самого сердца [33; 35; 50; 56; 57].

Гиперлипидемия и дислиппротеинемии служат диагностическим предиктором и причиной атеросклероза коронарных, церебральных, брыжеечных, почечных артерий [30; 31; 34; 36; 55].

Поэтому профилактика заболеваний и лечение болезней с патогенезом, обусловленных гиперлипидемией и дислиппротеинемиями различной этиологии, являются наиболее актуальной задачей ветеринарной и гуманной медицины [52; 53; 55; 58].

Тип жира, то есть его составные фракции, основывающиеся на липопротеинах (липопротеидах) в организме выращиваемых сельскохозяйственных животных, важно учитывать с точки зрения патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний у человека, поскольку не все жиры одинаковы в своем медико-биологическом значении [2; 59].

Липопротеины (липопротеиды) представляют собой мицеллы с комплексом триглицеридов и эфиров холестерина, окруженных гидрофобными фосфолипидами и белками – аполипопротеинами [9; 31; 54; 59]; в зависимости от концентрации, то есть плотности аполипопротеинов и фосфолипидов, липопротеины подразделяют на липопротеины высокой (ЛПВП), низкой (ЛПНП) и очень низкой плотности (ЛПОНП). При этом диагностируют фракции холестерина в составе ЛПВП, ЛПНП, ЛПОНП [9; 19; 30; 35; 36; 40; 50; 60].

Все фракции холестерина в липопротеинах взаимосвязаны в обмене веществ, из ЛПВП образуются последующие фракции со снижением концентрации протеинов.

Поскольку современные кроссы бройлерной птицы являются генетически обусловленными гиперфагами [1; 61] и, следовательно, более склонны к ожирению, они рассматриваются в качестве моделей выбора для изучения липидного обмена и его последующих эффектов в ответ на пищевые синбиотические добавки [47; 49; 62].

Холестерол ЛПНП – наиболее атерогенный липопротеин, получаемый человеком через продукты питания, обладает цитотоксическим эффектом, способствует формированию атеросклеротических бляшек на стенках сосудов и развитию хронического атеросклероза с риском ишемической болезни и инфаркта миокарда сердца [30; 36; 41; 56].

Интегральным информативным показателем характеристики липидного спектра плазмы крови является индекс атерогенности (ИА), отражающий отношение холестерина атерогенных липопротеинов (ХС-ЛПОНП, ХС-ЛПНП) к антиатерогенным (ХС-ЛПВП) [56].

Была установлена высокая прогностическая значимость ИА в отношении риска летального исхода от болезней, связанных с атеросклерозом [56].

Доказано, что соотношение холестерина ЛПНП (ХС-ЛПНП) к холестеролу ЛПВП (ХС-ЛПВП), то есть ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП, является лучшим предиктором тяжести процессов атеросклероза, ишемической болезни сердца по сравнению с учетом концентрации ХС-ЛПНП или ХС-ЛПВП по отдельности [36; 41].

В связи с вышеотмеченной актуальностью и принципом доказательной физиологии и доказательной ветеринарной медицины целью работы явилось определение индекса атерогенности, соотношения атерогенных липопротеинов к антиатерогенным, общего холестерина и белка в раннем постэмбриональном онтогенезе бройлерных кур для характеристики здоровьесберегающих качеств продукции мясного птицеводства.

Методология и методы исследования (Methods)

Этическое заявление

Данное исследование было разработано и реализовано в соответствии с рекомендациями комитета по биоэтике Южно-Уральского государственного аграрного университета (Челябинская область, Россия), а также было согласовано с ветеринарной службой сельскохозяйственной компании.

Животные, дизайн исследования

Экспериментальная часть исследования была выполнена в условиях ООО «Чебаркульская птица» (Чебаркульский район Челябинской области, Россия). Данное птицеводческое предприятие специализируется на выращивании цыплят-бройлеров.

Избранный объект исследования: высокопродуктивный имеющий широкое распространение птичий кросс мясной селекции кур-бройлеров Hubbard ISA F15 выращивался промышленным стадом в цехе бройлеров (содержание в клеточных батареях – брудерах) – *генеральная совокупность исследуемой птицы*, из которой, согласно принципам случайной выборки и сбалансированных групп, сформировывали четыре опытные группы ($n = 40$) в зависимости от возраста:

I группа – 1-суточные птенцы;

II – 7-суточные цыплята;

III – 23-суточные бройлеры;

IV – 42-суточные куры.

Экспериментальные группы кур *Gallus gallus L.* по *Anamnesis vitae* клинически (*status praesens*) соответствовали *fusce sanitas status* (статусу здоровых животных). Кормление и содержание подопытной птицы осуществляли в соответствии с алиментарными и зоогигиеническими нормами согласно рекомендациям¹.

Сбор данных

В целях определения экспериментальных физиолого-биохимических параметров у испытуемой птицы производили забор цельной крови.

Цельную кровь собирали в стандартизированные вакуумные пробирки с физиологическим стабилизатором ЭДТА (этилендиаминтетраацетат, EDTA) путем декапитации птицы в 1- и 7-суточном возрасте и прижизненно – пункцией подкрыльцовой вены у 23- и 42-суточных цыплят аналогично, отдельно в сухие пробирки помещали кровь для получения сыворотки.

Биохимические исследования крови экспериментальных групп кур-бройлеров проводили в условиях специализированной лаборатории кафедры естественно-научных дисциплин Южно-Уральского государственного аграрного университета (Челябинская область, Россия). В сыворотке крови электрофоретическим методом блочного типа вертикального диск электрофореза в полиакриламидном геле, определяли общий белок (ОБ), г/л.

В плазме крови с помощью коммерческого набора «Вектор-Бест», каталожный номер «В-8024» (Россия), ферментативным методом определяли холестерин липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП) в ммоль/л; принцип метода заключается в осаждении липопротеинов низкой и очень низкой плотности под действием фосфорновольфрамной кислоты в присутствии ионов магния. При центрифугировании фракция липопротеинов высокой плотности остается в растворе. ХС-ЛПВП, содержащийся в этой фракции, определяли ферментативно.

Также в плазме крови методом преципитации с помощью коммерческого набора «Ольвекс

¹Руководство Hubbard ISA. URL: <http://hubbardbreeders.com>.

Диагностикум», каталожные номера 013.006 и 013.012/022/032 (Россия), определяли общий холестерол (ОХС) в ммоль/л и холестерин липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) в ммоль/л. Принцип метода состоит в молекулярном связывании и осаждении реагентом набора липопротеидов (липопротеинов) низкой плотности, после центрифугирования в супернатанте остаются холестерин хиломикрон, холестерин липопротеидов очень низкой плотности и холестерин липопротеидов высокой плотности, концентрацию ХС-ЛПНП определяли разницей ОХС и холестерина супернатанта.

Математическим методом вычисляли индекс атерогенности (ИА) в условных единицах (усл. ед.) по формуле:

$$ИА = \frac{(ОХС - ЛПВП)}{ЛПВП}. \quad (1)$$

Рассчитывали соотношения: ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП в усл. ед., $(ОХС/ОБ) \times 100 \%$ и $(ХС-ЛПНП/ОХС) \times 100 \%$.

Определяли биотехнологический показатель среднесуточный прирост массы тела $A_{ссп}$ в г/сут, по формуле:

$$A_{ссп} = \frac{(W_1 - W_0)}{(T_1 - T_0)}. \quad (2)$$

где W_0 – масса тела в начале учетного периода (г) в возрасте T_0 (сут.),

W_1 – масса тела в конце учетного периода (г) в последующем возрасте T_1 (сут.).

В программе Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, США) строили диаграммы значений индекса атерогенности и соотношения холестерина липопротеинов низкой плотности к холестерину липопротеинов высокой плотности; значений соотношения холестерина липопротеинов низкой плотности к общему холестеролу и значений соотношения общего холестерола к общему белку в периферической крови бройлерных кур в раннем постэмбриональном онтогенезе.

Статистический анализ

Статистический анализ проводили в программе STATISTICA v. 8.0 (StatSoft, Inc., США). Соответствие первичных экспериментальных данных закону нормальности распределения Гаусса определяли тестами Шапиро – Уилка, Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса [63; 64], результаты которых отражали в гистограммах распределения величин учитываемых данных; также, специально строили график нормальной вероятности распределения значений концентраций ХС-ЛПВП [63; 64]. Степень и достоверность различий для полученных результатов, вычисляли с помощью параметрического t -критерия Стьюдента [63; 64], рассчитывали стандартную ошибку средней изучаемых величин (SEM). Специально для определения уровня значимости различий средних значений ХС-ЛПВП применяли непараметрический знаковый тест (*Sign Test*) [65; 66].

Критический уровень значимости различия значений при проверке статистических гипотез был принят за $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

Проверка гипотез о нормальном распределении значений экспериментальных данных по возрастным группам птиц показала, что по тесту Шапиро – Уилка и гистограммам распределения величин значений концентрация ОХС (ммоль /л) имела уровень значимости $p = 0,60531$ ($W = 0,94461$) (рис. 1.1); концентрация ХС-ЛПНП (ммоль /л) имела уровень значимости $p = 0,70778$ ($W = 0,95331$) (рис. 1.2); значения ИА (усл. ед.) имели уровень значимости $p = 0,61587$ ($W = 0,94552$) (рис. 1.3); значения соотношения ХС-ЛПНП к ХС-ЛПВП (усл. ед.) имели уровень значимости $p = 0,90235$ ($W = 0,97127$) (рис. 1.4); значения соотношения ХС-ЛПНП к ОХС (%) имели уровень значимости $p = 0,48042$ ($W = 0,93323$) (рис. 1.5); концентрация ОБ (г/л) имела уровень значимости $p = 0,23934$ ($W = 0,90351$) (рис. 1.6); значения соотношения общего ОХС к ОБ (%): $p = 0,08085$ ($W = 0,86213$) (рис. 1.7); значения $A_{ссп}$ (г/сут) имели уровень значимости $p = 0,30182$ ($W = 0,91294$) (рис. 1.8).

Следовательно, обозначенные выше величины показателей экспериментальных выборок соответствуют закону нормального распределения случайных величин.

Согласно результатам теста Колмогорова – Смирнова, уровень значимости концентраций ХС-ЛПВП (ммоль/л) был более 0,2 ($p > 0,20$, $d = 0,21282$). Также по тесту Лиллиефорса уровень значимости концентраций ХС-ЛПВП $p > 0,20$ (рис. 2.1), следовательно, по данным критериям гипотеза о нормальности распределения подтверждается.

Однако, по результатам теста Шапиро – Уилка, концентрация ХС-ЛПВП имела уровень значимости $p = 0,02041$ ($W = 0,81224$) (см. рис. 2.1).

Также по результатам графика нормальной вероятности распределения значений концентраций ХС-ЛПВП наблюдаются существенные систематические отклонения от теоретической прямой нормального распределения (рис. 2.2).

В итоге можно заключить, что значения концентраций ХС-ЛПВП не соответствуют закону нормального распределения случайных величин.

В связи с тем, что случайные величины концентраций ХС-ЛПВП в выборках экспериментальных возрастных групп птиц имели ненормальное распределение (см. рис. 2.1 и 2.2), то есть нулевая гипотеза о нормальном распределении случайных величин ХС-ЛПВП (ммоль/л) в экспериментальных выборках бройлерных кур была отвергнута, соответственно, для определения уровня значимости различий средних значений ХС-ЛПВП применяли непараметрический знаковый тест (*Sign Test*) (таблица 1).

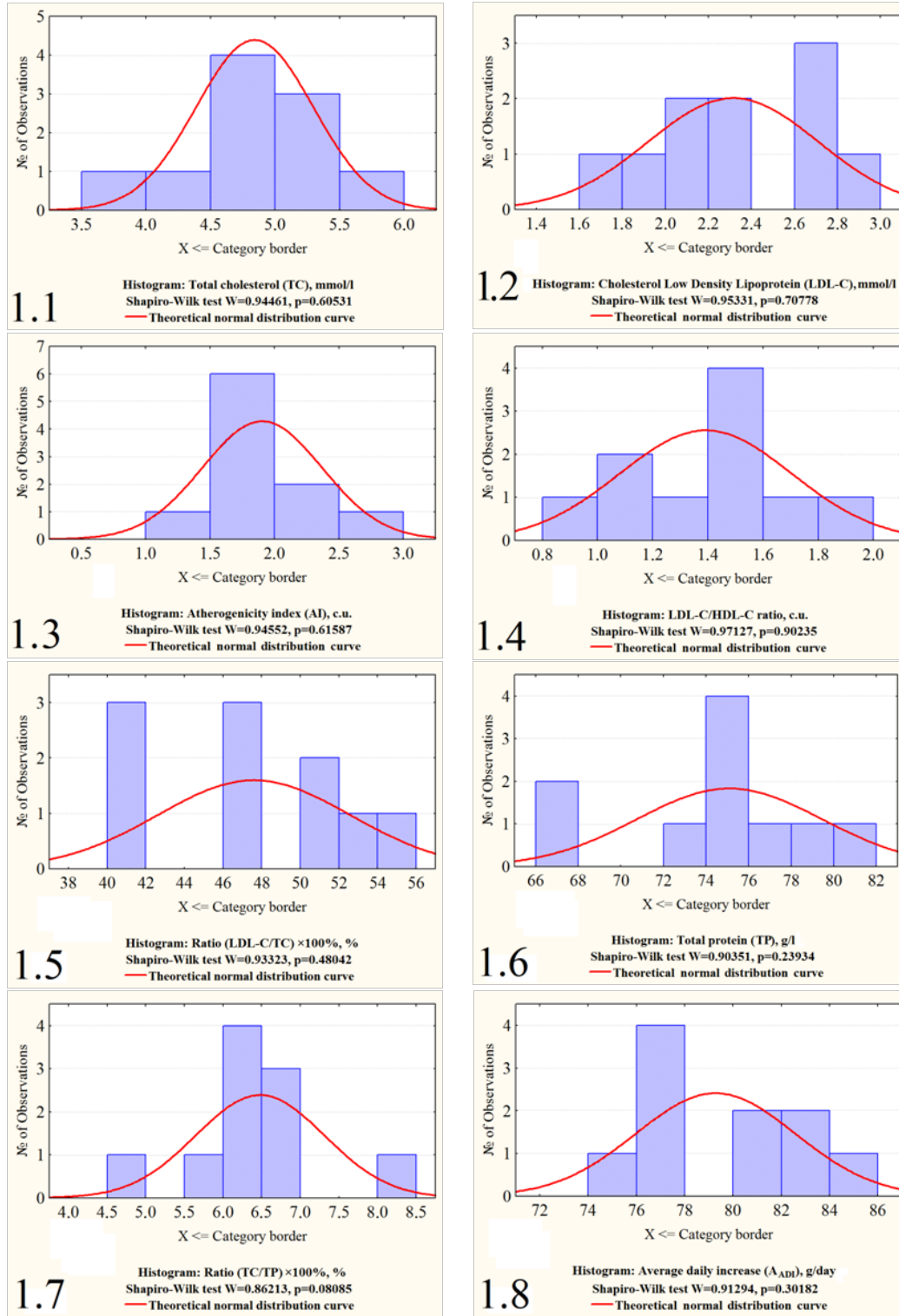


Рис. 1. Данные нормальности распределения значений биохимических показателей бройлерных цыплят по результатам теста Шапиро – Уилка: 1.1 – общий холестерин (ОХС), ммоль /л; 1.2 – холестерин липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП), ммоль /л; 1.3 – индекс атерогенности (ИА), усл. ед; 1.4 – соотношение холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к холестерину липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), усл. ед; 1.5 – соотношение холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к общему холестеролу (ОХС), %; 1.6 – общий белок (ОБ), г/л; 1.7 – соотношение общего холестерола (ОХС) к общему белку (ОБ), %; 1.8 – среднесуточный прирост массы тела A_{sp} , г/сут

Fig. 1. Data on the normality of distribution of biochemical parameters of broiler chickens based on the Shapiro – Wilk test: 1.1 – total cholesterol (TC), mmol/l; 1.2 – low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), mmol/l; 1.3 – atherogenic index (AI), conventional units; 1.4 – ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), conventional units; 1.5 – ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to total cholesterol (TC), %; 1.6 – total protein (TP), g/l; 1.7 – ratio of total cholesterol (TC) to total protein (TP), %; 1.8 – average daily body weight gain A_{sp} , g/day

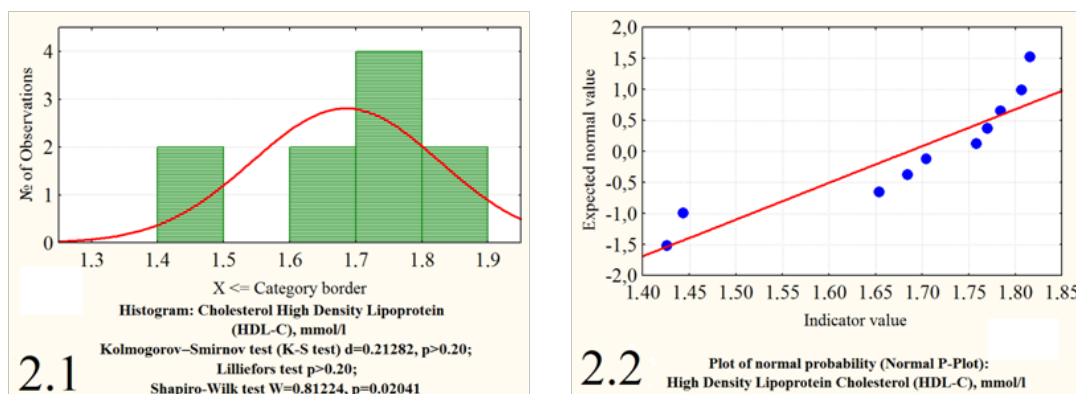


Рис. 2. Проверка нормальности распределения значений концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС-ЛПВП), ммоль/л, у бройлерных цыплят по результатам: 2.1 – тест Колмогорова – Смирнова, тест Лиллиефорса и тест Шапиро – Уилка; 2.2 – график нормальной вероятности
Fig. 2. Testing the normality of distribution of high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) concentration values, mmol/l in broiler chickens based on the results of: 2.1 – Kolmogorov – Smirnov test, Lilliefors test and Shapiro – Wilk test; 2.2 – normal probability plot

Таблица 1

Индекс атерогенности, соотношения холестерина липопротеинов низкой и высокой плотности, общего холестерина и белка цыплят-бройлеров кросса Hubbard ISA F15 ($n = 10$), $\bar{X} \pm SEM$

| Показатель | Возраст, сутки | | | |
|---------------------------|----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 7 | 23 | 42 |
| ОХС, ммоль/л | 8,67 ± 0,57 | 3,14 ± 0,25*** | 4,65 ± 0,32** | 4,84 ± 0,14 |
| ОБ, г/л | 58,90 ± 0,77 | 61,90 ± 0,46*** | 67,20 ± 0,57*** | 75,10 ± 1,38*** |
| ХС-ЛПВП, ммоль/л | 1,79 ± 0,04 | 1,17 ± 0,03 ^a | 1,36 ± 0,05 | 1,69 ± 0,04 |
| ХС-ЛПНП, ммоль/л | 5,68 ± 0,27 | 1,39 ± 0,28*** | 1,81 ± 0,16 | 2,32 ± 0,13** |
| ИА, усл. ед. | 3,92 ± 0,42 | 1,71 ± 0,22*** | 2,53 ± 0,37 | 1,90 ± 0,15 |
| ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП, усл. ед. | 3,17 ± 0,09 | 1,18 ± 0,22*** | 1,34 ± 0,10 | 1,39 ± 0,10 |
| (ОХС/ОБ) × 100 %, % | 14,73 ± 0,95 | 5,09 ± 0,42*** | 6,94 ± 0,51* | 6,48 ± 0,26 |
| (ХС-ЛПНП/ОХС) × 100 %, % | 68,98 ± 6,36 | 43,72 ± 7,51* | 40,17 ± 4,08 | 47,60 ± 1,58 |
| A_{ssp} , г/сут | – | 16,37 ± 0,21 | 49,98 ± 0,11*** | 79,28 ± 1,05*** |

Примечание. *, **, *** уровни значимости различий средних значений показателей статистически значимы по t-критерию в парном сравнении цыплят в возрасте: 1 и 7 суток, 7 и 23 суток, 23 и 42 суток соответственно при $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$. ^a($p = 0,004427$) – уровень значимости различий средних значений показателей статистически значим по знаковому тесту (Sign Test) в парном сравнении цыплят в возрасте: 1 и 7 суток, 7 и 23 суток, 23 и 42 суток.

Table 1

Atherogenicity index, ratio of low- and high-density lipoprotein cholesterol, total cholesterol and protein in Hubbard ISA F15 broiler chickens ($n = 10$), $\bar{X} \pm SEM$

| Indicator | Age, days | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 7 | 23 | 42 |
| TC, mmol/l | 8.67 ± 0.57 | 3.14 ± 0.25*** | 4.65 ± 0.32** | 4.84 ± 0.14 |
| TP, g/l | 58.90 ± 0.77 | 61.90 ± 0.46*** | 67.20 ± 0.57*** | 75.10 ± 1.38*** |
| HDL-C, mmol/l | 1.79 ± 0.04 | 1.17 ± 0.03 ^a | 1.36 ± 0.05 | 1.69 ± 0.04 |
| LDL-C, mmol/l | 5.68 ± 0.27 | 1.39 ± 0.28*** | 1.81 ± 0.16 | 2.32 ± 0.13** |
| AI, conventional units | 3.92 ± 0.42 | 1.71 ± 0.22*** | 2.53 ± 0.37 | 1.90 ± 0.15 |
| LDL-C/HDL-C, conventional units | 3.17 ± 0.09 | 1.18 ± 0.22*** | 1.34 ± 0.10 | 1.39 ± 0.10 |
| (TC/TP) × 100 %, % | 14.73 ± 0.95 | 5.09 ± 0.42*** | 6.94 ± 0.51* | 6.48 ± 0.26 |
| (LDL-C/TC) × 100 %, % | 68.98 ± 6.36 | 43.72 ± 7.51* | 40.17 ± 4.08 | 47.60 ± 1.58 |
| A_{ssp} , g/day | – | 16.37 ± 0.21 | 49.98 ± 0.11*** | 79.28 ± 1.05*** |

Note. *, **, *** the levels of significance of differences in the mean values of the indicators are statistically significant according to the t-test in paired comparison of chickens aged: 1 and 7 days, 7 and 23 days, 23 and 42 days, respectively, at $p \leq 0.05$; $p \leq 0.01$; $p \leq 0.001$. ^a($p = 0.004427$) – the level of significance of differences in the mean values of the indicators is statistically significant according to the Sign Test in paired comparison of chickens aged: 1 and 7 days, 7 days and 23 days, 23 and 42 days.

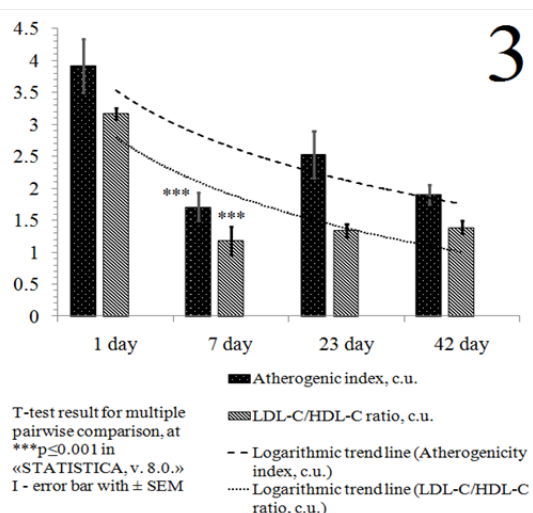


Рис. 3. Значения индекса атерогенности и соотношения холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к холестерину липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛПВП) (в условных единицах) в периферической крови цыплят-бройлеров в раннем постэмбриональном онтогенезе. SEM – стандартная ошибка среднего

Fig. 3. The values of the atherogenic index and the ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) (in conventional units) in the peripheral blood of broiler chickens in early postembryonic ontogenesis. SEM – standard error of the mean

Совместное применение теста Шапиро – Уилка с расчетом графика нормальной вероятности распределения величин имело доказанное преимущество в эффективности по сравнению с использованием тестов Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса для проверки распределения случайных величин концентраций ХС-ЛПВП (ммоль/л) в экспериментальных выборках возрастных групп цыплят-бройлеров на соответствие закону Гаусса о нормальном распределении случайных величин в генеральной совокупности.

Чем выше ИА, тем выше потенциал возникновения атеросклероза и распространенность сердечно-сосудистых болезней [31]. Повышение уровня ХС-ЛПНП в пуле общего холестерина также может непосредственно приводить к повреждению эндотелия сосудов, способствуя проникновению ХС-ЛПНП в эндотелий с образованием атеросклеротических бляшек на стенке артерий и формированию тромба, в то время как ХС-ЛПВП может укреплять окружающие ткани артериальной стенки, предотвращая отложение холестерина в артериальной стенке и способствуя восстановлению поврежденной эндотелиальной мембраны. С другой стороны, низкий уровень ХС-ЛПВП не позволяет эффективно выводить холестерин, что может привести к раннему развитию атеросклероза. Повышение уровня соотношения ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП является фактором риска развития коронарного атеросклероза [36].

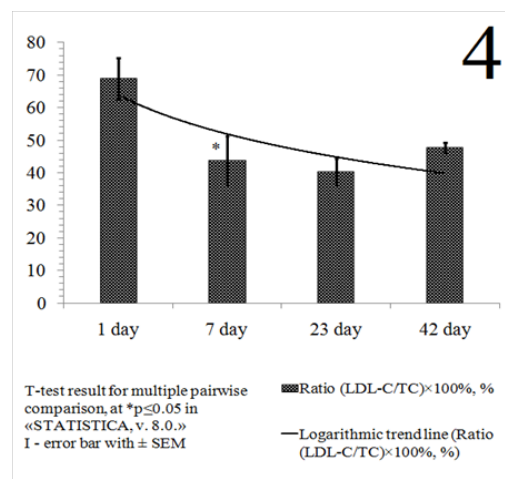


Рис. 4. Соотношение холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) к общему холестерину (ОХ) (в %) в периферической крови цыплят-бройлеров в раннем постэмбриональном онтогенезе. SEM – стандартная ошибка среднего

Fig. 4. The ratio of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to total cholesterol (TC) (in %) in the peripheral blood of broiler chickens in early postembryonic ontogenesis. SEM – standard error of the mean

К 7-суточному возрасту бройлерных кур ИА достоверно снижался на 56,38 % ($p \leq 0,001$), соотношение ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП достоверно снижалось на 62,78 % ($p \leq 0,001$) (таблица 1, рис. 3).

В 23- и 42-суточном возрасте цыплят-бройлеров стабилизировалась клинически нормальная [34] не повышенная динамика ИА и ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП. Так, хотя к 23-суточному возрасту по сравнению с 7-суточным периодом величина ИА повышалась на 47,95 %, ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП повышалось на 13,55 %, разница не была достоверной (таблица 1, рис. 3).

Соотношение ХС-ЛПНП/ОХ к 7-суточному возрасту достоверно снижалось на 36,62 % ($p \leq 0,05$) и стабилизировалось без достоверного изменения в периоде 23–42 суток по отношению к возрасту 7 суток в пределах 31,0–41,77 % (таблица 1, рис. 4).

Также предлагают использовать амарантовый и цитрусовый пектины для производства низкохолестериновой продукции птицеводства [55]. При введении рыбьего жира и порошка зеленого чая в рацион бройлерных кур, регистрировалось существенное снижение уровня соотношения ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП, это было связано со значительным снижением концентрации ХС-ЛПНП в плазме крови [58]. Включение в рацион цыплят-бройлеров *Lactobacillus casei* и рыбьего жира способствовало снижению ОХ и ХС-ЛПНП и повышению концентрации ХС-ЛПВП [48].

Однако, по данным [1; 61], современная селекция по живой массе у цыплят мясного типа оказывает сильное влияние на фенотип, обусловленный абдоминальной жирностью и массой тела. На протяжении ювенильного развития висцеральный жир

цыплят-бройлеров сверхэкспрессирует несколько факторов транскрипции, которые способствуют липогенезу и адипогенезу [1]. Эти регуляторы транскрипции ответственны за повышенную регуляцию биосинтеза жирных кислот, холестерина и триглицеридов [1].

Отмечено [1], что жировая ткань за счет гормональной продукции может регулировать скорость роста скелетных мышц в организме бройлерной птицы.

Динамика соотношения ОХС/ОБ соответствовала среднесуточному приросту массы тела, конституциональным особенностям и адаптационным реакциям функциональных систем, в том числе скелетной мускулатуры бройлерной птицы [54] (таблица 1, рис. 5).

Соотношение ОХС/ОБ к 7-суточному возрасту бройлерных цыплят достоверно снижалось на 65,45 % ($p \leq 0,001$), далее к 23-суточному возрасту ОХС/ОБ сравнительно немного повышалось на 36,34 % ($p \leq 0,05$), достоверного изменения ОХС/ОБ к 42-суточному периоду не регистрировалось (таблица 1, рис. 5).

Проводилась оценка роли потребления продуктов птицеводства, обогащенных омега-3 жирными кислотами в изменениях биохимических, сердечно-сосудистых показателей и развитии антропометрических параметров у человека [67]. Было установлено, что потребление продуктов птицеводства с добавками омега-3 приводило к повышению концентрации ХС-ЛПВП и снижению ИА, в итоге – к улучшению общего состояния здоровья у испытуемой популяции [67].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По итогам сравнения критериев нормальности распределения ХС-ЛПВП (ммоль/л) у бройлерных кур Hubbard ISA F15 по тесту Колмогорова – Смирнова уровень значимости составил более двух десятых: $p > 0,20$, $d = 0,21282$. Аналогично по тесту Лиллиефорса уровень значимости концентраций ХС-ЛПВП $p > 0,20$. Поэтому по данным критериям гипотеза о нормальности распределения подтверждается.

При этом по результатам теста Шапиро – Уилка концентрация ХС-ЛПВП имела уровень значимости $p = 0,02041$, $W = 0,81224$. Также по графику нормальной вероятности распределения величин установлены системные отклонения от теоретической прямой нормального распределения значений ХС-ЛПВП.

Следовательно, совокупное применение теста Шапиро – Уилка с расчетом графика нормальной вероятности распределения величин получило доказанное преимущество в эффективности по сравнению с использованием тестов Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса для проверки распределения концентрации ХС-ЛПВП (ммоль/л) у цыплят-бройлеров Hubbard ISA F15 на соответ-

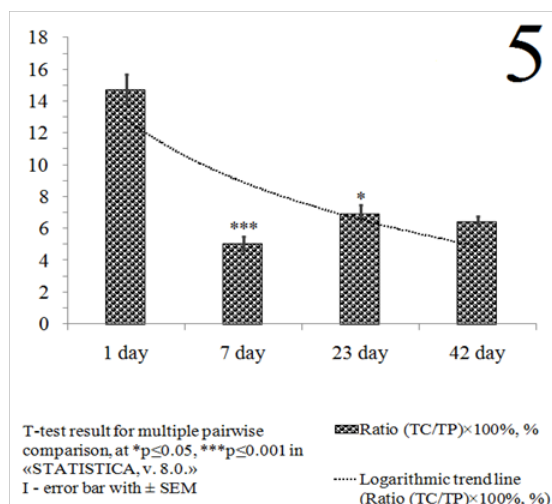


Рис. 5. Значения соотношения общего холестерина (ОХ) к общему белку (ОБ) (в %) в периферической крови цыплят-бройлеров в раннем постэмбриональном онтогенезе. SEM – стандартная ошибка среднего
Fig. 5. Values of the ratio of total cholesterol (TC) to total protein (TP) (in %) in the peripheral blood of broiler chickens in early postembryonic ontogenesis. SEM – standard error of the mean

ствии закону Гаусса о нормальном распределении величин.

К 7-суточному возрасту бройлерных кур Hubbard ISA F15 ИА достоверно снижался на 56,38 % ($p \leq 0,001$), соотношение ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП достоверно снижалось на 62,78 % ($p \leq 0,001$). В 23- и 42-суточном возрастном периоде стабилизировалась физиологическая динамика ИА и ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП. Так, хотя к 23-суточному возрасту по сравнению с 7-суточным периодом величина ИА повышалась на 47,95 %, ХС-ЛПНП/ХС-ЛПВП повышалось на 13,55 %, разница не была достоверной. Соотношение ХС-ЛПНП/ОХС к 7-суточному возрасту достоверно снижалось на 36,62 % ($p \leq 0,05$) и стабилизировалось без достоверного изменения в периоде 23–42 суток по отношению к возрасту 7 суток в пределах 31,0–41,77 %.

Динамика ОХС/ОБ соответствовала среднесуточному приросту массы тела и физиологическим особенностям бройлерной птицы; ОХС/ОБ к 7-суточному возрасту достоверно снижалось на 65,45 % ($p \leq 0,001$). Далее к 23-суточному возрасту ОХС/ОБ немного повышалось на 36,34 % ($p \leq 0,05$). Достоверного изменения ОХС/ОБ к 42-суточному периоду не регистрировалось.

Таким образом, динамика индекса атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка в раннем постэмбриональном периоде бройлерных кур, то есть в технологическом периоде производства мяса птицы, показала тенденцию к стабилизации эффективной концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности, умеренной концентрации холестерина липопротеинов низкой плотности в процессе интенсивного роста и развития скелетной мускулатуры.

Библиографический список

1. Resnyk C. W., Carré W., Wang X., Porter T. E., Simon J., Le Bihan-Duval E., Duclos M. J., Aggrey S. E., Cogburn L. A. Transcriptional analysis of abdominal fat in chickens divergently selected on bodyweight at two ages reveals novel mechanisms controlling adiposity: validating visceral adipose tissue as a dynamic endocrine and metabolic organ // *BMC Genomics*. 2017. No. 18. Article number 626. DOI: 10.1186/s12864-017-4035-5.
2. Idoko A. S., Zaharaddeen A., Imam N. U., Nura S., Abdulazeez B., Sunday H., Ugwu K. U., Olaiya H. A. Physicochemical Assessment of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with a Mixture of Ginger, Garlic and Cinnamon // *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2020. No. 24 (5). Pp. 809–814. DOI: 10.4314/jasem.v24i5.12.
3. Okuskhonova E., Rebezov M., Yessimbekov Z., Suychinov A., Semenova N., Rebezov Y., Gorelik O., Zinina O. Study of Water Binding Capacity, pH, Chemical Composition and Microstructure of Livestock Meat and Poultry // *Annual Research & Review in Biology*. 2017. No. 14 (3). Pp. 1–7. DOI: 10.9734/ARRB/2017/34413.
4. Белооков А. А., Белоокова О. В., Стволос С. С., Гриценко С. А., Ребезов М. Б., Зяблицева М. А. Оценка мясных качеств помесного молодняка свиней разной селекции // *Аграрная наука*. 2023. № 4. С. 70–74. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74.
5. Makhonina V. N., Agafonychev V. P. The scientific approach of determination poultry grade and poultry products // *Theory and practice of meat processing*. 2017. No. 2 (4). Pp. 114–128. DOI: 10.21323/2414-438X-2017-2-4-114-128.
6. Kabdylzhar B. K., Kakimov A. K., Yessimbekov Zh. S., Gurinovich G. V., Suychinov A. K. Research of compositions of amino acids, fatty acids and minerals in meat pate with addition of meat-and-bone paste // *Theory and practice of meat processing*. 2022. No. 7 (1). Pp. 66–72. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-1-66-72.
7. Гриценко С. А., Белоокова О. В., Ребезов М. Б., Видякин Ю. Ю. Показатели убоя и химического состава мяса товарного молодняка мясной птицы в зависимости от живой массы в суточном возрасте // *Аграрная наука*. 2023. № 11. С. 82–87. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87.
8. Бакаева Л. Н., Топурия Г. М., Топурия Л. Ю., Полькин В. В., Ребезов М. Б. Химический состав и биологическая ценность мяса цыплят-бройлеров при применении селеносодержащей кормовой добавки // *Вестник АПК Ставрополя*. 2015. № S1. С. 189–192.
9. Attia Y. A., Al-Harhi M. A., Korish M. A., Shiboob M. M. Fatty acid and cholesterol profiles, hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of broiler meat in the retail market // *Lipids in Health and Disease*. 2017. No. 16. Article number 40. Pp. 1–11. DOI: 10.1186/s12944-017-0423-8.
10. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Galimov D., Khayrullin M., Burkov P. Physicochemical, Functional, and Technological Properties of Protein Hydrolysates Obtained by Microbial Fermentation of Broiler Chicken Gizzards // *Fermentation*. 2022. No. 8. Article number 317. DOI: 10.3390/fermentation8070317.
11. Фан В. К., Ватников Ю. А., Ленченко Е. М. Динамика гематологических, биохимических, иммунологических изменений при болезнях органов пищеварения перепелов // *Аграрная наука*. 2021. № 346 (3). С. 21–25. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-346-3-21-25.
12. Фисинин В. И., Салеева И. П., Лукашенко В. С., Волик В. Г., Исмаилова Д. Ю., Журавчук Е. В., Овсейчик Е. А. Аминокислотный и жирнокислотный состав мяса при различных способах и сроках выращивания цыплят-бройлеров // *Аграрная наука*. 2018. № 3. С. 32–36.
13. Ребезов Я. М., Горелик О. В., Ребезов М. Б., Харлап С. Ю. Химический состав мяса индеек разных породных групп // *Обеспечение технологического суверенитета АПК: подходы, проблемы, решения: сборник статей Международной научно-методической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук*. Екатеринбург, 2023 С. 193–195.
14. Wu X. L., Zou X. Y., Zhang M., Hu H. Q., Wei X. L., Jin M. L., Cheng H. W., Jiang S. Osteocalcin prevents insulin resistance, hepatic inflammation, and activates autophagy associated with high-fat diet-induced fatty liver hemorrhagic syndrome in aged laying hens // *Poultry Science*. 2021. No. 100 (1). Pp. 73–83. DOI: 10.1016/j.psj.2020.10.022.
15. Комарова Н. К., Рахимжанова И. А., Кошкин И. П., Быкова О. А., Ребезов М. Б., Седых Т. А. Энергетическая ценность, йодное число и температура плавления жировой ткани туши баранчиков романовской породы и ее помесей разных поколений с эдильбаевской // *Мичуринский агрономический вестник*. 2023. № 2. С. 12–15.
16. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov Kh., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat // *III International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-III-2024): conference proceedings*. Karshi, 2024. Article number 1013. DOI: 10.1051/bioconf/20249501013.

17. Фисинин В. И., Салеева И. П., Лукашенко В. С., Волик В. Г., Исмаилова Д. Ю., Журавчук Е. В., Овсейчик Е. А. Аминокислотный и жирнокислотный состав мяса при различных способах и сроках выращивания цыплят-бройлеров // Аграрная наука. 2018. № 3. С. 32–36.
18. Кудинов С. А., Хохлов М. И., Кощаев И. А. Кальциевые соли жирных кислот в кормлении цыплят-бройлеров: влияние на продуктивность и сохранность // Аграрная наука. 2023. № 6. С. 65–70. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-371-6-65-70.
19. Ганиева Е. С., Канарейкина С. Г., Хабирова Ф. А., Канарейкин В. И. Сравнительный анализ биологической и пищевой ценности молока разных сельскохозяйственных животных // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (57). С. 49–55. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-49-55.
20. Karkh D., Abbazova V. The value of nutrition rationalization and its impact on ensuring the quality of life of the population // BIO Web of Conferences. 2023. Vol. 76. Article number 05003. DOI: 10.1051/bioconf/20237605003.
21. Surkhaeva Z. Z., Ibumaskhudova P. M., Magomedova U. A., Suleimanova R. G., Rabadanova P. M., Bagandova D. Sh., Aminova A. A., Esedova A. E., Magdieva A. S. Evaluation of the actual nutrition of preschool children // Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology. 2023. Vol. 30. No. 8. Pp. 450–458. DOI: 10.47750/jptcp.2023.30.08.048.
22. Миронова И. В., Галиева З. А., Ребезов М. Б., Мотавина Л. И., Смольникова Ф. Х. Основы лечебно-профилактического питания. Алматы: Международное агентство печати, 2015. 109 с.
23. Gavrilova N., Chernopolskaya N., Rebezov M., Schetinina E., Dogareva N., Likhodeevskaya O., Knysh I., Sanova Z. Specialized sports nutrition foods: Review // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Vol. 12, No. 2. Pp. 998–1003. DOI: 10.31838/IJPR/2020.12.02.0152.
24. Жукова А. Ю. Функциональное и специализированное питание – ключ к улучшению здоровья населения // Все о мясе. 2017. № 6. С. 32–33.
25. Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Хайруллин М. Ф., Альхамова Г. К., Лукин А. А. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания // Пищевая промышленность. 2011. № 5. С. 13–15.
26. Асенова Б. К., Амирханов К. Ж., Ребезов М. Б. Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства. 2013. № 1. С. 313–316.
27. Kolberg N. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Kudryashov L. S. Effect of peptides from the bursa of Fabricius in broiler chickens on the functional activity of subpopulations of lymphocytes in immunosuppressed mice // Theory and Practice of Meat Processing. 2022. No. 7 (2). Pp. 83–90. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-2-83-90.
28. Abdullaev K., Juraev B., Khabibova G. Food quality and safety control as an important factor of physical development // E3S Web of Conferences. Vol. 460. EDP Sciences, 2023. Article number 11001. DOI: 10.1051/e3sconf/202346011001.
29. Semenov E. V., Nikitin I. A., Lobanov E. Y., Terentyev S. E., Avtuyhova O. V. An assessment of a nutritionally appropriate diet for adolescents' nutrition // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Yekaterinburg, 2022. Article number 012060. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012060.
30. Ажунова Т. А., Лемза С. В. Влияние многокомпонентного растительного средства на течение экспериментальной дислипидотеидемии // Acta Biomedica Scientifica (Бюллетень ВСНЦ СО РАМН). 2015. № 2 (102). С. 66–69.
31. Sa'adah N. N., Purwani K. I., Nurhayati A. P. D., Ashuri N. M. Analysis of Lipid Profile and Atherogenic Index in Hyperlipidemic Rat (*Rattus norvegicus Berkenhout*, 1769) that Given The Methanolic Extract of Parijoto (*Medinilla speciosa*) // Proceeding of International Biology Conference. 2017. No. 1854 (1). Article number 020031. DOI: 10.1063/1.4985422.
32. Asghar M. U., Rahman A., Hayat Z., Rafique M. K., Badar I. H., Yar M. K., Ijaz M. Exploration of Zingiber officinale effects on growth performance, immunity and gut morphology in broilers // Brazilian Journal of Biology. 2021. No. 83. Article number e250296. DOI: 10.1590/1519-6984.250296.
33. Велибеков Р. Т., Михайлов А. А. Характеристика липидного обмена у военнослужащих-мужчин контрактной службы // Известия Российской военно-медицинской академии. 2022. № 41 (S2). С. 94–98.
34. Dal Bosco A., Cartoni Mancinelli A., Vaudo G., Cavallo M., Castellini C., Mattioli S. Indexing of Fatty Acids in Poultry Meat for Its Characterization in Healthy Human Nutrition: A Comprehensive Application of the Scientific Literature and New Proposals // Nutrients. 2022. No. 14 (3110). Pp. 3–18. DOI: 10.3390/nu14153110.
35. Da Silva A., Cabrera M. C., Saadoun A. Atherogenic, thrombogenic and hyper/hypo cholesterolemic indices in meat of chickens fed chia (*Salvia hispanica*) seeds // Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2021. No. 71 (1). Article number 158. DOI: 10.37527/2021.71.S1.

36. Sun T., Chen M., Shen H., Yin P., Fan L., Chen X., Wu J., Xu Z., Zhang J. Predictive value of LDL/HDL ratio in coronary atherosclerotic heart disease // *BMC Cardiovascular Disorders*. 2022. No. 22. Article number 273. DOI: 10.1186/s12872-022-02706-6.
37. Мифтахутдинов А. В., Аминева Э. М., Колобкова Н. М., Колобков Д. М. Адаптационные механизмы и особенности липидного обмена у кур с разной устойчивостью к стрессам // *Аграрная наука*. 2018. № 10. С. 15–19. DOI: 10.3263/0869-8155-2018-319-10-15-19.
38. Miftakhutdinov E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Timakova R. T. An effect of anti-stress feed additives on broiler productivity and meat quality // *Theory and practice of meat processing*. 2020. No. 5 (2). Pp. 4–11. DOI: 10.21323/2414-438X-2020-5-2-4-11.
39. Nasr M. A. F., Alkheadaide A. Q., Ramadan A. A. I., Hafez A. S. E., Hussein M. A. Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds // *Poultry Science*. 2020. No. 100 (11). Article number 101442. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101442
40. Rahnama M., Bouyeh M., Kadim I., Seidavi A., Elghandour M. M. M. Y., Reddy P. R. K., Monroy J. C., Salem A. Effect of dietary inclusion of lecithin with choline on physiological stress of serum cholesterol fractions and enzymes, abdominal fat, growth performance, and mortality parameters of broiler chickens // *Animal Biotechnology*. 2020. No. 31 (6). Pp. 483–490. DOI: 10.1080/10495398.2019.1622557
41. Di Taranto M. D., de Falco R., Guardamagna O., Massini G., Giacobbe C., Auricchio R., Malamisura B., Proto M., Palma D., Greco L., Fortunato G. Lipid profile and genetic status in a familial hypercholesterolemia pediatric population: exploring the LDL/HDL ratio // *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. 2019. No. 57 (7). Pp. 1102–1110. DOI: 10.1515/cclm-2018-1037.
42. Харлап С. Ю., Лоретц О. Г., Горелик О. В., Ребезов М. Б., Максимюк Н. Н. Изменение лейкоцитарных индексов при оценке воздействия стресс-фактора // *Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых*. Иркутск, 2017. С. 419–429.
43. Gorelik O., Harlap S., Lopaeva N., Bezhinar T., Kosilov V., Burkov P., Ivanova I., Gritsenko S., Dolmatova I., Tsareva O., Safronov S., Ali Shariati M., Rebezov M. Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. No. 2. Pp. 264–267.
44. Gorelik O., Harlap S., Derkho M., Dolmatova I., Eliseenkova M., Vinogradova N., Knysh I., Ermolov S., Burkov P., Lopaeva N., Bezhinar T., Ali Shariati M., Rebezov M. Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10. No. 2. Pp. 260–263.
45. Virden W. S., Kidd M. T. Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses // *Journal of Applied Poultry Research*. 2009. No. 18 (2). Pp. 338–347. DOI: 10.3382/japr.2007-00093.
46. Wasti S., Sah N., Mishra B. Impact of Heat Stress on Poultry Health and Performances, and Potential Mitigation Strategies // *Animals (Basel)*. 2020. No. 10 (8). Article number 1266. DOI: 10.3390/ani10081266.
47. Kolesnik E. A., Derkho M. A. To the Problem of Physiological Adaptive Homeostasis In the Model of the Organism of Warm-Blooded Animals (a review) // *Bulletin of Chelyabinsk State University. Education and Healthcare*. 2020. No. 4 (12). Pp. 15–30. DOI: 10.6084/m9.figshare.16866820.v2.
48. Yulianto A. B., Lokapirnasari W. P., Najwan R., Wardhani H. C. P., Rahman N. F. N., Huda K., Ulfah N. Influence of *Lactobacillus casei* WB 315 and crude fish oil (CFO) on growth performance, EPA, DHA, HDL, LDL, cholesterol of meat broiler chickens // *Iranian Journal of Microbiology*. 2020. No. 12 (2). Pp. 148–155.
49. Obajuluwa O. V., Sanwo K. A., Egbeyale L. T., Fafolu A. O. Performance, blood profile and gut morphology of broiler chickens fed diets supplemented with Yohimbe (*Pausynistalia yohimbe*) and Larvacide // *Veterinary and Animal Science*. 2020. No. 10. Article number 100127. DOI: 10.1016/j.vas.2020.100127.
50. Симоненко Е. С., Купаева Н. В., Симоненко С. В., Мануйлов Б. М. Изучение функциональных свойств кисломолочного продукта на основе кобыльего молока // *Пищевые системы*. 2022. № 5 (1). С. 114–120. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-114-120.
51. Mir N. A., Tyagi P. K., Biswas A. K., Tyagi P. K., Mandal A. B., Kumar F., Sharma D., Biswas A., Verma A. K. Inclusion of flaxseed, broken rice and distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler chicken ration alters the fatty acid profile, oxidative stability and other functional properties of meat // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2018. Article number 1700470. DOI: 10.1002/ejlt.201700470.
52. Javid S. F., Moravej H., Ghaffarzadeh M., Esfahani M. B. Comparison of Zinc Sulfate and Zinc Threonine Based on Zn Bioavailability and Performance of Broiler Chicks // *Biological Trace Element Research*. 2020. No. 199 (6). Pp. 2303–2311. DOI: 10.1007/s12011-020-02354-x.
53. Zhang B., Hao J., Yin H., Duan C., Wang B., Li W. Effects of dietary nicotinic acid supplementation on meat quality, carcass characteristics, lipid metabolism, and tibia parameters of Wulong geese // *Poultry Science*. 2021. No. 100 (11). Article number 101430. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101430.

54. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Involvement of cholesterol, progesterone, cortisol and lipoproteins in metabolic changes during early ontogenesis of broiler chicks of an industrial cross // *Agricultural biology (Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya)*. 2017. No. 52 (4). Pp. 749–756. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.749eng.
55. Хасина Э. И., Кривоногова А. С. Гиполипидемический эффект зостерина – пектина из морской травы зостеры // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. № 45 (6). С. 71–75.
56. Кудаева И. В., Дьякович О. А., Маснавиева Л. Б., Дьякович М. П., Шаяхметов С. Ф. Прогнозирование значений индекса атерогенности у работающих при воздействии ртути // *Медицина труда и промышленная экология*. 2017. № 10. С. 34–38.
57. Olarotimi O. J. Quality parameters, lipids and antioxidant profiles of eggs from hens fed diets with varied inclusions of monosodium glutamate // *Journal of Poultry Research*. 2021. No. 18 (1). Pp. 5–12. DOI: 10.34233/jpr.813355.
58. Alimohammadi Saraei M. H., Seidavi A. R., Dadashbeiki M., Edens F. W. Response of plasma constituents and body measurement in broiler chickens fed fish oil and green tea powder // *Archivos de Medicina Veterinaria*. 2016. No. 48 (1). Pp. 61–68. DOI: 10.4067/S0301-732X2016000100008.
59. Pornanek P., Phoemchalard C. Feed added curcumin with increased solubility on plasma lipoprotein, meat quality, and fat content in broiler chicks // *Tropical Animal Health and Production*. 2020. No. 52 (2). Pp. 647–652. DOI: 10.1007/s11250-019-02052-4.
60. Tan B. K., Foo H. L., Loh T. C., Norhani A., Zulkifli I. Purification and Characterization of Very Low Density Lipoprotein in Commercial Broiler and Crossbred Village Chickens by Fast Protein Liquid Chromatography // *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005. No. 18 (12). Pp. 1780–1785. DOI: 10.5713/ajas.2005.1780.
61. Zhang H. L., Xu Z. Q., Yang L. L., Wang Y. X., Li Y. M., Dong J. Q., Zhang X. Y., Jiang X. Y., Jiang X. F., Li. H., Zhang D. X., Zhang H. Genetic parameters for the prediction of abdominal fat traits using blood biochemical parameters in broilers // *British Poultry Science*. 2017. No. 59 (1). Pp. 28–33. DOI: 10.1080/00071668.2017.1379052.
62. Dev K., Begum J., Biswas A., Mir N. A., Singh J., Prakash R., Sonowal J., Bharali K., Tomar S., Kant R., Ahlawat N. Hepatic transcriptome analysis reveals altered lipid metabolism and consequent health indices in chicken supplemented with dietary *Bifidobacterium bifidum* and mannan-oligosaccharides // *Scientific Reports*. 2021. No. 11 (1). Article number 17895. DOI: 10.1038/s41598-021-97467-1.
63. Razali N. M., Wah Y. B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests // *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2011. No. 2 (1). Pp. 21–33.
64. Wandji Tanguet E. D., Njamen Njomen D. A. Kolmogorov-Smirnov APF Test for Inhomogeneous Poisson Processes with Shift Parameter // *Applied Mathematics*. 2021. No. 12. Pp. 322–335. DOI: 10.4236/am.2021.124023.
65. Corder G. W., Foreman D. I. *Nonparametric statistics: a step-by-step approach*. 2nd edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2014. 288 p.
66. Sherwani R. A. K., Shakeel H., Saleem M., Awan W. B., Aslam M., Farooq M. A new neutrosophic sign test: An application to COVID-19 data // *PLOS One*. 2021. No. 16 (8). Article number e0255671. DOI: 10.1371/journal.pone.0255671.
67. Arias-Rico J., Cerón-Sandoval M. I., Sandoval-Gallegos E. M., Ramírez-Moreno E., Fernández-Cortés T., Jaimez, J., Lopez, E., Añorve M. J. Evaluation of Consumption of Poultry Products Enriched with Omega-3 Fatty Acids in Anthropometric, Biochemical, and Cardiovascular Parameters // *Journal of Food Quality*. 2018. Article number 9620104. DOI: 10.1155/2018/9620104.

Об авторах:

Евгений Анатольевич Колесник, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, экологии человека и медико-биологических знаний, Государственный университет просвещения, Москва, Россия; ORCID 0000-0002-2326-651X, AuthorID 791884. *E-mail: evgeniy251082@mail.ru*

Марина Аркадьевна Дерхо, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой естественно-научных дисциплин Института ветеринарной медицины, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0003-3818-0556, AuthorID 310613. *E-mail: derkho2010@yandex.ru*

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

Наталья Владимировна Мамылина, доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия; ORCID 0000-0002-5880-439X, AuthorID 377131.

E-mail: tamilyna71@mail.ru

References

1. Resnyk C. W., Carré W., Wang X., Porter T. E., Simon J., Le Bihan-Duval E., Duclos M. J., Aggrey S. E., Cogburn L. A. Transcriptional analysis of abdominal fat in chickens divergently selected on bodyweight at two ages reveals novel mechanisms controlling adiposity: validating visceral adipose tissue as a dynamic endocrine and metabolic organ. *BMC Genomics*. 2017; 18: 626. DOI: 10.1186/s12864-017-4035-5.
2. Idoko A. S., Zaharaddeen A., Imam N. U., Nura S., Abdulazeez B., Sunday H., Ugwu K. U., Olaiya H. A. Physicochemical Assessment of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with a Mixture of Ginger, Garlic and Cinnamon. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2020; 24 (5): 809–814. DOI: 10.4314/jasem.v24i5.12.
3. Okuskhanova E., Rebezov M., Yessimbekov Z., Suychinov A., Semenova N., Rebezov Y., Gorelik O., Zinina O. Study of Water Binding Capacity, pH, Chemical Composition and Microstructure of Livestock Meat and Poultry. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 14 (3): 1–7. DOI: 10.9734/ARRB/2017/34413.
4. Belookov A. A., Belookova O. V., Stvolov S. S., Gritsenko S. A., Rebezov M. B., Zyablitseva M. A. Evaluation of meat qualities of crossbred young pigs of different breeding. *Agrarian Science*. 2023; 4: 70–74. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74. (In Russ.)
5. Makhonina V. N., Agafonychev V. P. The scientific approach to determination poultry grade and poultry products. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2017; 2 (4): 114–128. DOI: 10.21323/2414-438X-2017-2-4-114-128.
6. Kabdylzhar B. K., Kakimov A. K., Yessimbekov Zh. S., Gurinovich G. V., Suychinov A. K. Research of compositions of amino acids, fatty acids and minerals in meat pate with the addition of meat-and-bone paste. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2022; 7 (1): 66–72. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-1-66-72.
7. Gritsenko S. A., Belookova O. V., Rebezov M. B., Vidyakin Yu. Yu. Slaughter indicators and chemical composition of meat of commercial young poultry depending on live weight at day old. *Agrarian Science*. 2023; 11: 82–87. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87. (In Russ.)
8. Bakaeva L. N., Topuria G. M., Topuria L. Yu., Polkin V. V., Rebezov M. B. Chemical composition and biological value of broiler chicken meat with the use of selenium-containing feed additive. *Agrarian Bulletin of Stavropol Region*. 2015; S1: 189–192. (In Russ.)
9. Attia Y. A., Al-Harhi M. A., Korish M. A., Shiboob M. M. Fatty acid and cholesterol profiles, hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of broiler meat in the retail market. *Lipids in Health and Disease*. 2017; 16. Article number 40: 1–11. DOI: 10.1186/s12944-017-0423-8.
10. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Galimov D., Khayrullin M., Burkov P. Physicochemical, Functional, and Technological Properties of Protein Hydrolysates Obtained by Microbial Fermentation of Broiler Chicken Gizzards. *Fermentation*. 2022; 8. 317. DOI: 10.3390/fermentation8070317.
11. Fan V. K., Vatnikov Yu. A., Lenchenko E. M. Dynamics of hematological, biochemical, immunological changes in diseases of the digestive organs of quails. *Agrarian Science*. 2021; 346 (3): 21–25. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-346-3-21-25. (In Russ.)
12. Fisinin V. I., Saleeva I. P., Lukashenko V. S., Volik V. G., Ismailova D. Yu., Zhuravchuk E. V., Ovseychik E. A. Amino acid and fatty acid content in meat after various techniques and periods of rearing broiler chickens. *Agrarian Science*. 2018; 3: 32–36. (In Russ.)
13. Rebezov Ya. M., Gorelik O. V., Rebezov M. B., Kharlap S. Yu. Chemical composition of meat of turkeys of different breed groups. *Ensuring technological sovereignty of the agro-industrial complex: approaches, problems, solutions: collection of articles of the International scientific and methodological conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences*. Ekaterinburg, 2023. Pp. 193–195. (In Russ.)
14. Wu X. L., Zou X. Y., Zhang M., Hu H. Q., Wei X. L., Jin M. L., Cheng H. W., Jiang S. Osteocalcin prevents insulin resistance, hepatic inflammation, and activates autophagy associated with high-fat diet-induced fatty liver hemorrhagic syndrome in aged laying hens. *Poultry Science*. 2021; 100 (1): 73–83. DOI: 10.1016/j.psj.2020.10.022.
15. Komarova N. K., Rakhimzhanova I. A., Koshkin I. P., Bykova O. A., Rebezov M. B., Sedykh T. A. Energy value, iodine number and melting point of carcass fat tissue of Romanov rams and its crosses of different generations with Edilbaevskaya. *Michurinsky Agronomic Bulletin*. 2023; 2: 12–15. (In Russ.)
16. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov Kh., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat. *III International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-III-2024): conference proceedings*. Karshi, 2024. Article number 1013. DOI: 10.1051/bioconf/20249501013.
17. Fisinin V. I., Saleeva I. P., Lukashenko V. S., Volik V. G., Ismailova D. Yu., Zhuravchuk E. V., Ovseychik E. A. Amino acid and fatty acid composition of meat under different methods and terms of growing broiler chickens. *Agrarian Science*. 2018; 3: 32–36. (In Russ.)

18. Kudinov S. A., Khokhlov M. I., Koshchaev I. A. Calcium salts of fatty acids in feeding broiler chickens: influence on productivity and survivability. *Agrarian Science*. 2023; 6: 65–70. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-371-6-65-70. (In Russ.)
19. Ganieva E. S., Kanareykina S. G., Khabirova F. A., Kanareykin V. I. Comparative analysis of the biological and nutritional value of milk of different farm animals. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2021; 1 (57): 49–55. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-57-1-49-55. (In Russ.)
20. Karkh D., Abbazova V. The value of nutrition rationalization and its impact on ensuring the quality of life of the population. *BIO Web of Conferences*. 2023; 76: 05003. DOI: 10.1051/bioconf/20237605003.
21. Surkhaeva Z. Z., Ibumaskhudova P. M., Magomedova U. A., Suleimanova R. G., Rabadanova P. M., Bagandova D. Sh., Aminova A. A., Esedova A. E., Magdieva A. S. Evaluation of the actual nutrition of preschool children. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*. 2023; 8: 450–458. DOI: 10.47750/jptcp.2023.30.08.048.
22. Mironova I. V., Galieva Z. A., Rebezov M. B., Motavina L. I., Smolnikova F. Kh. Fundamentals of therapeutic and prophylactic nutrition. Almaty: International Press Agency, 2015. 109 p. (In Russ.)
23. Gavrilova N., Chernopolskaya N., Rebezov M., Schetinina E., Dogareva N., Likhodeevskaya O., Knysh I., Sanova Z. Specialized sports nutrition foods: Review. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 2: 998–1003. DOI: 10.31838/IJPR/2020.12.02.0152.
24. Zhukova A. Yu. Functional and specialized Nutrition is the key to improving public health. *All about Meat*. 2017; 6: 32–33. (In Russ.)
25. Rebezov M. B., Naumova N. L., Khairullin M. F., Alkhamova G. K., Lukin A. A. Study of consumer attitudes towards fortified food products. *Food Industry*. 2011; 5: 13–15. (In Russ.)
26. Asenova B. K., Amirkhanov K. Zh., Rebezov M. B. Technology of production of functional food products for ecologically unfavorable regions. *Trade and Economic Problems of Regional Business Space*. 2013; 1: 313–316. (In Russ.)
27. Kolberg N. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Kudryashov L. S. Effect of peptides from the bursa of Fabricius in broiler chickens on the functional activity of subpopulations of lymphocytes in immunosuppressed mice. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2022; 7 (2): 83–90. DOI: 10.21323/2414-438X-2022-7-2-83-90.
28. Abdullaev K., Juraev B., Khabibova G. Food quality and safety control as an important factor of physical development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 460: 11001. DOI: 10.1051/e3sconf/202346011001.
29. Semenov E. V., Nikitin I. A., Lobanov E. Y., Terentyev S. E., Avtuyhova O. V. An assessment of a nutritionally appropriate diet for adolescents' nutrition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Yekaterinburg, 2022. Article number 012060. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012060.
30. Azhunova T. A., Lemza S. V. Effect of a multicomponent herbal remedy on the course of experimental dyslipoproteinemia. *Acta Biomedica Scientifica (Bulletin VSRC SB RAMS)*. 2015; 2 (102): 66–69. (In Russ.)
31. Sa'adah N. N., Purwani K. I., Nurhayati A. P. D., Ashuri N. M. Analysis of Lipid Profile and Atherogenic Index in Hyperlipidemic Rat (*Rattus norvegicus Berkenhout, 1769*) that Given The Methanolic Extract of Parijoto (*Medinilla speciosa*). *Proceeding of International Biology Conference*. 2017; 1854 (1): 020031. DOI: 10.1063/1.4985422.
32. Asghar M. U., Rahman A., Hayat Z., Rafique M. K., Badar I. H., Yar M. K., Ijaz M. Exploration of Zingiber officinale effects on growth performance, immunity and gut morphology in broilers. *Brazilian Journal of Biology*. 2021; 83: e250296. DOI: 10.1590/1519-6984.250296.
33. Velibekov R. T., Mikhailov A. A. Characteristics of lipid metabolism in male contract servicemen. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2022; 41 (S2): 94–98. (In Russ.)
34. Dal Bosco A., Cartoni Mancinelli A., Vaudo G., Cavallo M., Castellini C., Mattioli S. Indexing of Fatty Acids in Poultry Meat for Its Characterization in Healthy Human Nutrition: A Comprehensive Application of the Scientific Literature and New Proposals. *Nutrients*. 2022; 14 (3110): 3–18. DOI: 10.3390/nu14153110.
35. Da Silva A., Cabrera M. C., Saadoun A. Atherogenic, thrombogenic and hyper/hypo cholesterolemic indices in meat of chickens fed chia (*Salvia hispanica*) seeds. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2021; 71 (1): 158. DOI: 10.37527/2021.71.S1.
36. Sun T., Chen M., Shen H., Yin P., Fan L., Chen X., Wu J., Xu Z., Zhang J. Predictive value of LDL/HDL ratio in coronary atherosclerotic heart disease. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2022; 22: 273. DOI: 10.1186/s12872-022-02706-6.
37. Miftakhutdinov A. V., Amineva E. M., Kolobkova N. M., Kolobkov D. M. Adaptation mechanisms and features of lipid metabolism in chickens with different resistance to stress. *Agrarian Science*. 2018; 10: 15–19. DOI: 10.3263/0869-8155-2018-319-10-15-19. (In Russ.)

38. Miftakhutdinov E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Timakova R. T. An effect of anti-stress feed additives on broiler productivity and meat quality. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2020; 5 (2): 4–11. DOI: 10.21323/2414-438X-2020-5-2-4-11.
39. Nasr M. A. F., Alkheadaide A. Q., Ramadan A. A. I., Hafez A. S. E., Hussein M. A. Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poultry Science*. 2021; 100 (11): 101442. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101442
40. Rahnama M., Bouyeh M., Kadim I., Seidavi A., Elghandour M. M. M. Y., Reddy P. R. K., Monroy J. C., Salem A. Effect of dietary inclusion of lecithin with choline on physiological stress of serum cholesterol fractions and enzymes, abdominal fat, growth performance, and mortality parameters of broiler chickens. *Animal Biotechnology*. 2020; 31(6): 483–490. DOI: 10.1080/10495398.2019.1622557.
41. Di Taranto M. D., de Falco R., Guardamagna O., Massini G., Giacobbe C., Auricchio R., Malamisura B., Proto M., Palma D., Greco L., Fortunato G. Lipid profile and genetics status in a familial hypercholesterolemia pediatric population: exploring the LDL/HDL ratio. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. 2019; 57 (7): 1102–1110. DOI: 10.1515/cclm-2018-1037.
42. Kharlap S. Yu., Loretts O. G., Gorelik O. V., Rebezov M. B., Maksimyuk N. N. Changes in leukocyte indices when assessing the impact of a stress factor. *Current issues of biotechnology and veterinary medicine: Proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists*. Irkutsk, 2017. Pp. 419–429. (In Russ.)
43. Gorelik O., Harlap S., Lopaeva N., Bezhinar T., Kosilov V., Burkov P., Ivanova I., Gritsenko S., Dolmatova I., Tsareva O., Safronov S., Ali Shariati M., Rebezov M. Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 2: 264–267.
44. Gorelik O., Harlap S., Derkho M., Dolmatova I., Eliseenkova M., Vinogradova N., Knysht I., Ermolov S., Burkov P., Lopaeva N., Bezhinar T., Ali Shariati M., Rebezov M. Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 2: 260–263.
45. Virden W. S., Kidd M. T. Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses. *Journal of Applied Poultry Research*. 2009; 18 (2): 338–347. DOI: 10.3382/japr.2007-00093.
46. Wasti S., Sah N., Mishra B. Impact of Heat Stress on Poultry Health and Performance, and Potential Mitigation Strategies. *Animals (Basel)*. 2020; 10 (8): 1266. DOI: 10.3390/ani10081266.
47. Kolesnik E. A., Derkho M. A. To the Problem of Physiological Adaptive Homeostasis in the Model of the Organism of Warm-Blooded Animals (a review). *Bulletin of Chelyabinsk State University. Education and Health-care*. 2020; 4 (12): 15–30. DOI: 10.6084/m9.figshare.16866820.v2.
48. Yulianto A. B., Lokapirnasari W. P., Najwan R., Wardhani H. C. P., Rahman N. F. N., Huda K., Ulfah N. Influence of *Lactobacillus casei* WB 315 and crude fish oil (CFO) on growth performance, EPA, DHA, HDL, LDL, cholesterol of meat broiler chickens. *Iranian Journal of Microbiology*. 2020; 12 (2): 148–155.
49. Obajuluwa O. V., Sanwo K. A., Egbeyale L. T., Fafolu A. O. Performance, blood profile and gut morphology of broiler chickens fed diets supplemented with Yohimbe (*Pausynistalia yohimbe*) and Larvacide. *Veterinary and Animal Science*. 2020; 10: 100127. DOI: 10.1016/j.vas.2020.100127.
50. Simonenko E. S., Kupaeva N. V., Simonenko S. V., Manuilov B. M. Study of the functional properties of a fermented milk product based on mare's milk milk. *Food Systems*. 2022; 5 (1): 114–120. DOI: 10.21323/2618-9771-2022-5-1-114-120.
51. Mir N.A., Tyagi P.K., Biswas A.K., Tyagi P.K., Mandal A.B., Kumar F., Sharma D., Biswas A., Verma A. K. Inclusion of flaxseed, broken rice and distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler chicken ration alters the fatty acid profile, oxidative stability and other functional properties of meat. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2018: 1700470. DOI: 10.1002/ejlt.201700470.
52. Javid S. F., Moravej H., Ghaffarzadeh M., Esfahani M. B. Comparison of Zinc Sulfate and Zinc Threonine Based on Zn Bioavailability and Performance of Broiler Chicks. *Biological Trace Element Research*. 2021; 199 (6): 2303–2311. DOI: 10.1007/s12011-020-02354-x.
53. Zhang B., Hao J., Yin H., Duan C., Wang B., Li W. Effects of dietary nicotinic acid supplementation on meat quality, carcass characteristics, lipid metabolism, and tibia parameters of Wulong geese. *Poultry Science*. 2021; 100 (11): 101430. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101430.
54. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Involvement of cholesterol, progesterone, cortisol and lipoproteins in metabolic changes during early ontogenesis of broiler chicks from an industrial cross. *Agricultural Biology*. 2017; 52 (4): 749–756. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.4.749eng.
55. Khasina E. I., Krivonogova A. S. Hypolipidemic effect of zosterin – pectin from sea grass zosteres. *Agricultural Biology*. 2010; 45 (6): 71–75. (In Russ.)

56. Kudayeva I. V., Dyakovich O. A., Masnavieva L. B., Dyakovich M. P., Shayakhmetov S. F. Prediction of atherogenicity index values in workers exposed to mercury. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 2017; 10: 34–38. (In Russ.)
57. Olarotimi O. J. Quality parameters, lipids and antioxidant profiles of eggs from hens fed diets with varied inclusions of monosodium glutamate. *Journal of Poultry Research*. 2021; 18 (1): 5–12. DOI: 10.34233/jpr.813355.
58. Alimohammadi Saraei M. H., Seidavi A. R., Dadashbeiki M., Edens F. W. Response of plasma constituents and body measurement in broiler chickens fed fish oil and green tea powder. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 2016; 48 (1): 61–68. DOI: 10.4067/S0301-732X2016000100008.
59. Pornanek P., Phoemchalard C. Feed added curcumin with increased solubility on plasma lipoprotein, meat quality, and fat content in broiler chicks. *Tropical Animal Health and Production*. 2020; 52 (2): 647–652. DOI: 10.1007/s11250-019-02052-4.
60. Tan B. K., Foo H. L., Loh T. C., Norhani A., Zulkifli I. Purification and Characterization of Very Low Density Lipoprotein in Commercial Broiler and Crossbred Village Chickens by Fast Protein Liquid Chromatography. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005; 18 (12): 1780–1785. DOI: 10.5713/ajas.2005.1780.
61. Zhang H. L., Xu Z. Q., Yang L. L., Wang Y. X., Li Y. M., Dong J. Q., Zhang X. Y., Jiang X. Y., Jiang X. F., Li H., Zhang D. X., Zhang H. Genetic parameters for the prediction of abdominal fat traits using blood biochemical parameters in broilers. *British Poultry Science*. 2017; 59 (1): 28–33. DOI: 10.1080/00071668.2017.1379052.
62. Dev K., Begum J., Biswas A., Mir N. A., Singh J., Prakash R., Sonowal J., Bharali K., Tomar S., Kant R., Ahlawat N. Hepatic transcriptome analysis reveals altered lipid metabolism and consequent health indices in chicken supplemented with dietary Bifidobacterium bifidum and mannan-oligosaccharides. *Scientific Reports*. 2021; 11 (1): 17895. DOI: 10.1038/s41598-021-97467-1.
63. Razali N. M., Wah Y. B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2011; 2 (1): 21–33.
64. Wandji Tanguép E. D., Njamen Njomen D. A. Kolmogorov-Smirnov APF Test for Inhomogeneous Poisson Processes with Shift Parameter. *Applied Mathematics*. 2021; 12: 322–335. DOI: 10.4236/am.2021.124023.
65. Corder G. W., Foreman D. I. *Nonparametric statistics: a step-by-step approach*. 2nd edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2014. 288 p.
66. Sherwani R. A. K., Shakeel H., Saleem M., Awan W. B., Aslam M., Farooq M. A new neutrosophic sign test: An application to COVID-19 data. *PLOS One*. 2021; 16 (8): e0255671. DOI: 10.1371/journal.pone.0255671.
67. Arias-Rico J., Cerón-Sandoval M. I., Sandoval-Gallegos E. M., Ramírez-Moreno E., Fernández-Cortés T., Jaimez, J., Lopez, E., Añorve M. J. Evaluation of Consumption of Poultry Products Enriched with Omega-3 Fatty Acids in Anthropometric, Biochemical, and Cardiovascular Parameters. *Journal of Food Quality*. 2018: 9620104. DOI: 10.1155/2018/9620104.

Autors' information:

Evgeniy A. Kolesnik, doctor of biological sciences, professor of the department of physiology, human ecology and medical and biological knowledge, Federal State University of Education, Moscow, Russia;

ORCID 0000-0002-2326-651X, AuthorID 791884. *E-mail: evgeniy251082@mail.ru*

Marina A. Derkho, doctor of biological sciences, professor, head of the department of natural sciences of the Institute of Veterinary Medicine, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

ORCID 0000-0003-3818-0556, AuthorID 310613. *E-mail: derkho2010@yandex.ru*

Maksim B. Rebezov, doctor of agricultural sciences, candidate of veterinary sciences, professor, leading researcher, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia; professor of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764. *E-mail: rebezov@ya.ru*

Natalya V. Mamylyna, doctor of biological sciences, professor at the department of life safety and medical and biological disciplines, South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia;

ORCID 0000-0002-5880-439X, AuthorID 377131. *E-mail: mamylyna71@mail.ru*

Оценка связи состояния конечностей с продуктивными качествами свиней

М. А. Колосова¹✉, А. Ю. Колосов², А. С. Чернышков¹

¹ Донской государственный аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, п. Лесные Поляны, Московская область, Россия

✉ E-mail: m.leonovaa@mail.ru

Аннотация. Интенсивное производство продукции свиноводства сопряжено с отрицательным технологическим давлением на организм свиней. Селекция на скороспелость и мясность приводит к изменению обмена веществ в организме животного, следствием чего являются морфологические и функциональные перестройки внутренних органов, мышечной, жировой и костной тканей. Одной из серьезных проблем, с которой сталкиваются свиноводы, является распространение дефектов конечностей, в том числе новообразований и опухолей в области скакательного сустава на задних конечностях. Эти дефекты конечностей не вызывают хромоты, однако влияют на экстерьер племенных свиней, делая их непригодными для продажи и оказывая негативное воздействие на эффективность центров разведения. Кроме того, в свиноводстве болезни конечностей влекут за собой большие экономические потери из-за снижения продуктивности животных. **Целью исследований** было оценить наличие или отсутствие влияния дефектов конечностей в виде опухолей и наростов в области скакательного сустава на параметры статистического распределения признаков продуктивности и их корреляционных связей у свиней крупной белой породы. **Методы исследований.** Исследования проводили на свинках крупной белой породы одного из племенных хозяйств РФ, которые были разделены на две группы в зависимости от состояния конечностей. Были изучены особенности рассматриваемой популяции и определены возможности применения статистических критериев оценки различий, протестированы распределения признаков на нормальность с использованием графиков Q-Q (вероятности). Проведен корреляционный анализ признаков с использованием критерия Пирсона. Для оценки уровня достоверности использовали корреляционный тест. **В результате исследований** были сделаны выводы, что наличие дефектов конечностей влияет на изменчивость показателей продуктивности, а также связано с худшими уровнями признаков. **Научная новизна** заключается в том, что впервые рассматриваются особенности изменчивости показателей продуктивности чистопородных свиней в зависимости от состояния конечностей свиней в виде опухолей и наростов в области скакательного сустава. Дальнейшие исследования по данному вопросу должны быть направлены на установление биологических механизмов формирования дефектов конечностей свиней.

Ключевые слова: свиньи, крупная белая порода, дефекты конечностей, корреляция, мясные и откормочные качества

Для цитирования: Колосова М. А., Колосов А. Ю., Чернышков А. С. Оценка связи состояния конечностей с продуктивными качествами свиней // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1476–1491. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1476-1491>.

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-76-10015).

Дата поступления статьи: 23.09.2024, **дата рецензирования:** 14.10.2024, **дата принятия:** 29.10.2024.

Evaluation of the relationship between limb condition and productive qualities of pigs

M. A. Kolosova¹✉, A. Yu. Kolosov², A. S. Chernyshkov¹

¹ Don State Agrarian University, Persianovsky settlement, Rostov region, Russia

² All-Russian Research Institute of Breeding, Lesnye Polyany settlement, Moscow region, Russia

✉E-mail: m.leonovaa@mail.ru

Abstract. Intensive pig production is associated with negative technological pressure on the pig organism. Selection for early maturity and meatiness leads to changes in the metabolism of the animal organism, which results in morphological and functional changes in the internal organs, muscle, fat and bone tissues. One of the serious problems faced by pig breeders is the spread of limb defects, including neoplasms and tumors in the hock area of the hind limbs. These limb defects do not cause lameness, but affect the exterior of breeding pigs, making them unsuitable for sale and having a negative impact on the efficiency of breeding centers. In addition, in pig breeding, limb diseases entail large economic losses due to decreased animal productivity. **The purpose** of the study was to assess the presence or absence of the effect of limb defects in the form of tumors and growths in the hock area on the parameters of the statistical distribution of productivity traits and their correlations in Large White pigs. **Research methods.** The research was conducted on Large White pigs from one of the breeding farms of the Russian Federation, which were divided into two groups depending on the condition of the limbs. The characteristics of the population under consideration were studied and the possibilities of using statistical criteria for assessing differences were determined, the distribution of features was tested for normality using Q-Q (probability) graphs. A correlation analysis of features was carried out using the Pearson criterion. A correlation test was used to assess the level of reliability. **As a result of the research,** it was concluded that the presence of limb defects affects the variability of productivity indicators, and is also associated with worse levels of features. **The scientific novelty** lies in the fact that for the first time the features of variability of productivity indicators of purebred pigs are considered depending on the condition of the pigs' limbs in the form of tumors and growths in the hock area. Further research on this issue should be aimed at establishing the biological mechanisms for the formation of limb defects in pigs.

Keywords: pigs, Large White, limb defects, correlation, meat and fattening qualities

Acknowledgements. The research was supported by the Russian Science Foundation (grant No. 22-76-10015).

For citation: Kolosova M. A., Kolosov A. Yu., Chernyshkov A. S. Evaluation of the relationship between the condition of the limbs and the productive qualities of pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1476–1491. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1476-1491>. (In Russ.)

Date of paper submission: 23.09.2024, **date of review:** 14.10.2024, **date of acceptance:** 29.10.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

В последнее десятилетие в нашей стране наблюдается усиленный процесс использования импортных пород свиней с целью улучшения продуктивных качеств отечественного поголовья свиней. При этом следует учесть, что животные, попадая в новые условия, претерпевают ряд изменений. Причиной могут быть кормовой режим, температура, влажность воздуха, атмосферное давление, рельеф, особенности технологии, уровень продуктивности, породные особенности и т. д. В связи с этим возникла проблема их дальнейшего разведения и поддержания высокой продуктивности в условиях Российской Федерации. Кроме того, у потомства, полученного от коммерческих свиней, завезенных из-за рубежа, начали появляться дефекты конечностей в

виде опухолей и наростов в области скакательного сустава [1; 2].

В современной литературе недостаточно сведений, посвященных этой проблеме. Однако дефекты конечностей представляют серьезную угрозу для эффективного ведения основных отраслей животноводства. Не являются исключением и свиньи, которые в силу интенсивной селекции по хозяйственно ценным признакам и нарушений технологии содержания предрасположены к возникновению у них различных дефектов. Среди исследуемых нами свиней, имеющих признаки дефектов конечностей, встречались такие состояния, как слабые ноги, пятипалость, кривые ноги, шишки и наросты в области скакательного сустава, бурситы, опухшие суставы, а также сочетание нескольких патологий. Наиболее распространенной патологией являются

шишки и наросты в области скакательного сустава (условное обозначение – ЗНШ). ЗНШ могут появляться в любом возрасте и при любой живой массе. Дефекты представляют собой доброкачественные новообразования соединительной ткани задних конечностей свиней. Такие дефекты конечностей, как правило, не приводят к хромоте, но влияют на экстерьер племенных свиней, и они становятся непригодными к продаже. Это крайне негативно сказывается на рентабельности свиноводческих селекционных центров [3]. Чаще всего основными факторами заболеваний конечностей свиней являются содержание на пластмассовых щелевых полах, нагрузка на задние конечности во время садки, нарушения обменных процессов, повышенная влажность рогового башмака при частом мытье и т. д. Наличие бетонно-щелевых покрытий может способствовать появлению некоторых дефектов конечностей, но в случае с ЗНШ это не является значимым фактором.

Распространение дефектов конечностей (остеохондроз, бурситы и др.) у свиней в середине XX столетия совпало с всплеском целенаправленной селекционной работы на повышение скорости роста животных, что обусловлено главным образом экономическим давлением и потребностью сократить период от рождения до убоя. У диких кабанов, которым требуется около 2 лет, чтобы достичь зрелости, проблем с конечностями не наблюдается [4; 5]. В соответствии с этим была выдвинута гипотеза о значительной связи между ростовыми качествами и конечностями. Несколько крупных популяционных обзоров показали положительную корреляцию между этими признаками [6; 7]. Было отмечено, что свиньи с клиническими признаками слабости конечностей при убое росли быстрее на ранних стадиях жизни, чем свиньи без этих признаков, но ко времени убоя их рост стал медленнее. Неблагоприятное соотношение между упитанностью и скоростью роста уравнивается дискомфортом из-за появляющихся клинических признаков слабости конечностей, приводящим к снижению потребления корма [7].

Взаимосвязь между состоянием конечностей и признаками мясной продуктивности свиней была подтверждена еще в XX веке в ряде исследований, проведенных на свиньях различных пород. И, как правило, свиньи, имеющие проблемы с конечностями, обладали большей массой окорока и выходом мяса по сравнению со здоровыми сверстниками.

На сегодняшний день ученые все больше склоняются к тому, что быстрый рост не является центральным фактором проблем с конечностями, к тому же животные, генетически предрасположенные к медленной скорости роста, также довольно часто подвержены различным дефектам [8].

Проведенные исследования показали, что предрасположенность к ЗНШ свиней имеет генетиче-

скую составляющую и может быть связана с функциями печени и почек, восприимчивостью к инфекциям, а также с составом липидов и жирных кислот. На основании собственных пилотных исследований по поиску геномных областей и генов-кандидатов, связанных с дефектами конечностей у свиней пород ландрас и дюрок, отмечено, что идентифицированные области перекрываются с QTLs, связанными с признаками здоровья (параметрами крови) и с характеристиками мяса и туши (упитанностью, содержанием жира в туше) [9–13]. Также ранее были проведены исследования, направленные на поиск геномных областей и генов, относящихся к ЗНШ у свиней. Результаты исследований показали 26 SNPs, связанных с ЗНШ у свиней породы ландрас, 15 из них локализованы в генах, задействованных в различных физиологических процессах в организме, в том числе обусловленных воспалениями, различного рода новообразованиями и опухолями [1].

Дефекты конечностей – это сложный признак, который требует всестороннего изучения. В связи с тем, что довольно часто различные пороки и дефекты имеют положительную корреляцию с признаками продуктивности, **целью исследований** было оценить наличие или отсутствие влияния дефектов конечностей в виде опухолей и наростов в области скакательного сустава задних конечностей (ЗНШ) на параметры статистического распределения признаков продуктивности и их корреляционные связи у свиней крупной белой породы.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в одном из племенных хозяйств РФ на свинках крупной белой породы ($n = 465$). Для сравнительного анализа свиньи были разделены на две группы в зависимости от состояния конечностей: в первую группу ($n = 212$) вошли животные с отсутствием, а во вторую ($n = 253$) – с наличием ЗНШ. Все свиньи были одного возраста, находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Для анализа хозяйством были предоставлены следующие данные, которые были получены во время бонитировки свиней: Length_of_body – длина туловища, см; Weigth – живая масса, кг; ADG – среднесуточный прирост, г (рассчитывается за период от рождения до бонитировки); Day_100 – возраст достижения живой массы 100 кг (расчетное значение от фактического роста и веса к 100 кг), дн.; Backfat_3 – толщина шпика (среднее значение по трем точкам, скорректированное к 100 кг), мм; Muscle – американский скорректированный параметр площади мышечного глазка, см²; Meat – выход постного мяса (рассчитывается по программе Herdman), %; Index – терминальный индекс (зависит от параметров Day_100, Muscle, Meat); FCR – конверсия корма (расход комбикорма за период, кг / валовый прирост живой массы), кг.

Для получения общего представления об особенностях рассматриваемой популяции и определения возможности применения статистических критериев оценки различий в общей выборке распределения признаков протестированы на нормальность с использованием графиков Q-Q (вероятности). Также проведен корреляционный анализ признаков с использованием критерия Пирсона. Для оценки уровня достоверности использовали корреляционный тест.

В трех наборах данных (общая выборка, свиньи без ЗНШ и с ЗНШ) выполнен анализ статистического распределения признаков, включая определение показателей центральной тенденции и изменчивости [14]. Для сравнения распределения признаков в двух группах использовалась скрипичная диаграмма (violinplot), совмещенная с диаграммой боксплот (boxplot), а также гистограмма.

Различия распределений показателей продуктивности в двух группах определялись на основе сравнения средних на основе критерия Стьюдента (t.test) и сравнения дисперсий с помощью критерия Фишера (var.test). Все расчеты проведены с использованием языка R в среде R-Studio.

Результаты (Results)

Визуализация распределения признаков с помощью графиков Q-Q plots (рис. 1), свидетельствует о том, что в рассматриваемой популяции все признаки, кроме американского скорректированного параметра площади мышечного глазка (Muscle), имеют нормальное распределение. В связи с этим для дальнейших исследований выбраны все признаки, кроме Muscle.

Корреляционный анализ устанавливает характер и направление причинно-следственных отношений в биологических исследованиях, а это необходимо для выбора обоснованных методов и программ отбора [15]. В процессе селекционной работы с популяцией необходимо учитывать взаимосвязь показателей, поскольку, отбирая лучших животных по одному признаку, вероятно снижение продуктивности по другим показателям. Результаты корреляционного анализа в общей выборке свиней, обобщенно представленные на рис. 2, показывают достоверность оценки коэффициентов корреляций для всех пар рассматриваемых признаков, за исключением конверсии корма относительно терминального индекса и скороспелости. В группе признаков откормочной продуктивности, включающей длину туловища, живую массу, среднесуточный прирост и скороспелость, наблюдаются высокие и очень высокие корреляции между всеми признаками. Умеренную связь с этой группой имеет показатель выхода постного мяса. При этом данный параметр имеет сильную корреляционную связь с толщиной шпика. В остальных случаях корреляционные показатели являются слабовыраженными.

Таким образом, корреляционный профиль рассматриваемой популяции и статистические распределения признаков соответствуют общепринятым закономерностям, характерным для данного вида и породы.

Для оценки связи между признаками продуктивности и ЗНШ провели анализ на основе описательной статистики в общей выборке и в группах в зависимости от состояния конечностей свиней. Результаты исследований представлены в таблицах 1–3.

Показатели длины туловища, живой массы, среднесуточного прироста, скороспелости и толщины шпика являются экономически важными признаками в свиноводстве, поскольку связаны с прижизненной оценкой мясных и откормочных качеств свиней. В общей выборке свиней значения длины туловища варьировались от 110,0 до 139,0 см со средним значением $123,9 \pm 0,24$ см. В период бонитировки свиньи весили в среднем $116,0 \pm 0,59$ кг, при этом максимальная живая масса составила 151,2 кг. Среднесуточный прирост от рождения до бонитировки составил $0,743 \pm 0,01$ кг при размахе от минимального 0,570 до максимального 0,960 кг. Скороспелость, или возраст достижения 100 кг, составила около $142,4 \pm 0,44$ дн., при этом у некоторых особей этот показатель достигал 169,0 дн. Толщина шпика, рассчитанная по трем точкам измерения, составила $12,4 \pm 0,08$ мм, максимальное значение данного показателя в выборке было 17,8 мм. В общей выборке свиней можно отметить высокие показатели мясных качеств: так, выход постного мяса достигал 64,2 % при среднем на выборку $61,4 \pm 0,06$ %, а изменчивость признака, выраженная в стандартном отклонении, составила 1,24. Терминальный индекс в среднем составил $132,6 \pm 0,55$, максимальное значение = 164,0.

Конверсия корма является ключевым показателем для оценки эффективности производства, позволяя оценивать как уровень генетики, так и факторы кормления. В исследуемой выборке конверсия корма варьировалась от минимального значения 1,96 до максимального 4,35; среднее значение в группе составило $2,40 \pm 0,01$.

У свиней с ЗНШ длина туловища варьировалась от 110,0 до 136,0 см со средним значением $121,2 \pm 0,33$ см (таблица 2). Живая масса на момент бонитировки была в среднем $110,3 \pm 0,79$ кг, при этом максимальный показатель составил 143,5 кг. Среднесуточный прирост свиней с ЗНШ составил $0,710 \pm 0,01$ при размахе от 0,570 до 0,910 кг. Возраст достижения 100 кг составил $146,3 \pm 0,63$ дн. при максимальном показателе 169,0 дн. Терминальный индекс в среднем составил $128,8 \pm 0,89$ при максимальном значении 164,0. Конверсия корма варьировалась от минимального значения 1,96 до максимального 3,03; среднее значение в группе составило $2,40 \pm 0,01$.

Таблица 1
Показатели описательной статистики для признаков продуктивности свиней крупной белой породы в общей выборке

| Признак | n | Среднее и ошибка средней | Стандартное отклонение | Медиана | Минимум | Максимум |
|----------------------------|-----|--------------------------|------------------------|---------|---------|----------|
| Длина туловища, см | 465 | 123,9 ± 0,24 | 5,18 | 125,0 | 110,0 | 139,0 |
| Живая масса, кг | 465 | 116,0 ± 0,59 | 12,90 | 116,8 | 85,0 | 151,2 |
| Среднесуточный прирост, кг | 465 | 0,743 ± 0,01 | 0,0748 | 0,75 | 0,57 | 0,96 |
| Скороспелость, дн. | 465 | 142,4 ± 0,44 | 9,45 | 141,0 | 121,0 | 169,0 |
| Толщина шпика, мм | 465 | 12,4 ± 0,08 | 1,80 | 12,0 | 7,1 | 17,8 |
| Выход постного мяса, % | 465 | 61,4 ± 0,06 | 1,24 | 61,2 | 57,6 | 64,2 |
| Терминальный индекс | 465 | 132,6 ± 0,55 | 11,93 | 133,0 | 100,0 | 164,0 |
| Конверсия корма, кг | 437 | 2,4 ± 0,01 | 0,20 | 2,40 | 1,96 | 4,35 |

Table 1
Descriptive statistics for productivity traits of Large White pigs in the total sample

| Trait | n | Mean and error of the mean | Standard deviation | Median | Min | Max |
|--------------------------|-----|----------------------------|--------------------|--------|-------|-------|
| Lenth of body, cm | 465 | 123.9 ± 0.24 | 5.18 | 125.0 | 110.0 | 139.0 |
| Live weight, kg | 465 | 116.0 ± 0.59 | 12.90 | 116.8 | 85.0 | 151.2 |
| Average daily growth, kg | 465 | 0.743 ± 0.01 | 0.0748 | 0.75 | 0.57 | 0.96 |
| Precocity, days | 465 | 142.4 ± 0.44 | 9.45 | 141.0 | 121.0 | 169.0 |
| Back fat, mm | 465 | 12.4 ± 0.08 | 1.80 | 12.0 | 7.1 | 17.8 |
| Lean meat yield, % | 465 | 61.4 ± 0.06 | 1.24 | 61.2 | 57.6 | 64.2 |
| Terminal index | 465 | 132.6 ± 0.55 | 11.93 | 133.0 | 100.0 | 164.0 |
| Feed conversion, kg | 437 | 2.4 ± 0.01 | 0.20 | 2.40 | 1.96 | 4.35 |

Таблица 2
Показатели описательной статистики для признаков продуктивности свиней крупной белой породы с ЗНШ

| Признак | n | Среднее и ошибка средней | Стандартное отклонение | Медиана | Минимум | Максимум |
|----------------------------|-----|--------------------------|------------------------|---------|---------|----------|
| Длина туловища, см | 220 | 121,2 ± 0,33 | 4,84 | 121,0 | 110,0 | 136,0 |
| Живая масса, кг | 220 | 110,3 ± 0,79 | 11,70 | 109,7 | 85,4 | 143,5 |
| Среднесуточный прирост, кг | 220 | 0,710 ± 0,01 | 0,07 | 0,71 | 0,57 | 0,91 |
| Скороспелость, дн. | 220 | 146,3 ± 0,63 | 9,33 | 145,0 | 125,0 | 169,0 |
| Толщина шпика, мм | 220 | 12,1 ± 0,13 | 1,93 | 12,1 | 7,1 | 17,8 |
| Выход постного мяса, % | 220 | 61,4 ± 0,09 | 1,32 | 61,63 | 57,88 | 64,21 |
| Терминальный индекс | 220 | 128,8 ± 0,89 | 13,27 | 128,0 | 100,0 | 164,0 |
| Конверсия корма, кг | 220 | 2,4 ± 0,01 | 0,16 | 2,39 | 1,96 | 3,03 |

Table 2
Descriptive statistics indicators for productivity traits of Large White pigs with hind limb defects (ZNSH)

| Trait | n | Mean and error of the mean | Standard deviation | Median | Min | Max |
|------------------------|-----|----------------------------|--------------------|--------|-------|-------|
| Lenth of body, cm | 220 | 121.2 ± 0.33 | 4.84 | 121.0 | 110.0 | 136.0 |
| Live weight, kg | 220 | 110.3 ± 0.79 | 11.70 | 109.7 | 85.4 | 143.5 |
| Average daily gain, kg | 220 | 0.710 ± 0.01 | 0.0688 | 0.71 | 0.57 | 0.91 |
| Precocity, days | 220 | 146.3 ± 0.63 | 9.33 | 145.0 | 125.0 | 169.0 |
| Back fat, mm | 220 | 12.1 ± 0.13 | 1.93 | 12.1 | 7.1 | 17.8 |
| Lean meat yield, % | 220 | 61.4 ± 0.09 | 1.32 | 61.63 | 57.88 | 64.21 |
| Terminal index | 220 | 128.8 ± 0.89 | 13.27 | 128.0 | 100.0 | 164.0 |
| Feed conversion, kg | 220 | 2.4 ± 0.01 | 0.16 | 2.39 | 1.96 | 3.03 |

Показатели описательной статистики для признаков продуктивности свиней крупной белой породы без ЗНШ

| Признак | <i>n</i> | Среднее и ошибка средней | Стандартное отклонение | Медиана | Минимум | Максимум |
|---------------------------|----------|--------------------------|------------------------|---------|---------|----------|
| Длина туловища, см | 212 | 127,4 ± 0,21 | 3,02 | 127,0 | 124,0 | 139,0 |
| Живая масса, кг | 212 | 123,9 ± 0,64 | 9,39 | 123,75 | 95,3 | 151,2 |
| Среднесуточный прирост, г | 212 | 0,787 ± 0,01 | 0,05 | 0,78 | 0,65 | 0,96 |
| Скороспелость, дн. | 212 | 137,1 ± 0,42 | 6,13 | 137,0 | 121,0 | 154,0 |
| Толщина шпика, мм | 212 | 12,4 ± 0,11 | 1,62 | 12,1 | 8,5 | 17,1 |
| Выход постного мяса, % | 212 | 60,8 ± 0,07 | 1,03 | 60,82 | 57,62 | 63,39 |
| Терминальный индекс | 212 | 137,8 ± 0,55 | 8,05 | 137,0 | 126,0 | 160,0 |
| Конверсия корма, кг | 212 | 2,4 ± 0,01 | 0,15 | 2,40 | 2,11 | 2,83 |

Table 3

Descriptive statistics indicators for productivity traits of Large White pigs without hind limb defects (ZNSH)

| Trait | <i>N</i> | Mean and error of the mean | Standard deviation | Median | Min | Max |
|------------------------|----------|----------------------------|--------------------|--------|-------|-------|
| Lenth of body, cm | 212 | 127.4 ± 0.21 | 3.02 | 127.0 | 124.0 | 139.0 |
| Live weight, kg | 212 | 123.9 ± 0.64 | 9.39 | 123.75 | 95.3 | 151.2 |
| Average daily gain, kg | 212 | 0.787 ± 0.01 | 0.05 | 0.78 | 0.65 | 0.96 |
| Precocity, days | 212 | 137.1 ± 0.42 | 6.13 | 137.0 | 121.0 | 154.0 |
| Back fat, mm | 212 | 12.4 ± 0.11 | 1.62 | 12.1 | 8.5 | 17.1 |
| Lean meat yield, % | 212 | 60.8 ± 0.07 | 1.03 | 60.82 | 57.62 | 63.39 |
| Terminal index | 212 | 137.8 ± 0.55 | 8.05 | 137.0 | 126.0 | 160.0 |
| Feed conversion, kg | 212 | 2.4 ± 0.01 | 0.15 | 2.40 | 2.11 | 2.83 |

В группе свиней без ЗНШ показатель длины туловища в среднем составил $127,4 \pm 0,21$ см, при этом максимальный показатель достигал 139,0 см, а минимальный – 124,0 см. Живая масса свиней варьировалась от 95,3 до 151,2 кг, средний показатель составил $123,9 \pm 0,64$ кг. Среднесуточный прирост от рождения до бонитировки составил $0,787 \pm 0,01$ кг при размахе от минимального 0,650 до максимального 0,960 кг. Средняя скороспелость составила $137,1 \pm 0,42$ дн., при этом максимальный возраст достижения массы 100 кг в этой группе составил 154,0 дн. Толщина шпика, рассчитанная по трем точкам измерения, составила $12,4 \pm 0,11$ мм. По показателю выхода постного мяса среднее значение было несколько ниже, чем в других группах, и составило $60,8 \pm 0,07$ %, а изменчивость признака, выраженная в стандартном отклонении, составила 1,03. Терминальный индекс в среднем составил $137,8 \pm 0,55$. Минимальное значение индекса достигло 126,0, а максимальное – 160,0. Во всех исследуемых выборках конверсия корма практически одинаковая, в группе здоровых свиней варьировалась от минимального значения 2,11 до максимального 2,83 со средним значением $2,40 \pm 0,01$.

Для проверки гипотезы о связи между наличием/отсутствием ЗНШ и признаками мясной и от-

кормочной продуктивности был проведен сравнительный графический анализ распределений этих признаков в двух группах.

Распределение показателя длины туловища существенно различается у животных с ЗНШ и без ЗНШ (рис. 3). Более того, при наличии нормального распределения этого показателя в общей выборке оно сохраняется в группе животных с ЗНШ, но значительно отличается от нормального в группе здоровых животных. Также две рассматриваемые группы животных значительно отличаются по размаху вариации и мерам центральной тенденции в распределении длины туловища.

Показатели по признакам живой массы, среднесуточного прироста и скороспелости не утрачивают нормального распределения при разделении общей совокупности в зависимости от наличия ЗНШ (рис. 4–6). При этом для всех трех признаков в группе животных ЗНШ выше изменчивость признака, однако большинство наблюдений сконцентрировано в той части распределений, которые соответствуют менее предпочтительным значениям для данных признаков. Эта тенденция отражается и в центральных моментах распределений, которые для всех трех указанных признаков имеют лучшие значения в группе без ЗНШ.

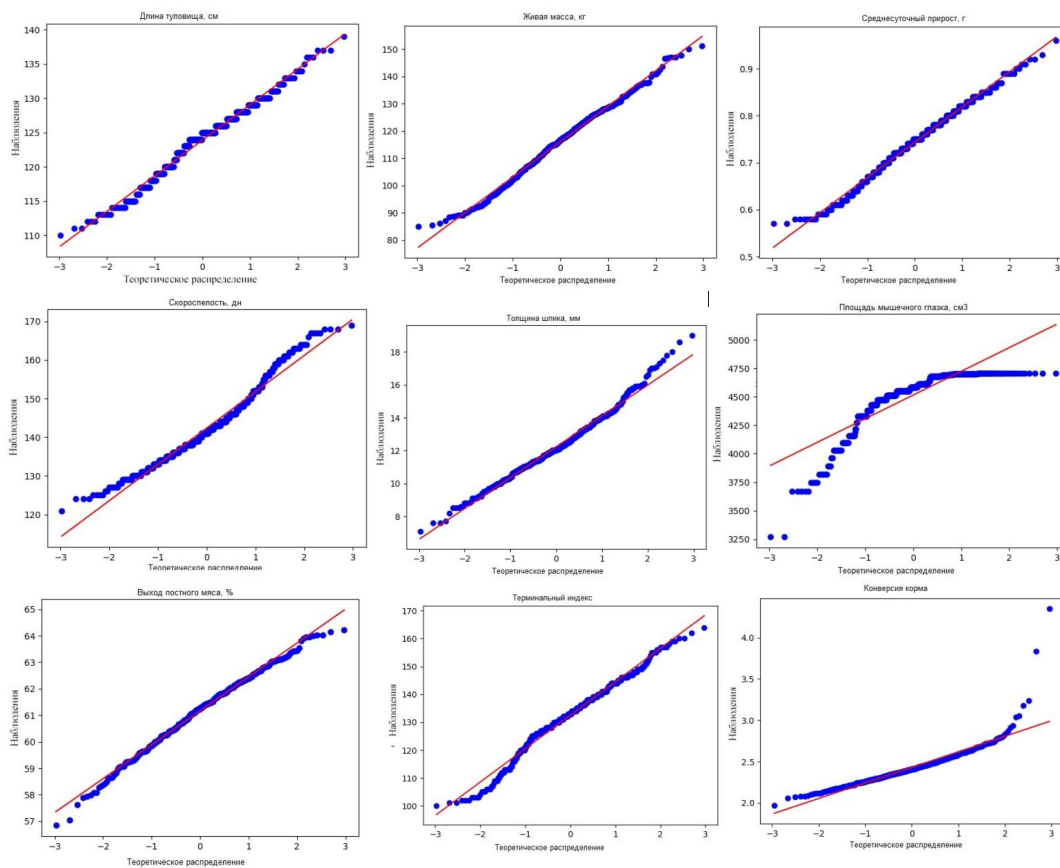


Рис. 1. Графики Q-Q (вероятности) оценки соответствия нормальному распределению для признаков продуктивности свиней крупной белой породы

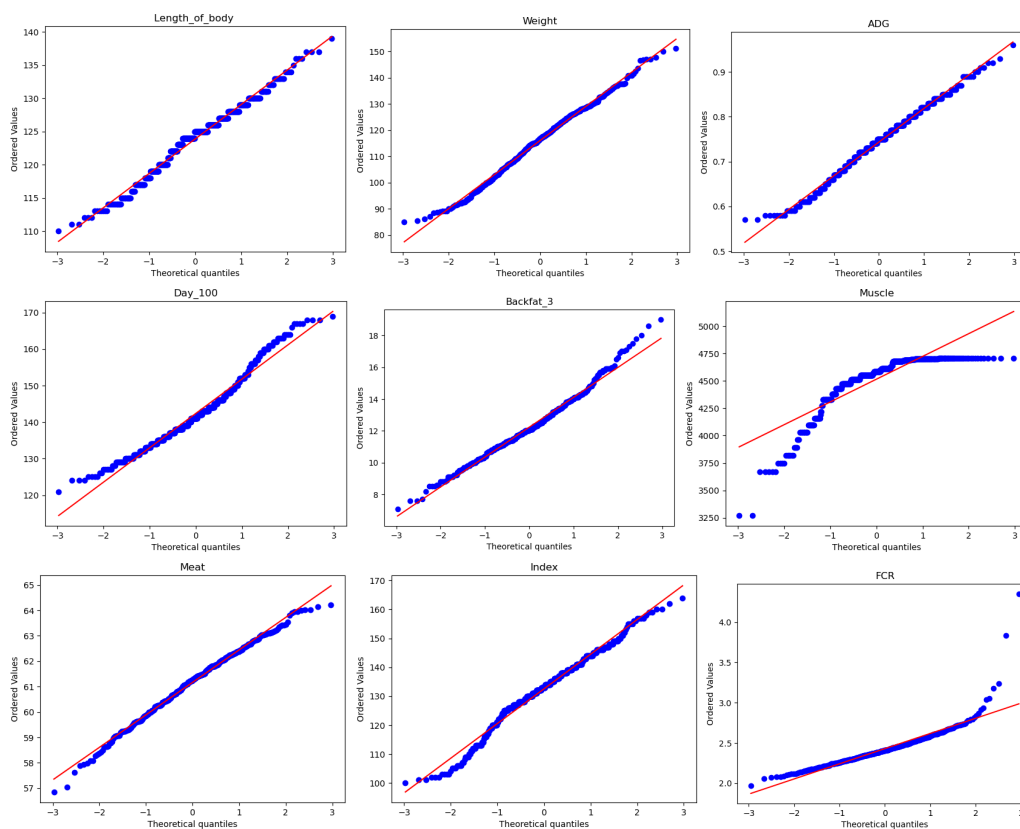


Fig. 1. Q-Q (probability) graphs of conformity to normal distribution for productivity traits of Large White pigs

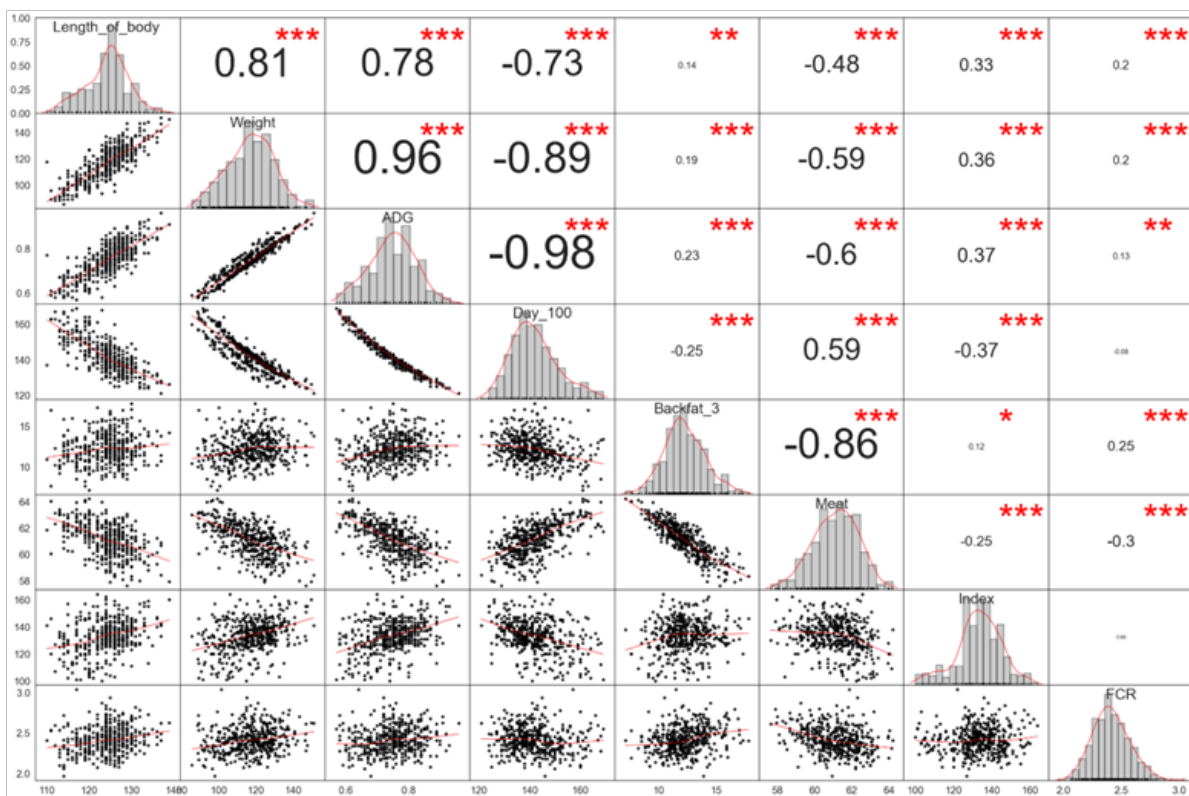


Рис. 2. Correlogramma для признаков продуктивности свиней крупной белой породы в общей выборке.

*** $p < 0,0001$; ** $p < 0,001$; * $p < 0,05$

Fig. 2. Correlogram for productivity traits of Large White pigs in the total sample.

*** $p < 0,0001$; ** $p < 0,001$; * $p < 0,05$

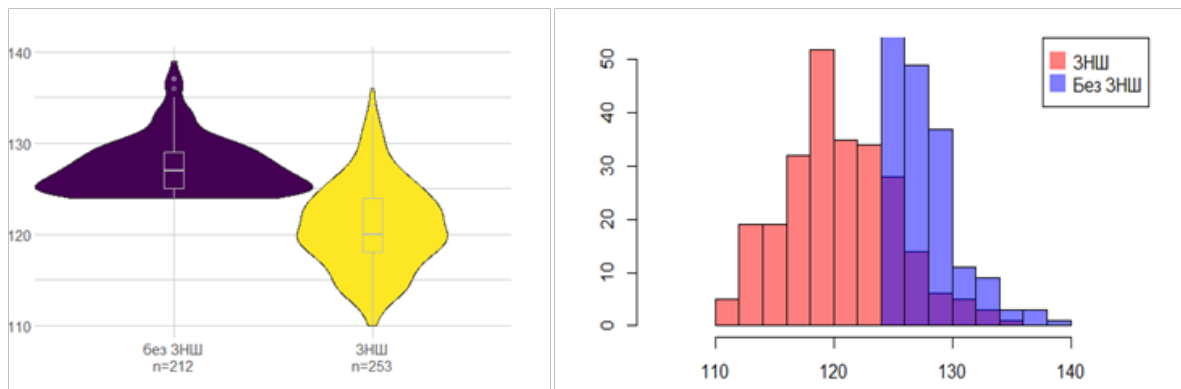


Рис. 3. Графический анализ распределения признака «длина туловища» в двух группах

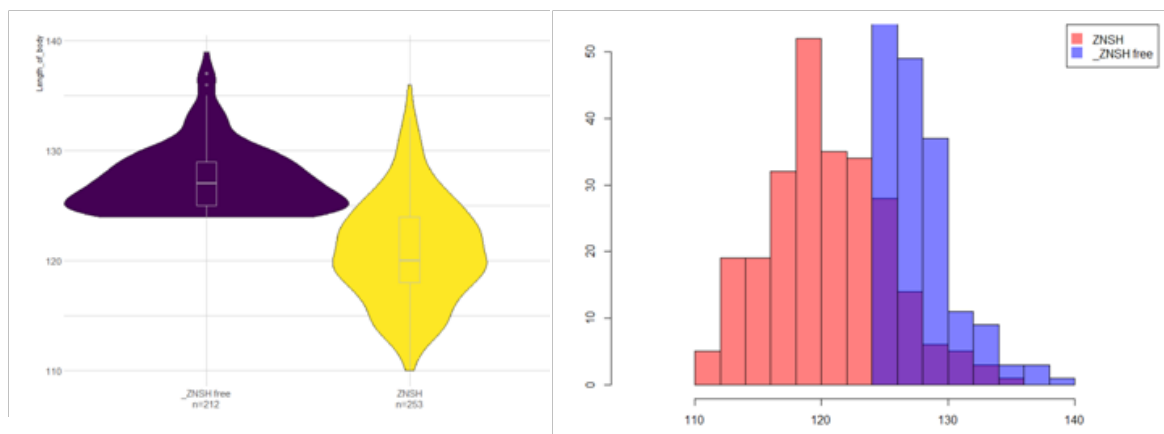


Fig. 3. Graphical analysis of the distribution of the body length trait in two groups

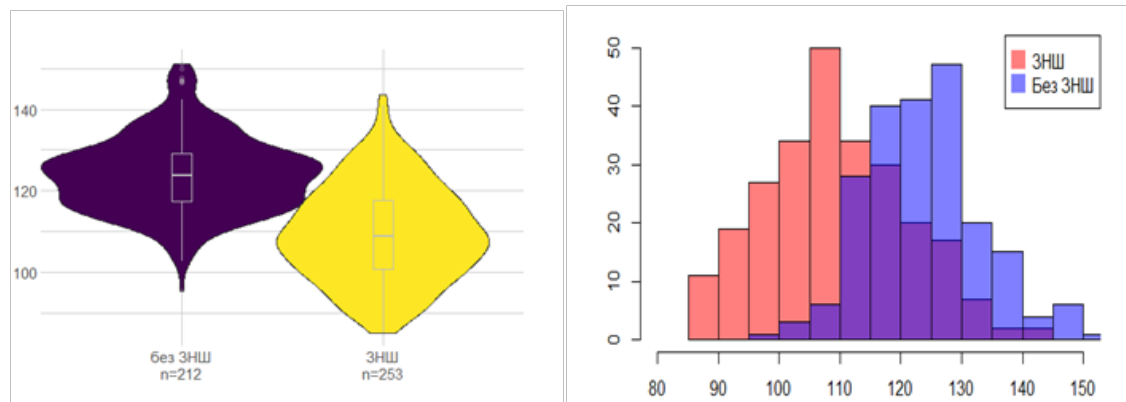


Рис. 4. Графический анализ распределения признака «живая масса» в двух группах

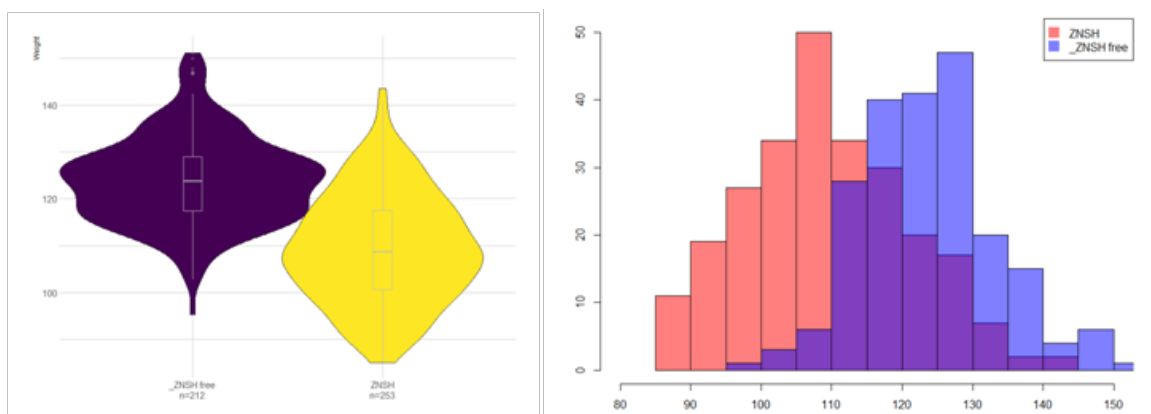


Fig. 4. Graphical analysis of the distribution of the live weight trait in two groups

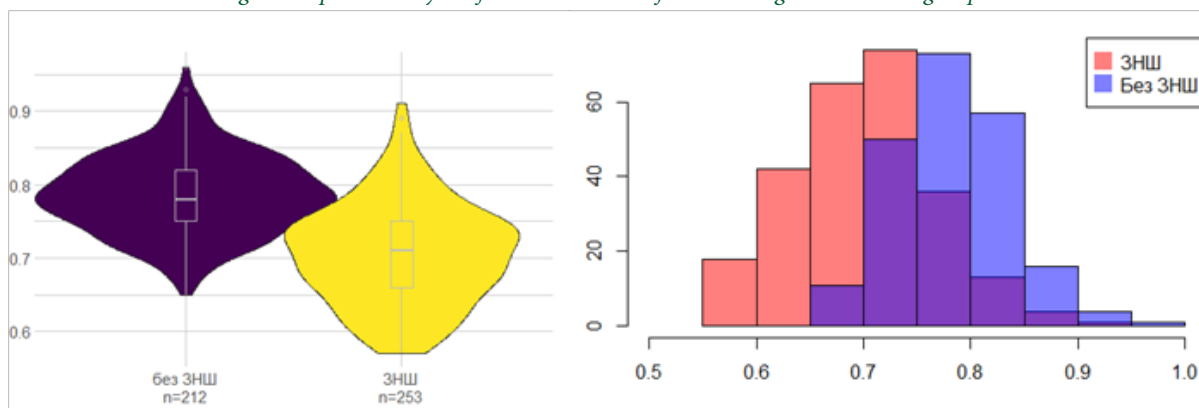


Рис. 5. Графический анализ распределения признака «среднесуточный прирост» в двух группах

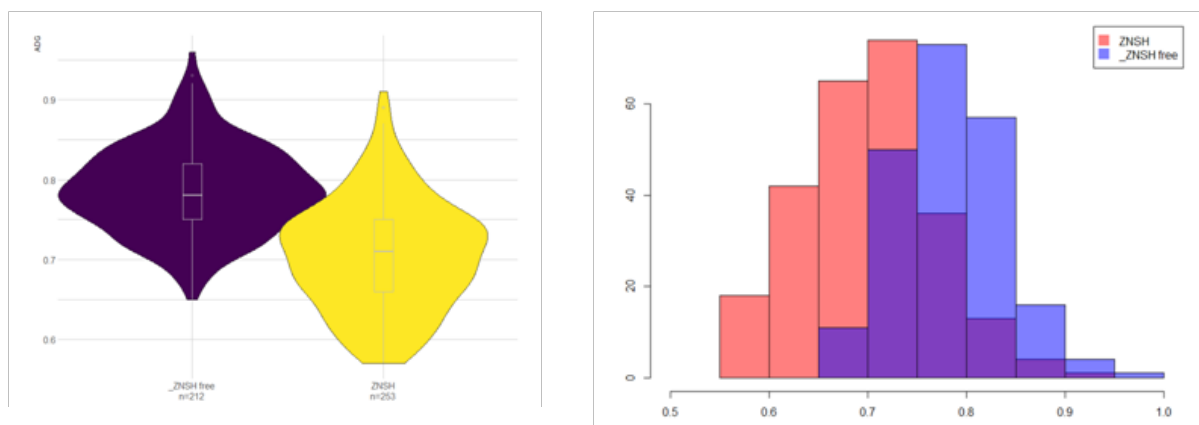


Fig. 5. Graphical analysis of the distribution of the average daily gain trait in two groups

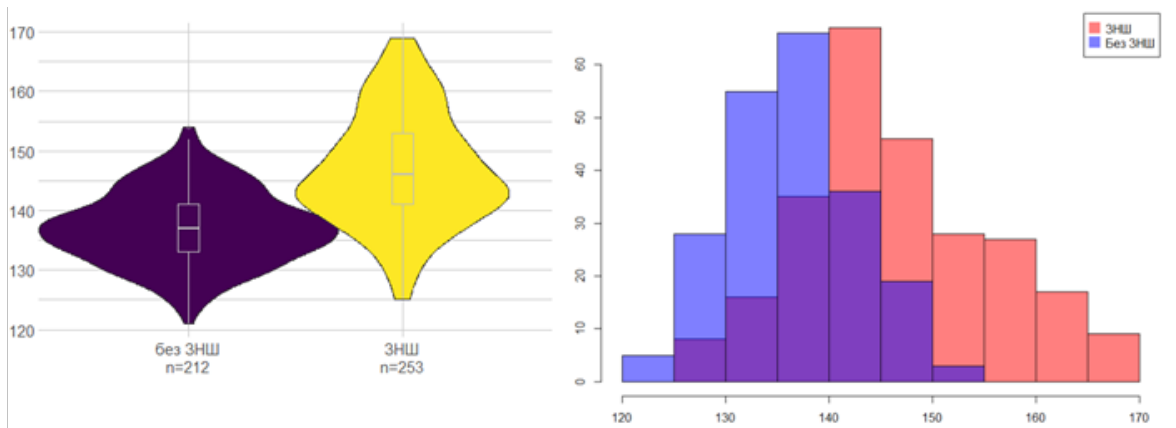


Рис. 6. Графический анализ распределения признака «скороспелость» (возраста достижения живой массы 100 кг) в двух группах

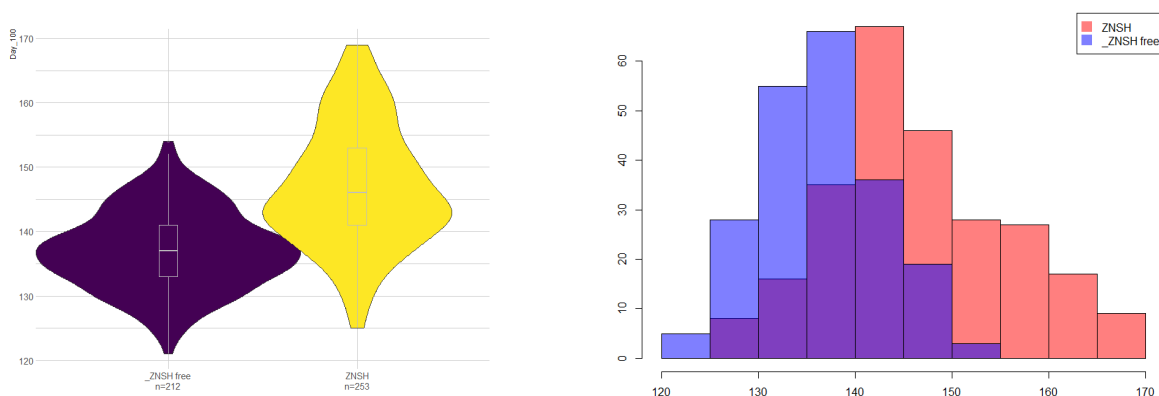


Fig. 6. Graphical analysis of the distribution of precocity trait (age of reaching a live weight of 100 kg) in two groups

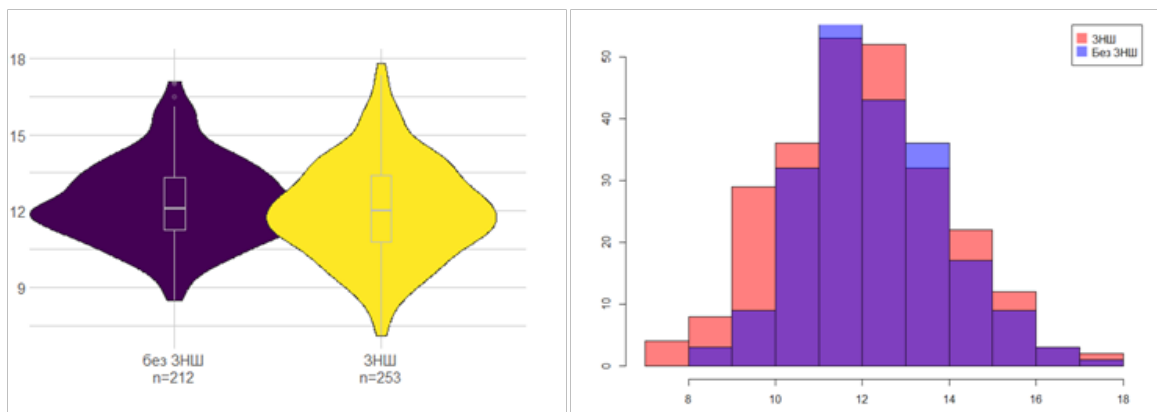


Рис. 7. Графический анализ распределения признака «толщина шпика» в двух группах

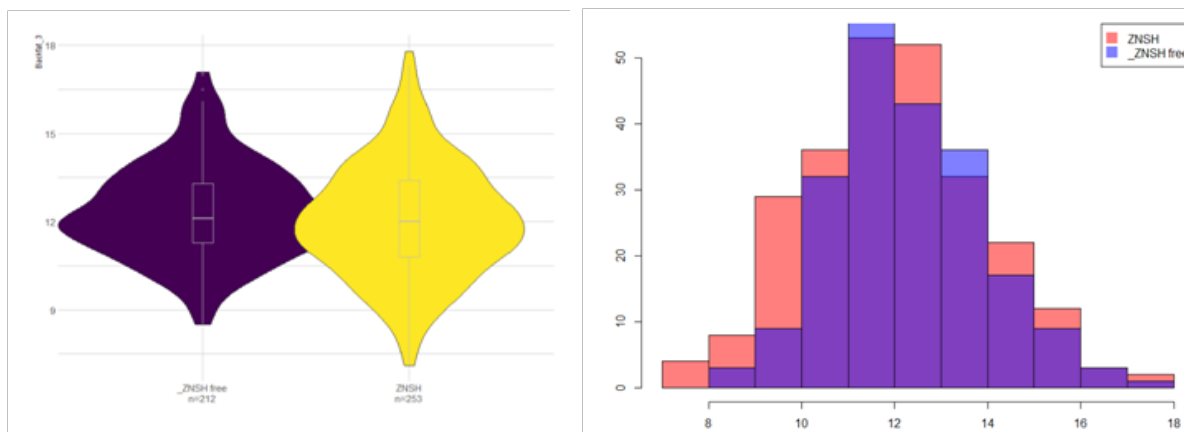


Fig. 7. Graphical analysis of the distribution of the fat thickness trait in two groups

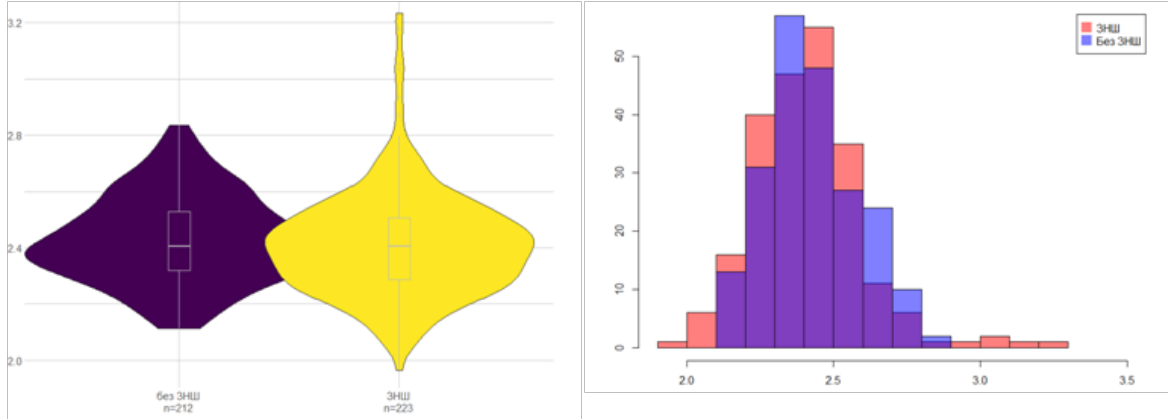


Рис. 8. Графический анализ распределения признака «конверсия корма» в двух группах

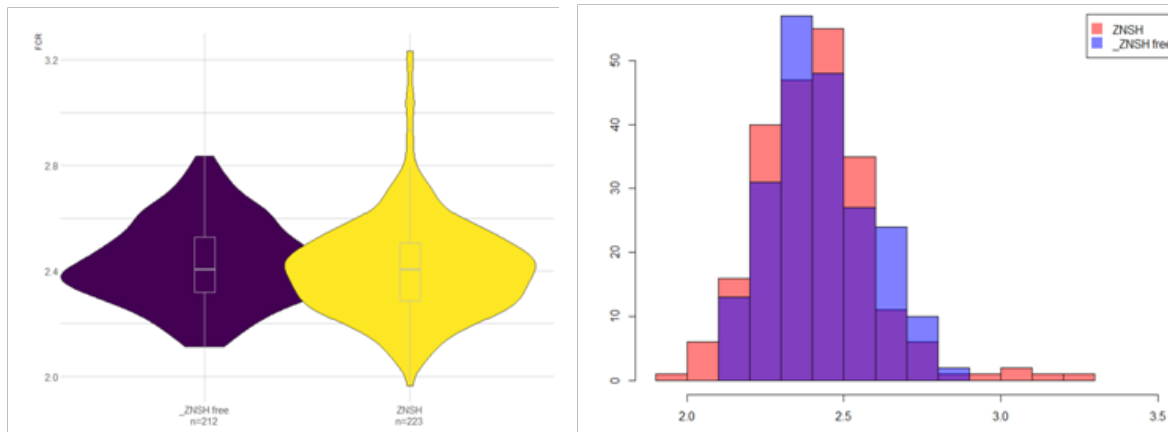


Fig. 8. Graphical analysis of the distribution of the feed conversion ratio trait in two groups

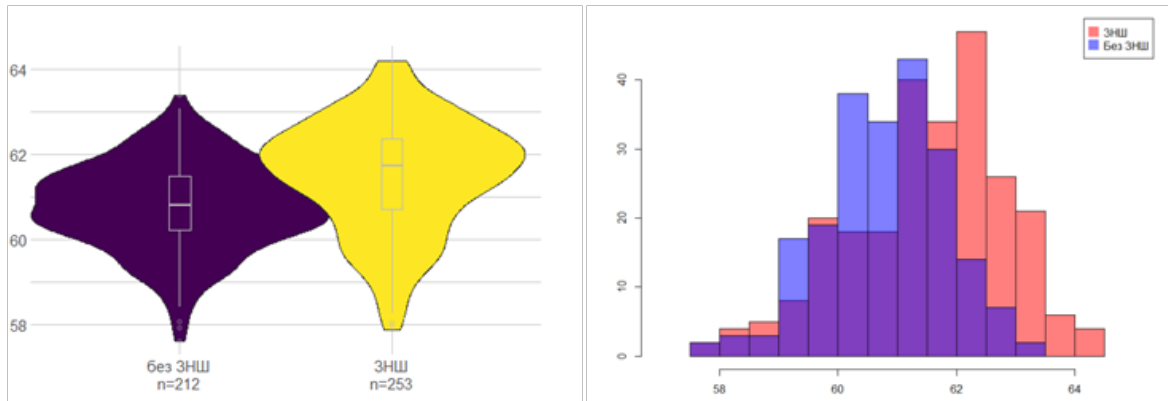


Рис. 9. Графический анализ распределения признака «выход постного мяса» в двух группах

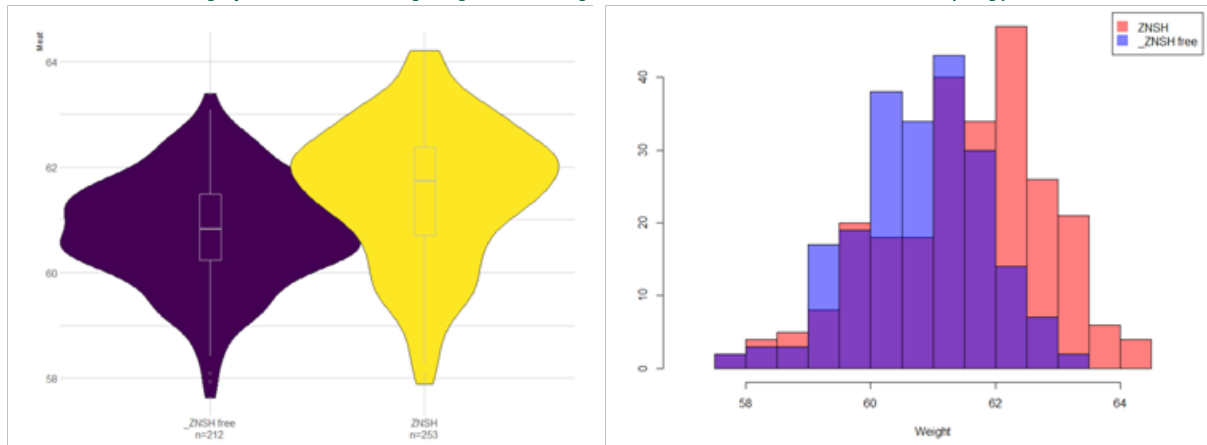


Fig. 9. Graphical analysis of the distribution of the lean meat yield feature in two groups

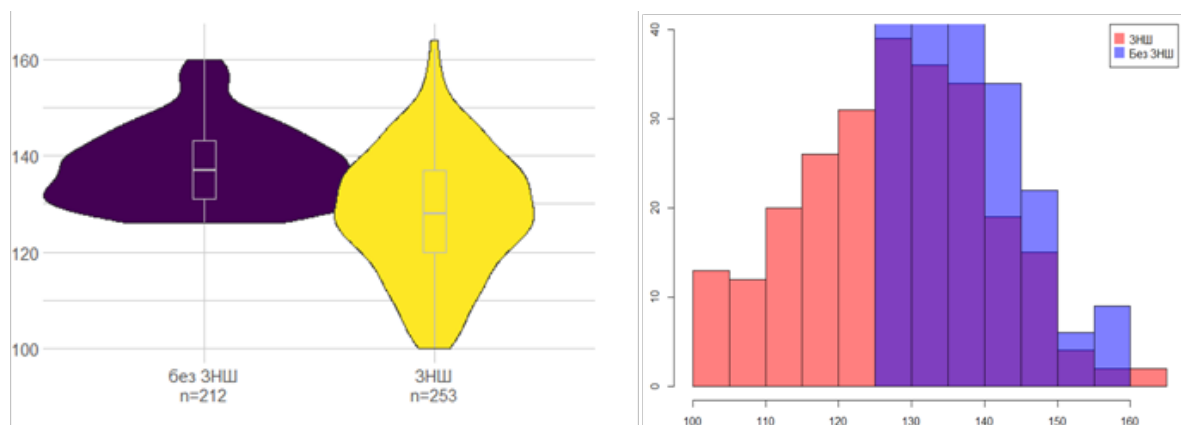


Рис. 10. Графический анализ распределения признака «терминальный индекс» в двух группах

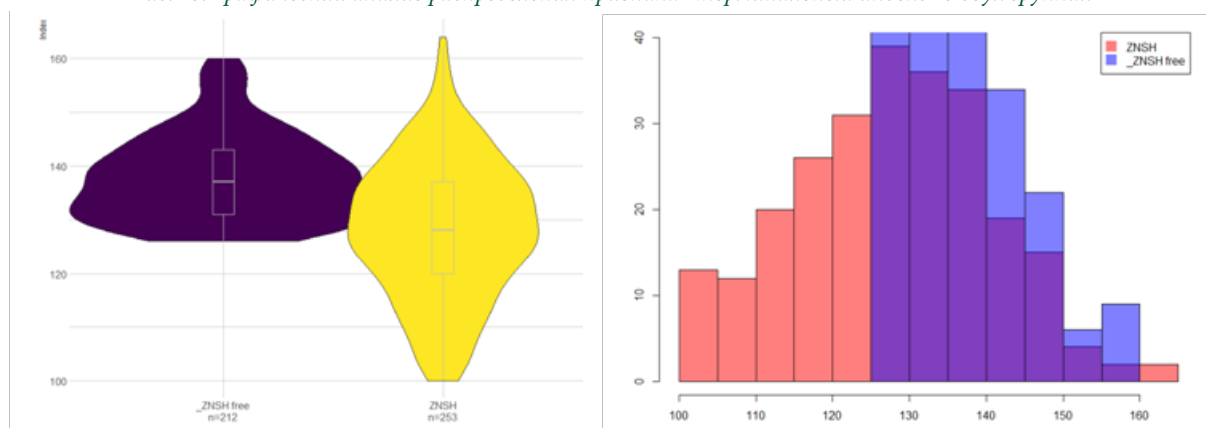


Fig. 10. Graphical analysis of the distribution of the terminal index trait in two groups

Распределения толщины шпика в обеих группах относительно симметричны и весьма близки с точки зрения мер центральной тенденции, хотя группа ЗНШ имеет более значительную изменчивость (рис. 7).

Показатели конверсии корма в обеих группах имеют достаточно схожие значения центральных моментов распределений (рис. 8). При этом в группе животных с ЗНШ несколько животных имеют показатели, которые заметно отклоняются от имеющихся тенденций как в общей совокупности, так и в пределах своей группы. Проявление столь значительных показателей следовало бы ожидать и в других признаках, однако они не наблюдаются, что, в свою очередь, дает основание исключить эти значения из рассмотрения при анализе данного признака.

Показатель выхода постного мяса является единственным, где группа с ЗНШ проявляет превосходство над аналогами из альтернативной группы (рис. 9). Здесь, так же как и в случае с признаками живой массы, среднесуточного прироста и скороспелости, наблюдается выраженная асимметрия распределения, но в отличие от указанных признаков значения, наоборот, сконцентрированы, преимущественно в предпочтительной (верхней) части.

В распределении показателей терминального индекса в обеих группах проявляются те же тенденции, что и по признаку длины туловища (рис. 10).

В частности, группа ЗНШ имеет более высокую изменчивость и асимметрию в область низких значений, но при этом сохраняет форму, близкую к нормальному распределению. В группе животных без ЗНШ наблюдается на порядок меньшая изменчивость и консолидация индекса в области значений центральных моментов распределения. При этом форма распределения значительно отличается от нормальной.

В целом сравнительный графический анализ распределений признаков в двух группах позволяет предполагать наличие связи между наличием/отсутствием дефектов задних конечностей и параметрами распределения. В частности, показатели рассматриваемых признаков у животных без ЗНШ более консолидированы, в то время как у животных с ЗНШ отмечается более выраженная изменчивость, а во многих случаях и асимметрия. Также по многим признакам животные без ЗНШ имеют более предпочтительные значения с точки зрения хозяйственного использования животных. Это относится к показателям длины туловища, живой массы, среднесуточного прироста, скороспелости и терминального индекса. По признакам толщины шпика и конверсии корма обе группы имеют весьма схожие распределения как по форме, так и по мерам центральной тенденции. По показателю выхода постного мяса животные с ЗНШ имеют бо-

лее желательную форму распределения и более высокие показатели центральных моментов. В целях подтверждения обозначенных различий были проведены параметрические тесты средних значений и дисперсий признаков между двумя рассматриваемыми группами. Результаты тестов представлены в таблице 4. Полученные данные свидетельствуют о том, что по всем признакам, кроме выхода пост-

ного мяса, статистически значимое превосходство отмечается в группе животных, не имеющих дефектов конечностей. Значимость различий по признаку толщины шпика не подтверждена. По всем признакам также отвергается нулевая гипотеза о равенстве дисперсий, т. е. можно говорить, что во всех случаях дисперсия в группе ЗНШ отличается от дисперсии в группе без ЗНШ.

Таблица 4
Сравнительный анализ средних значений признаков свиней крупной белой породы здоровых и с ЗНШ

| Признак | ЗНШ | Среднее значение | p-значение (t-test) | σ^2 | p-значение (f-test) |
|----------------------------|-----|------------------|---------------------|------------|---------------------|
| Длина туловища, см | Нет | 127,41 | < 0,0001 | 9,18 | < 0,0001 |
| | Да | 121,18 | | 23,45 | |
| Живая масса, кг | Нет | 123,87 | < 0,0001 | 88,34 | 0,001 |
| | Да | 110,25 | | 137,11 | |
| Среднесуточный прирост, кг | Нет | 0,79 | < 0,0001 | 0,003 | < 0,0001 |
| | Да | 0,71 | | 0,004 | |
| Скороспелость, дн. | Нет | 137,07 | < 0,0001 | 37,69 | < 0,0001 |
| | Да | 146,30 | | 87,17 | |
| Толщина шпика, мм | Нет | 12,35 | < 0,21 | 2,64 | 0,01 |
| | Да | 12,14 | | 3,75 | |
| Выход постного мяса, % | Нет | 60,80 | < 0,0001 | 1,07 | < 0,001 |
| | Да | 61,42 | | 1,76 | |
| Конверсия корма, кг | Нет | 2,43 | 0,06 | 64,80 | 0,3 |
| | Да | 2,4 | | 176,24 | |
| Терминальный индекс | Нет | 137,79 | < 0,0001 | 0,024 | < 0,0001 |
| | Да | 128,75 | | 0,03 | |

Table 4
Comparative analysis of average values of traits of healthy Large White pigs and those with hind limb defects (ZNSH)

| Trait | ZNSH | Mean | p-value (t-test) | σ^2 | p-value (f-test) |
|-----------------------|------|--------|------------------|------------|------------------|
| Lenth of body, cm | Yes | 127.41 | < 0.0001 | 9.18 | <0.0001 |
| | No | 121.18 | | 23.45 | |
| Live weight, kg | No | 123.87 | < 0.0001 | 88.34 | 0.001 |
| | Yes | 110.25 | | 137.11 | |
| Average daily gain, g | No | 0.79 | < 0.0001 | 0.01 | < 0.0001 |
| | Yes | 0.71 | | 0.01 | |
| Precocity, day | No | 137.07 | < 0.0001 | 37.69 | < 0.0001 |
| | Yes | 146.30 | | 87.17 | |
| Back fat, mm | No | 12.35 | < 0.21 | 2.64 | 0.01 |
| | Yes | 12.14 | | 3.75 | |
| Lean meat yield, % | No | 60.80 | < 0.0001 | 1.07 | < 0.001 |
| | Yes | 61.42 | | 1.76 | |
| Feed conversion, kg | No | 2.43 | 0.06 | 64.80 | 0.3 |
| | Yes | 2.4 | | 176.24 | |
| Terminal index | No | 137.79 | < 0.0001 | 0.024 | < 0.0001 |
| | Yes | 128.75 | | 0.03 | |

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В рамках данных исследований мы рассмотрели популяцию чистопородных свиней крупной белой породы одного из племенных хозяйств РФ. Анализ распределения и корреляционных связей признаков в исследуемой выборке показал, что для нее не характерны какие-либо специфические особенности и она соответствует основным закономерностям, установленным для подобных популяций. В то же время внутри популяции животные, имеющие дефекты ЗНШ, отличаются по средним и вариационным параметрам от своих аналогов, не имеющих дефектов. Причем в большинстве случаев животные без ЗНШ имеют значительное преимущество

по ряду признаков. Исключением в данной тенденции стал показатель выхода постного мяса.

Таким образом, на основе полученных результатов можно утверждать, что наличие ЗНШ влияет на изменчивость признаков продуктивности, а также характеризуется худшими уровнями признаков. Дальнейшие исследования по данному вопросу должны быть направлены на установление биологических механизмов формирования дефектов конечностей свиней. Это позволит разрабатывать селекционные программы, направленные на снижение распространенности дефектов в популяциях либо на нивелирование их влияния.

Библиографический список

1. Getmantseva L., Kolosova M., Bakoev F., Zimina A., Bakoev S. Genomic Regions and Candidate Genes Linked to Capped Hock in Pig // *Life (Basel)*. 2021. Vol. 11, No. 6. Pp. 510–518. DOI: 10.3390/life11060510.
2. Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D. R., Tatarinova T. V. PigLeg: Prediction of swine phenotype using machine learning // *PeerJ*. 2020. Vol. 8. Article number e8764. DOI: 10.7717/peerj.8764.
3. Романец Е. А., Бакоев С. Ю., Гетманцева Л. В., Колосова М. А., Романец Т. С., Максимов Н. А. Поиск генетических факторов, связанных с дефектами конечностей у свиней // *Свиноводство*. 2023. № 4. С. 43–46. DOI: 10.37925/0039-713X-2023-4-43-46.
4. Boudon A., Karhapää M., Siljander-Rasi H., Cantaloube E., Brossard L., Le Floc'h N., Meunier-Salaün M. C. Effect of moderate forced physical activity on behaviour, lameness and osteochondrosis in growing pigs from two divergent lines selected for feed efficiency // *Animal – Open Space*. 2022. Vol. 1, No. 1. Article number 100010. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100010.
5. Ostner F., Hergt T., Klein S., Patzkéwitsch D., Reese S., Brühschwein A., Meyer-Lindenberg A., Schade B., Böhm B., Eisenreich R., et al. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung, Tierschutzrelevanz // *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2018. Vol. 46, No. 05. Pp. 307–315. DOI: 10.15653/TPG-170861.
6. Ekman S., Carlson C. S. The pathophysiology of osteochondrosis // *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1998. Vol. 28, No. 1. Pp. 17–32. DOI: 10.1016/s0195-5616(98)50002-2.
7. Jørgensen B., Andersen S. Genetic parameters for osteochondrosis in Danish Landrace and Yorkshire boars and correlations with leg weakness and production traits // *Animal Science*. 2000. Vol. 71, No. 3. Pp. 427–434. DOI: 10.1017/S1357729800055442.
8. Bakoev S., Traspov A., Getmantseva L., Belous A., Karpushkina T., Kostyunina O., Usatov A., Tatarinova T. V. Detection of genomic regions associated malformations in newborn piglets: a machine-learning approach [Электронный ресурс] // *PeerJ*. 2021. Vol. 22. Article number 9:e11580. DOI: 10.7717/peerj.11580.
9. Getmantseva L., Kolosova M., Fede K., Korobeinikova A., Kolosov A., Romanets E., Bakoev F., Romanets T., Yudin V., Keskinov A., Bakoev S. Finding Predictors of Leg Defects in Pigs Using CNV-GWAS // *Genes (Basel)*. 2023. Vol. 14, No. 11. Pp. 2054–2065. DOI: 10.3390/genes14112054.
10. Hergt T., Ostner F., Klein S., Zöls S., Erhard M., Reese S., Ritzmann M., Patzkéwitsch D. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung und Tierschutzrelevanz // *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere – Nutztiere*. 2018. Vol. 46, No. 5. Pp. 368–377.
11. Poklukar K., Čandek-Potokar M., Lukač N.B., Tomažin U., Škrlep M. Lipid Deposition and Metabolism in Local and Modern Pig Breeds: A Review // *Animal (Basel)*. 2020. Vol. 10, No. 3. Article number 424. DOI: 10.3390/ani10030424.
12. Quander-Stoll N., Früh B, Bautze D., Zollitsch W., Leiber F., Scheeder M. R. L. Sire-feed interactions for fattening performance and meat quality traits in growing-finishing pigs under a conventional and an organic feeding regimen // *Meat Science*. 2021. Vol. 179. Article number 108555. DOI: 10.1016/j.meatsci.2021.108555.
13. Guan R., Wu J., Wang Y., et al. Comparative analysis of productive performance and fattening efficiency of commercial pigs in China for two consecutive years // *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13, No. 1. Pp. 8154–8164. DOI: 10.1038/s41598-023-35430-y.
14. Зинченко А. П., Романцева Ю. Н. Статистика сельского хозяйства: статистическое наблюдение: учебное пособие для вузов. Москва: Юрайт, 2020. 162 с.

15. Дунина В. А. Коррелятивная взаимосвязь воспроизводительных признаков у свиноматок разных генотипов при использовании хряков различных пород // *Сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 4 (15). С. 84–89. DOI: 10.25930/2687-1254/009.4.15.2022.

Об авторах:

Мария Анатольевна Колосова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П. Е. Ладана, Донской государственной аграрный университет, п. Персиановский, Ростовская область, Россия; ORCID 0000-0003-2979-7108, AuthorID 695089. E-mail: m.leonovaa@mail.ru

Анатолий Юрьевич Колосов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории оценки племенных качеств быков, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, п. Лесные Поляны, Московская область, Россия; ORCID 0000-0002-6583-8942, AuthorID 644806. E-mail: kolosov777@gmail.com

Александр Сергеевич Чернышков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П. Е. Ладана, Донской государственной аграрный университет. п. Персиановский, Ростовская область, Россия; ORCID 0000-0001-7116-1897, AuthorID 726540. E-mail: donchene@mail.ru

References

1. Getmantseva L., Kolosova M., Bakoev F., Zimina A., Bakoev S. Genomic Regions and Candidate Genes Linked to Capped Hock in Pig. *Life (Basel)*. 2021; 11 (6): 510–518. DOI: 10.3390/life11060510.
2. Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D. R., Tatarinova T. V. PigLeg: Prediction of swine phenotype using machine learning. *PeerJ* [Internet]. 2020 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7098386>.
3. Romanets E. A., Bakoev S. Yu., Getmantseva L. V., Kolosova M. A., Romanets T. S., Maksimov N. A. Search for genetic factors associated with limb defects in pigs. *Pigbreeding*. 2023; 4: 43–46. DOI: 10.37925/0039-713X-2023-4-43-46. (In Russ.)
4. Boudon A., Karhapää M., Siljander-Rasi H., Cantaloube E., Brossard L., Le Floc'h N., Meunier-Salaün M. C. Effect of moderate forced physical activity on behaviour, lameness and osteochondrosis in growing pigs from two divergent lines selected for feed efficiency. *Animal – Open Space*. 2022; 1 (1): 100010. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100010.
5. Ostner F., Hergt T., Klein S., Patzkéwitsch D., Reese S., Brühschwein A., Meyer-Lindenberg A., Schade B., Böhm B., Eisenreich R., et al. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung, Tierschutzrelevanz. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 2018; 46 (05): 307–315. DOI: 10.15653/TPG-170861. (In German.)
6. Ekman S., Carlson C. S. The pathophysiology of osteochondrosis. Review. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1998; 28 (1): 17–32. DOI: 10.1016/s0195-5616(98)50002-2.
7. Jørgensen B., Andersen S. Genetic parameters for osteochondrosis in Danish Landrace and Yorkshire boars and correlations with leg weakness and production traits. *Animal Science*. 2000; 71 (3): 427–434. DOI: 10.1017/S1357729800055442.
8. Bakoev S., Traspov A., Getmantseva L., Belous A., Karpushkina T., Kostyunina O., Usatov A., Tatarinova T. V. Detection of genomic regions associated malformations in newborn piglets: a machine-learning approach. *PeerJ* [Internet]. 2021 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34327051>.
9. Getmantseva L., Kolosova M., Fede K., Korobeinikova A., Kolosov A., Romanets E., Bakoev F., Romanets T., Yudin V., Keskinov A., Bakoev S. Finding Predictors of Leg Defects in Pigs Using CNV-GWAS. *Genes (Basel)*. 2023; 14 (11): 2054–2065. DOI: 10.3390/genes14112054.
10. Hergt T., Ostner F., Klein S., Zöls S., Erhard M., Reese S., Ritzmann M., Patzkéwitsch D. Technopathien der Gliedmaßen bei Mastschweinen: Ursachen, Entstehung und Tierschutzrelevanz. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere – Nutztiere*. 2018; 46 (5): 368–377. (In German.)
11. Poklukar K., Čandek-Potokar M., Lukač N. B., Tomažin U., Škrlep M. Lipid Deposition and Metabolism in Local and Modern Pig Breeds: A Review *Animal (Basel)* [Internet]. 2020 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32138208>.
12. Quander-Stoll N., Früh B., Bautze D., Zollitsch W., Leiber F., Scheeder M. R. L. Sire-feed interactions for fattening performance and meat quality traits in growing-finishing pigs under a conventional and an organic feeding regimen. *Meat Science* [Internet]. 2021 [cited 2024 Sep 28]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34023676>.

13. Guan R., Wu J., Wang Y., et al. Comparative analysis of productive performance and fattening efficiency of commercial pigs in China for two consecutive years. *Scientific Reports*. 2023; 13 (1): 8154–8164. DOI: 10.1038/s41598-023-35430-y.

14. Zinchenko A. P., Romantseva Yu. N. Agricultural statistics: statistical observation: a textbook for universities. Moscow: Yurayt, 2020. 162 p. (In Russ.)

15. Dunina V. A. Correlative relationship of reproductive traits in sows of different genotypes using boars of different breeds. *Agricultural Journal*. 2022; 4 (15): 84–89. DOI: 10.25930/2687-1254/009.4.15.2022. (In Russ.)

Authors' information:

Mariya A. Kolosova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agricultural breeding animals, private zootechnics and animal hygiene named after academician P. E. Ladan, Don State Agrarian University, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia; ORCID 0000-0003-2979-7108, AuthorID 695089. *E-mail: m.leonovaa@mail.ru*

Anatoliy Yu. Kolosov, candidate of agricultural sciences. sciences, leading researcher of the laboratory for assessing breeding qualities of bulls, All-Russian Research Institute of Breeding, Lesnye Polyany settlement, Moscow region, Russia; ORCID 0000-0002-6583-8942, AuthorID 644806. *E-mail: kolosov777@gmail.com*

Aleksandr S. Chernyshkov, candidate of agricultural sciences. sciences, associate professor of the department of breeding agricultural animals, private zootechnics and zoohygiene named after academician P. E. Ladan, Don State Agrarian University, Persianovskiy settlement, Rostov region, Russia; ORCID 0000-0001-7116-1897, AuthorID 726540. *E-mail: donchene@mail.ru*

Предпосылки существования вариаций врожденного иммунного ответа *Galleria mellonella*

Н. Д. Шамаев^{1, 2, 3}

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

² Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России, Казань, Россия

³ Казанский государственный медицинский университет Минздрава России, Казань, Россия

E-mail: nikolay1157@gmail.com

Аннотация. Обилие патогенов или генотипов патогенов может меняться во времени или пространстве, что приводит к колебаниям иммунного ответа. Генетическая изменчивость при наличии биогеографически обусловленного внутривидового разнообразия дает важную информацию о наличии таких колебаний у вида, широко используемого в лабораториях и распространенного по всему миру, что позволяет предположить наличие различного иммунного ответа против патогенов. У беспозвоночных существует балансирующий отбор со специфической коэволюцией в отличие от АМП позвоночных, которые имеют сильный положительный отбор и высокую вероятность коэволюции. Действие балансирующего отбора на отдельные гены АМП беспозвоночных может привести к возникновению полиморфизмов в последовательностях аминокислот, что потенциально приведет к изменению восприимчивости к патогенам, изучение чего имеет высокую научную значимость. **Цель исследования** – изучение потенциального существования расширенного гаплотипа (общего для нескольких особей) или отдельного гаплотипа, кодирующего АМП среди модельных организмов не млекопитающих. **Методы.** Объектом данного исследования был модельный организм (большая восковая моль *Galleria mellonella*). Был проведен анализ геномных сборок *G. mellonella* с использованием 11 ядерных мишеней и 16S участка рибосомальной РНК. **Результаты.** Было обнаружено шесть биогеографически различных экземпляров, полученных как из естественных, так и из искусственных экосистем: либо от имаго, либо от личинок. **Научная новизна.** 11 ядерных мишеней, кодирующих антимикробные пептиды *G. mellonella* и 16S участок рибосомальной РНК, помогли выделить три группы популяций, что потенциально подтверждает гипотезу о существовании варибельного врожденного иммунного ответа у данной лабораторной модели при наличии биогеографически обусловленного внутривидового разнообразия.

Ключевые слова: врожденный иммунный ответ, антимикробные пептиды, *G. mellonella*, биогеография, внутривидовое разнообразие

Для цитирования: Шамаев Н. Д. Предпосылки существования вариаций врожденного иммунного ответа *Galleria mellonella* // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1492–1501. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1492-1501>.

Дата поступления статьи: 04.07.2024, **дата рецензирования:** 17.09.2024, **дата принятия:** 27.09.2024.

Background to the existence of variation in the innate immune response in *Galleria mellonella*

N. D. Shamaev^{1,2,3}

¹ Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

² Kazan State Medical Academy – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia”, Kazan, Russia

³ Kazan State Medical University, Kazan, Russia

E-mail: nikolay1157@gmail.com

Abstract. Pathogen abundance or pathogen genotypes may vary in space or time, resulting in fluctuations in immune responses. Genetic variation in the presence of biogeographically determined intraspecific diversity provides important information about the presence of such variations in a species widely used in laboratories and distributed worldwide, suggesting the presence of different immune responses against pathogens. Invertebrates have balancing selection with specific coevolution, in contrast to vertebrate AMPs, which have strong positive selection and a high probability of coevolution. Balancing selection on individual AMP genes in invertebrates may result in polymorphisms in amino acid sequences, potentially changing susceptibility to pathogens, the study of which is of high scientific significance. **The purpose of the study** was to investigate the potential existence of an extended haplotype (common to several individuals) or a separate haplotype encoding AMP among non-mammalian model organisms. **Methods.** The object of this study was a model organism (the greater wax moth *Galleria mellonella*). The analysis of *G. mellonella* genome assemblies was performed using 11 nuclear targets and the 16S ribosomal RNA region. **Results.** Six biogeographically distinct individuals were identified, obtained from both natural and artificial ecosystems: either from adults or larvae. **Scientific novelty.** The 11 nuclear targets encoding *G. mellonella* antimicrobial peptides and the 16S ribosomal RNA region helped to distinguish three population groups, which potentially supports the hypothesis of the existence of a variable innate immune response in this laboratory model in the presence of biogeographically determined intraspecific diversity.

Keywords: innate immune response, antimicrobial peptides, *Galleria mellonella*, biogeography, intraspecific diversity

For citation: Shamaev N. D. Background to the existence of variation in the innate immune response in *Galleria mellonella*. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1492–1501. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1492-1501>. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.07.2024, **date of review:** 17.09.2024, **date of acceptance:** 27.09.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Анализ взаимоотношений хозяин – патоген является частью исследования инфекционных микроорганизмов и объектов и помогает понять патофизиологию заболевания и иммунный ответ хозяина. Несмотря на доступность исследований *in vitro*, *ex vivo*, клеточных линий и искусственных тканей в качестве вариантов исследования этого взаимодействия, модели на животных продолжают играть жизненно важную роль в понимании сложных взаимоотношений между заболеванием и его хозяином [1]. Преимущества использования животных моделей включают иммунологические реакции, температуру тела, метаболизм, а также физиологию клеток и тканей, которые аналогичны человеческим. Однако использование животных в научных исследованиях ограничено в последние годы из-за этических проблем, законов о защите животных и инициатив по защите животных [2; 3]. Модели-

мышь также обладают определенными недостатками, такими как высокая стоимость содержания, разведения и кормления животных, а также необходимость создания специальных условий биобезопасности в животноводческих помещениях для биоизоляции патогенных агентов [4]. В ответ на эти ограничения и технологические соображения были найдены альтернативные модельные организмы, которыми легче манипулировать и производить, которые дешевле содержать и которые вызывают меньше этических проблем. Среди этих новых моделей-заменителей выделяется большая восковая моль *Galleria mellonella* как беспозвоночное животное, позволяющее исследовать взаимоотношения патоген – хозяин и оценивать эффективность антибиотиков [5].

Несмотря на обилие патогенов или генотипов патогенов, которое может меняться во времени или пространстве, что приводит к колебаниям аллелей,

связанных с устойчивостью у их хозяев, при сбалансированном отборе (когда естественный отбор адаптивно поддерживает генетическое разнообразие во времени или пространстве) существует зависимость от конкретной молекулярной функции кодируемых генов и характера их взаимодействия с патогенами. Антимикробные пептиды (АМП) представляют собой класс небольших пептидов, важных для реакции врожденной иммунной системы организма. Устойчивость к АМП у патогенов включает секрецию протеаз, отток АМП из внешней и внутренней мембран, а также модификацию поверхности мембран. Отбор АМП у насекомых может происходить при дифференцированной экспрессии гена АМП, разным количестве копий, иногда на уровне аминокислотной последовательности и может действовать синергично друг с другом [6]. АМП беспозвоночных могут иметь аминокислотный полиморфизм, приводящий к изменению восприимчивости к патогенам. Оценка наличия различных гаплотипов генов, кодирующих АМП, имеет ценность при исследовании взаимосвязи между генами АМП и патогенозом или иммунным ответом. В этом исследовании аллели генов, кодирующих АМП, были изучены среди известных изолятов *G. mellonella*, чтобы обнаружить возможность присутствия разнообразия аминокислот АМП и, таким образом, изучить возможность разнообразия иммунного ответа хозяина.

Методология и методы исследования (Methods)

Список зрелых АМП *G. mellonella* взят из предыдущих исследований. Последовательности аминокислот анионного пептида 1, аполифорицина, цекропина, цекропина D-подобного пептида, дефенсина, галиомицина, галлеримицина, гловерина, индуцибельного ингибитора сериновой протеазы 2, богатого пролином пептида 2 и лизоцима были введены в качестве запроса белка в инструменте базового поиска локального выравнивания от белка к нуклеотиду (TBLASTN) для поиска сходной последовательности в сборках генома *G. mellonella*: GCA_026898425.1 (личинка, природная экосистема, Австралия), GCA_002589825.1 (личинка, искусственная экосистема, Германия), GCA_004355975.1 (личинка, искусственная экосистема, Южная Корея), GCA_958496185.1 и GCA_958496355.1 (личинка, искусственная экосистема, Великобритания), GCA_003640425.2 (имаго, искусственная экосистема, США). Параметры алгоритма поиска TBLASTN были установлены по умолчанию. Нуклеотидную последовательность областей РНК и ДНК вводили в виде нуклеотидного запроса в инструмент базового локального поиска от нуклеотида к нуклеотиду (BLASTN). При вводе любого запроса либо 1 идентичная последовательность была указана как аналогичная последовательность из каждой сборки либо совпадение не было найдено. Филогенетиче-

ские деревья ожидаемых аминокислотных последовательностей АМП были построены с использованием метода максимального правдоподобия и модели на основе матрицы JTT, а деревья ожидаемой области 16S рибосомальной РНК были построены с использованием метода максимального правдоподобия и модели Тамуры – Нея с использованием MEGA. X [7]. Значения начальной загрузки были показаны в процентах после 500 репликаций на ветвях. Для каждого дерева использовались две внешние группы ортологов АМП, выбранные среди 6 генетически различных видов на основе наличия последовательностей (*Achroia grisella*, *Ostrinia furnacalis*, *Drosophila melanogaster*, *Apis mellifera*, *Helicoverpa armigera*, *Bicyclus anynana*). Топология дерева, особенно структура ветвления, считалась правдоподобной, когда значение начальной загрузки составляло 95 %, тогда как меньшие значения начальной загрузки не рассматривались.

Вероятность отклонения нулевой гипотезы о том, что последовательности развивались с одинаковым паттерном замещения, оценивалась по степени различий в смещениях базового состава между последовательностями (тест индекса диспаритета). Тест Монте-Карло (500 репликаций) использовался для оценки значений P , которые показаны под диагональю. Значения $P < 0,05$ считались значимыми.

Результаты (Results)

Точный механизм действия АМП насекомых все еще изучается, несмотря на то что они активны на мембранном уровне. Поскольку особи с потерей функции генов АМП в настоящее время недоступны, конкретная роль каждого из этих АМП не исследована. В настоящее время известно около 13 пептидов и белков, среди которых богатые пролином пептиды 1 и 2, лебоцин-подобный анионный пептид 1 и анионный пептид 2, гловерин, дефенсин/галиомицин, цекропин А-подобный пептид (цекропин А, цекропин), цекропин D-подобный пептид (цекропин D), аполифорицин, галлеримицин, морицин-подобный пептид В, лизоцим, аполифорицин III и супероксиддисмутаза [8]. Среди них 11 были более или менее обнаружены во всех изолятах в этом исследовании. Список генов *G. mellonella*, полученных в результате поиска в базе данных, показан в таблице 1.

Филогенетическое дерево, построенное с использованием 16S РНК из четырех изолятов *G. mellonella*, показало расхождение на две клады: Австралия с Соединенными Штатами Америки и Великобритания с Южной Кореей (рис. 1, панель А). Филогенетическое дерево со всеми 11 ядерными мишенями, кодирующими антимикробные пептиды у *G. mellonella*, показало разделение популяции на три группы Соединенного Королевства с Соединенными Штатами Америки, Южной Кореей с Австралией и одну группу с изолятом из Германии (рис. 1, панель В).

Список генов *G. mellonella*, полученный в результате поиска по базе данных NCBI

| Название | Аббревиатура | Хромосома | NCBI ID |
|-----------------------------------------------|--------------|-------------|-----------------|
| Анионный пептид 1 | GM A | – | NW_026442151 |
| | GM G | – | NTHM01000015 |
| | GM SK | – | NHTH01000018 |
| | GM UK1 | 4 | OY292286 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010002810 |
| Аполифорицин | GM USA | – | NW_022272931 |
| | GM A | – | NW_026442069 |
| | GM SK | – | NHTH01000041 |
| | GM UK1 | 22 | OY292304.1 |
| Цекропин | GM UK2 | – | CAUEHC010000413 |
| | GM USA | – | NW_022274441 |
| | GM A | – | NW_026442082 |
| | GM G | – | NTHM01000002 |
| Цекропин D-подобный пептид | GM SK | – | NHTH01000013 |
| | GM UK1 | 14 | OY292296 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010000302 |
| | GM USA | – | NW_022269199 |
| Дефенсин | GM A | – | NW_026442082 |
| | GM G | – | NTHM01000002 |
| | GM SK | – | NHTH01000013 |
| | GM UK1 | 14 | OY292296 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010001648 |
| Галиомицин | GM USA | – | NW_022268635 |
| | GM A | – | NW_026442068 |
| | GM G | – | NTHM01000041 |
| | GM SK | – | NHTH01000016 |
| | GM UK1 | 5 | OY292287 |
| Галеримицин | GM UK2 | – | CAUEHC010001648 |
| | GM USA | – | NW_022268635 |
| | GM A | – | NW_026442068 |
| | GM G | – | NTHM01000041 |
| | GM SK | – | NHTH01000016 |
| Гловерин | GM UK1 | 5 | OY292287 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010001648 |
| | GM USA | – | NW_022268635 |
| | GM G | – | NTHM01000041 |
| Индукцибельный ингибитор сериновой протеазы 2 | GM SK | – | NHTH01000016 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010002375 |
| | GM USA | – | NW_022268635 |
| | GM A | – | NW_026442060 |
| Лизоцим | GM G | – | NTHM01000022 |
| | GM SK | – | NHTH01000073 |
| | GM UK1 | 24 | OY292306 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010000355 |
| | GM USA | – | NW_022271647 |
| Богатый пролином пептид 2 | GM A | – | NW_026442020 |
| | GM G | – | NTHM01000068 |
| | GM SK | – | NHTH01000348 |
| | GM UK1 | 27 | OY292309 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010000166 |
| 16s рРНК | GM USA | – | NW_022271652 |
| | GM A | – | NW_026442013 |
| | GM G | – | NTHM01000740 |
| | GM SK | – | NHTH01000102 |
| | GM UK1 | 6 | OY292288 |
| 16s рРНК | GM UK2 | – | CAUEHC010000113 |
| | GM USA | – | NW_022273793 |
| | GM A | – | NW_026442151 |
| | GM G | – | NTHM01000015 |
| | GM SK | – | NHTH01000018 |
| 16s рРНК | GM UK1 | 4 | OY292286 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010002810 |
| | GM USA | – | NW_022272931 |
| | GM A | – | NC_028532 |
| 16s рРНК | GM SK | – | NHTH01000498 |
| | GM UK1 | митохондрии | OY292312 |
| | GM USA | – | NC_028532 |

Примечание. Проверк (–) означает, что данные о хромосоме отсутствуют.

Table 1

List of *G. mellonella* genes obtained by searching the NCBI database

| Name | Isolate abbreviation | Chromosome location | NCBI ID |
|---------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Anionic peptide 1 | GM A | – | NW_026442151 |
| | GM G | – | NTHM01000015 |
| | GM SK | – | NHTH01000018 |
| | GM UK1 | 4 | OY292286 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010002810 |
| Apoliphoricin | GM USA | – | NW_022272931 |
| | GM A | – | NW_026442069 |
| | GM SK | – | NHTH01000041 |
| | GM UK1 | 22 | OY292304.1 |
| Cecropin | GM UK2 | – | CAUEHC010000413 |
| | GM USA | – | NW_022274441 |
| | GM A | – | NW_026442082 |
| | GM G | – | NTHM01000002 |
| Cecropin D-like peptide | GM SK | – | NHTH01000013 |
| | GM UK1 | 14 | OY292296 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010000302 |
| | GM USA | – | NW_022269199 |
| Defensin | GM A | – | NW_026442082 |
| | GM G | – | NTHM01000002 |
| | GM SK | – | NHTH01000013 |
| | GM UK1 | 14 | OY292296 |
| Galiomicin | GM A | – | NW_026442068 |
| | GM G | – | NTHM01000041 |
| | GM SK | – | NHTH01000016 |
| | GM UK1 | 5 | OY292287 |
| Gallerimicin | GM UK2 | – | CAUEHC010001648 |
| | GM USA | – | NW_022268635 |
| | GM A | – | NW_026442068 |
| | GM G | – | NTHM01000041 |
| Gloverin | GM SK | – | NHTH01000016 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010002375 |
| | GM USA | – | NW_022268635 |
| | GM A | – | NW_026442060 |
| Inducible serine protease inhibitor 2 | GM G | – | NTHM01000022 |
| | GM SK | – | NHTH01000073 |
| | GM UK1 | 24 | OY292306 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010000355 |
| Lysozyme | GM USA | – | NW_022271647 |
| | GM A | – | NW_026442020 |
| | GM G | – | NTHM01000068 |
| | GM SK | – | NHTH01000348 |
| Proline-rich peptide 2 | GM UK1 | 27 | OY292309 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010000166 |
| | GM USA | – | NW_022271652 |
| | GM A | – | NW_026442013 |
| 16s rRNA | GM G | – | NTHM01000740 |
| | GM SK | – | NHTH01000102 |
| | GM UK1 | 6 | OY292288 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010000113 |
| 16s rRNA | GM USA | – | NW_022273793 |
| | GM A | – | NW_026442151 |
| | GM G | – | NTHM01000015 |
| | GM SK | – | NHTH01000018 |
| 16s rRNA | GM UK1 | 4 | OY292286 |
| | GM UK2 | – | CAUEHC010002810 |
| | GM USA | – | NW_022272931 |
| | GM A | – | NC_028532 |
| 16s rRNA | GM SK | – | NHTH01000498 |
| | GM UK1 | mitochondion | OY292312 |
| 16s rRNA | GM USA | – | NC_028532 |

Note. A dash (–) indicates that chromosome data missing.

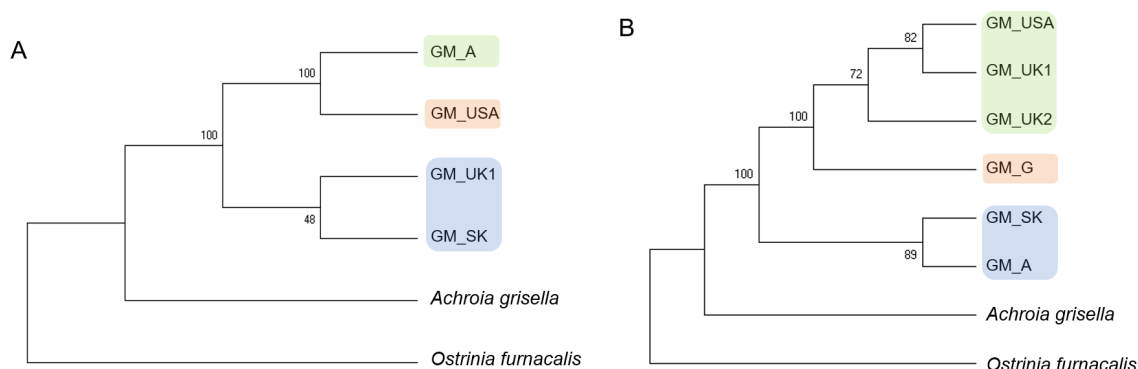


Рис. 1. Филогенетические деревья, построенные с использованием мишеней РНК и ДНК из изолятов *G. mellonella* из Великобритании (GM_UK1 и GM_UK2), Соединенных Штатов Америки (GM_USA), Южной Кореи (GM_SK), Австралии (GM_A) и Германии (GM_G). А – филогенетическое дерево, построенное с использованием 16S РНК; В – филогенетическое дерево с 11 мишенями ДНК, кодирующими антимикробные пептиды *G. mellonella*

Fig. 1. Phylogenetic trees constructed using RNA and DNA targets from *G. mellonella* isolates from United Kingdom (GM_UK1 and GM_UK2), Unites States of America (GM_USA), South Korea (GM_SK), Australia (GM_A) and Germany (GM_G). A – A phylogenetic tree constructed using 16S RNA; B – A phylogenetic tree with 11 DNA targets encoding antimicrobial peptides in *G. mellonella*

Тенденция ветвления филогенетических деревьев с использованием аминокислот АМП показала, что изоляты из Германии, Южной Кореи и Австралии образуют общую группу (гловерин, цекропин, цекропин D-подобный пептид, галлиомицин и аполифорицин), а Австралия образует одну отдельную группу (анионный пептид 1, богатый пролином пептид 1 и лизоцим) или Соединенные Штаты Америки, разделяющие группу с изолятом из Соединенного Королевства, за исключением дерева из цекропина, демонстрируя наиболее сложную дивергенцию клад для каждого изолята из двух стран (рис. 2). Согласно оценке индекса диспаратета для 8 из 11 доступных нуклеотидных последовательностей АМП была проведена оценка 3291 позиции по степени различий в смещениях базового состава между последовательностями. Для последовательностей из Южной Кореи и Австралии можно сказать, что они развивались с одинаковым паттерном замещения, в отличие от Соединенных Штатов Америки, Великобритании, Германии.

Большинство АМП являются катионными, обладают широким спектром антибактериальной и/или грибковой активности. По данным литературного поиска, лебоцин-подобный анионный пептид 1 обладает антибактериальной активностью в отношении грамположительных бактерий *M. luteus* и *L. monocytogenes* и противогрибковой активностью в отношении *A. niger* и *T. harzianum*. Цекропины являются линейными амфипатическими пептидами с α -спиральной структурой.

Цекропин-подобный пептид был впервые очищен из гемолимфы личинок *G. mellonella*, стимулированных иммунитетом. Он синтезируется из 22 аминокислот и дополнительным пропептидом из 4 остатков. Молекулярная масса пептида из 37 остатков составляет 4,16 кДа. Он имеет сходство с це-

кропинами А и В из *Hyalophora cecropia*, *Hyphantria cunea* и *Bombux mori*. Этот катионный пептид активен против грамположительных и грамотрицательных бактерий.

В наборе транскриптомных данных было идентифицировано четыре различных цекропина. Они также включали цекропин А и D из гемолимфы *G. mellonella*. Пептид цекропина А проявляет эффективность *in vitro* против некоторых грамотрицательных и грамположительных бактерий, грибов, видов *Leishmania*, *Entamoeba histolytica*. Его транскрипция стимулируется в эпителиальных клетках в присутствии живых бактерий [9]. Взаимодействие пептида Цекропина D с бактериальными клетками *E. coli* приводит к внутриклеточным повреждениям: потере многослойной структуры клеточной оболочки, образованию мембранных везикул и расширению периплазматического пространства, что в конечном итоге приводит к гибели бактерий [10]. Этот пептид массой 4,2 кДа активен против грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также против нитчатых грибов *Aspergillus niger*.

Дефенсин обладает противогрибковой активностью в отношении *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Corni fructus*, *Fusarium oxysporum*, *Pichia pastoris*, *Pachysolen tannophilus* и *Trichoderma harzianum* [11].

Морицин-подобные пептиды и гловерины интригующе ограничены отрядом Lepidoptera. Первые исследования впервые обнаружили пептиды у *B. mori*. У *G. mellonella* есть 8 генов, кодирующих 7 различных морицин-подобных пептидов (2 зрелых транскрипта идентичны). Они особенно активны против нитчатых грибов, а также в определенной степени против дрожжей, грамположительных и грамотрицательных бактерий и вирусов. Морицины относятся к амфипатическим α -спиральным анти-

микробным пептидам. Гловерины – это основные, термостабильные белки, обогащенные остатками глицина, но лишенные цистеинов. Антимикробная активность гловерина основана на взаимодействии с липополисахаридами бактерий и компонентами мембран грибов, а также способна инактивировать бакуловирусы. Гловерины впервые были обнаружены у шелкопряда *Hyalophora gloveri*. Среди иммуноиндуцированных транскриптов *G. mellonella* были идентифицированы 5 членов семейства гловеринов.

Основная функция пептидов, таких как галлеримицин и галиомицин, – противогрибковая. Галлеримицин был идентифицирован в 2003 году. Его выведенная аминокислотная последовательность демонстрирует сходство с противогрибковым пептидом дрозомицином из *D. melanogaster* и гелио-

мицином из *Heliothis virescens*. Рекомбинантный препротейн обладает 76 аминокислотами и имеет молекулярную массу 11,6 кДа. Рекомбинантный белок проявляет активность против энтомопатогенного грибка *M. anisopliae*. кДНК галиомицина состоит из 622 нуклеотидов и содержит открытую рамку считывания из 216 нуклеотидов, что соответствует препротейну с 72 остатками. Зрелый белок содержит 43 остатка и имеет молекулярную массу 4,7 кДа. Как и все дефенсины насекомых, он содержит 6 остатков цистеина, которые образуют 3 внутримолекулярные дисульфидные связи. Он на 90,7 % идентичен гелиомицину. Этот защитный пептид проявляет активность против 2 нитчатых грибов и дрожжей, но не проявляет антибактериальной активности.

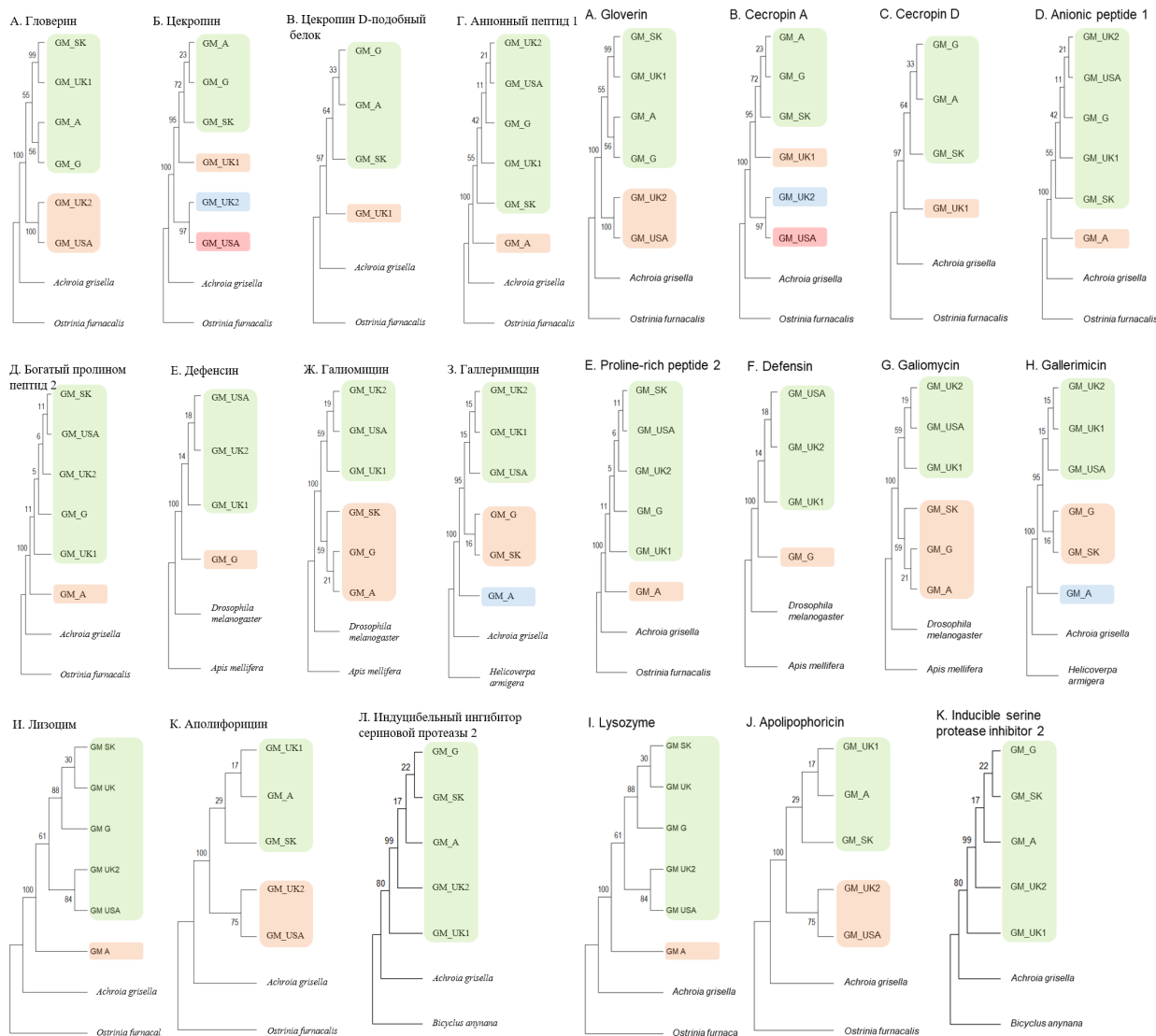


Рис. 2. Филогенетические деревья каждой из 11 ДНК-мишеней, кодирующих антимикробные пептиды *G. mellonella* из Великобритании (GM_UK1 и GM_UK2), Соединенных Штатов Америки (GM_USA), Южной Кореи (GM_SK), Австралии (GM_A) и Германии (GM_G)

Fig. 2. Phylogenetic trees from each of the 11 DNA targets encoding antimicrobial peptides in *G. mellonella* from the United Kingdom (GM_UK1 and GM_UK2), United States of America (GM_USA), South Korea (GM_SK), Australia (GM_A), and Germany (GM_G)

Пожалуй, одними из важных по своим функциям являются лизоцим и аполипофорин-III, оказывающие антибактериальное воздействие [12]. У некоторых насекомых, включая *Manduca sexta*, аполипофорин-III был впервые идентифицирован как белок, участвующий в транспорте липидов, который мобилизует диацилглицерины из жирового тела в мышцу крыла через гемолимфу. Кроме того, по данным авторов, этот белок является положительным регулятором развития плазмодий у комара *Anopheles stephensi*. Согласно другим исследованиям, структурные характеристики аполипофорин-III включают сегменты амфипатических α -спиралей, которые позволяют ему связывать нейтральные липиды как у прямокрылых, так и у чешуекрылых [13]. Значение аполипофорин-III *G. mellonella* в гуморальном иммунном ответе привело к обширным исследованиям этого белка. Когда восковая моль подвергается воздействию патогенных агентов, уровень этого белка массой 18 кДа повышается, что облегчает клеточные процессы, такие как инкапсуляция. Хотя связанный с липидами аполипофорин-III менее эффективен в связывании с липополисахаридами [14], существуют убедительные доказательства того, что структурная ассоциация аполипофорин-III с липидами способствует его иммуномодулирующим функциям. Кроме того, аполипофорин связывается с β -1,3-глюканами независимо от его структурной конформации и связи с липидами. Согласно другим исследованиям, этот опсонин демонстрирует высокую гомологию с аполипофорин-III млекопитающих, который принимает участие в иммунных процессах, таких как детоксикация ЛПС, стимулирует фагоцитоз и высвобождает оксид азота из тромбоцитов. Исследованиям об иммуностимулирующих функциях аполипофорин-III показали, что он способствует активности антимикробного пептида цекропина и увеличивает антибактериальную активность гемолимфы, а также производство гемоцитами супероксида. Также аполипофорин-III координируется с лизоцимом *G. mellonella*, усиливая пермеабилизирующее действие лизоцима против грамотрицательных бактерий. Индуцибельный ингибитор сериновой протеазы 2 ингибирует трипсин и токсиную протеазу PR2 *Metarhizium robertsii*. Маловероятно, что биологическая роль индуцибельных ингибиторов протеаз, выделенных из бесклеточной гемолимфы *G. mellonella*, ограничивается контролем протеаз, секретируемых инвазивными патогенами. Гормоны регулируют ингибирующую активность сериновых протеаз в гемолимфе изучаемых видов чешуекрылых, причем эта активность варьирует на разных стадиях развития. Усиление регуляции у *G. mellonella* во время окукливания может указывать на то, что эндогенные протеазы регулируются во время метаморфоза. Возможно, индуцибельный ингибитор сериновой протеазы 2 также регулирует

эндогенные протеазы, которые активируются в ответ на микробную инфекцию, в дополнение к ингибированию микробных протеаз [15].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В данном исследовании нам удалось обнаружить и провести анализ всех или части из найденных в генетических базах данных пептидов и белков, среди которых богатый пролином пептид 2, лебоцин-подобный анионный пептид 1, дефенсин, галиомицин, цекропин А-подобный пептид (цекропин А, цекропин), цекропин D-подобный пептид (цекропин D), аполипофорин, галеримицин и лизоцим. Однако в данном исследовании нам не удалось найти данные по аполипофорину-III, гемолину, катионному белку 8, белкам распознавания пептидогликана, некоторым морицинам и цекропинам, ингибитору металлопротеиназы, богатому пролином пептиду 2 и анионному пептиду 2. На данный момент известно, что иммунный ответ *G. mellonella*, который состоит как из клеточных, так и из гуморальных компонентов, является его основным преимуществом при исследовании взаимоотношений «патоген – хозяин». Гемоциты, которые участвуют в фагоцитозе, узелковании, инкапсуляции, свертывании крови и меланизации после обнаружения патогена, опосредуют клеточный ответ *G. mellonella*. Кроме того, иммунные клетки *G. mellonella* выделяют в гемолимфу растворимые эффекторные химические вещества, такие как опсонины, лизоцимы, феноксидаза, ингибиторы металлопротеиназ насекомых и антимикробные пептиды. Опсонины насекомых способны идентифицировать и связывать связанные с патогеном химические структуры, такие как β -1,3-глюканы, липополисахариды и липотейхоевая кислота. На данный момент у *G. mellonella* насчитывается четыре различных типа опсонов: гемолин, катионный белок 8, аполипофорин-III и белки распознавания пептидогликана. Цекропины, альфа-спиральные пептиды массой 4 кДа, которые в основном активны против грамположительных и грамотрицательных бактерий, и альфа-спиральные морицины, которые активны против грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также грибов, входят в число антимикробных пептидов, кодируемых геномом *G. mellonella*. Восемь генов кодируют морицины; четыре белка, идентифицированные как морицин А, В, С3 и D, были выделены из гемолимфы. Гловерины – это пептиды с высоким содержанием глицина, которые в первую очередь действуют против грамотрицательных бактерий. Транскриптом иммунизированных личинок был обнаружен в 2011 году, а весь их геном был секвенирован в 2018 году. С помощью транскриптомного анализа обнаружено пять транскриптов гловерина. К пептидам с преимущественно противогрибковым действием относятся те, которые имеют во вторичной структуре дисульфидные мостики, например галеримицин и

галиомицин. Кроме того, *G. mellonella* продуцирует два богатых пролином белка и два анионных пептида. Гемолимфа нестимулированных личинок содержит защитно-активные белки гемолимфы лизоцим и аполипофорин-III. Лизоцим представляет собой мурамидазу, которая разрушает связи в бактериальном пептидогликаниде между N-ацетилглюкозамином и N-ацетилмурамидной кислотой; однако было также показано, что этот белок обладает неферментативной противомикробной активностью. Одним из примеров многофункционального белка является аполипофорин-III, который участвует в доставке жирных кислот к мышцам во время полета. Кроме того, он действует как рецептор PPP и обладает антибактериальными свойствами. Действие антимикробных пептидов может стимулироваться обоими белками. Ингибитор металлопротеиназы насекомых – это один из наиболее интересных защитных химических веществ, обнаруженных у *G. mellonella*. Патогенные бактерии и грибы вырабатывают металлопротеиназы в гемолимфе для расщепления иммунологически значимых белков и пептидов. Дальнейшие исследования с генетическим материалом и генетическими базами данных должны решить проблему обнаружения перечисленных АМП и белков.

Благодаря пониманию генетического разнообразия можно облегчить анализ признаков для поиска выгодных генетических вариаций. Некоторые из АМП, использованных в этом исследовании, могут привести к образованию отдельных групп *G. mellonella*. Аллели генов, кодирующих АМП, исследованные среди зарегистрированных изолятов *G. mellonella*, демонстрируют наличие аминокислотного разнообразия АМП и, таким образом, потенциально разнообразия в конкретных молекулярных функциях кодируемых генов и характера их взаимодействия с патогенами и, следовательно, потенциального разнообразия в иммунном ответе хозяина. Хотя биоинформатический анализ может дать ценную информацию об изменчивости врожденного иммунного ответа, важно учитывать, что результаты могут не полностью отражать сложные взаимодействия внутри живого организма, такого как *Galleria mellonella*. Например, известно, что устойчивость *G. mellonella* меняется с возрастом личинки и зависит от многих факторов, таких как внешняя температура, гормоны и диета. Также появляется все больше сообщений о роли липидных медиаторов в модуляции иммунитета *G. mellonella*. Устойчивость *G. mellonella* также зависит от предыдущего опыта особей (механического или теплового стресса). Эти факторы, примененные до заражения, делают *G. mellonella* более устойчивой к дальнейшему заражению. Тепловой шок, примененный до заражения, по-разному модулирует определенные компоненты иммунного ответа *G. mellonella* после заражения *B. thuringiensis*. Экспрессия генов, кодирующих антимикробные пептиды,

повышена у предварительно подвергнутых шоку животных по сравнению с личинками, постоянно содержащимися при оптимальной температуре роста, в то время как экспрессия индуцибельного ингибитора сериновой протеазы 2 в жировом теле не была затронута. Количество аполипофорина III было немного выше у предварительно подвергнутых шоку животных. Антимикробные пептиды и аполипофорин III очень чувствительны к перевариванию бактериальными протеазами, и эта чувствительность снижается при тепловом шоке. Более сильный тепловой шок, применяемый к уже инфицированным насекомым, подавляет экспрессию генов, вызванных иммунной системой, но у личинок, оправившихся от теплового шока, экспрессия аполипофорина III выше, чем у инфицированных животных, не подвергавшихся воздействию повышенной температуры. С учетом того, что насекомые, использованные для генетического анализа, были взяты из разных типов экосистем и на разных этапах роста, вероятно и наличие ассоциированных изменений в последовательностях аминокислот, использованных в данном исследовании.

Несмотря на то что насекомые обладают только врожденной иммунной системой, которая лишена T-, B-клеток и антител, некоторые насекомые, подвергшиеся заражению низкими дозами микроорганизмов, более устойчивы к следующему заражению. Обнаружение рецепторов у *D. melanogaster*, которые перестраиваются после иммунного воздействия, позволяют мухе более эффективно реагировать на повторное заражение. Это явление называется иммунным праймингом, или обученным иммунитетом. Предварительное воздействие *S. albicans* или *S. cerevisiae* на *G. mellonella* приводит к повышению устойчивости насекомого к дальнейшей инъекции *S. albicans*. Прайминг *G. mellonella* был достигнут после инъекции иммунных элиситоров: глюкоана, ламинарина или убитых нагреванием бактерий. Иммунный прайминг также может быть трансгенерационным (25-е поколение личинок *G. mellonella* под селективным давлением *Beauveria bassiana* проявило устойчивость к этому патогену). Такая устойчивость включает передовую линию защиты (внешние покровы), поэтому личинки были лучше защищены от вторжения патогенов. Трансгенерационный иммунный прайминг *G. mellonella* может быть опосредован материнской передачей бактерий развивающимся яйцам. С учетом этого результаты, показавшие изменения в последовательностях аминокислот у разных популяций, могут быть потенциально связаны и с неумышленным и/или естественным иммунным праймингом *G. mellonella*. Дальнейшие лабораторные испытания с использованием биогеографически различных популяций данного насекомого помогут провести углубленное разделение на устойчивые и восприимчивые группы.

Библиографический список (References)

1. Gyssens I. C. Animal models for research in human infectious diseases. CMI editorial policy. *Clinical Microbiology and Infection*. 2019; 25: 649–650. DOI: 10.1016/j.cmi.2019.04.010.
2. Cutuli M. A., Petronio G., Vergalito F., Magnifico I., Pietrangelo L., Venditti N., Di Marco R. *Galleria mellonella* as a consolidated in vivo model hosts: new developments in antibacterial strategies and novel drug testing. *Virulence*. 2019; 10 (1): 527–541. DOI: 10.1080/21505594.2019.1621649.
3. Gunatilake M. History and development of laboratory animal science in Sri Lanka. *Animal Models and Experimental Medicine*. 2018; 1 (1): 3–6. DOI: 10.1002/ame2.12003.
4. Ménard G., Rouillon A., Cattoir V., Donnio P. Y. *Galleria mellonella* as a suitable model of bacterial infection: past, present and future. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2021; 11: 782733. DOI: 10.3389/fcimb.2021.782733.
5. Pereira M. F., Rossi C. C., da Silva G. C., Rosa J. N., Bazzolli D. M. S. *Galleria mellonella* as an infection model: an in-depth look at why it works and practical considerations for successful application. *Pathogens and Disease*. 2020; 78 (8): ftaa056. DOI: 10.1093/femspd/ftaa056.
6. Ramirez J. L., Hampton K. J., Rosales A. M., Muturi E. J. Multiple mosquito AMPs are needed to potentiate their antifungal effect against entomopathogenic fungi. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 13: 1062383. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1062383.
7. Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA 11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution*. 2021; 38 (7): 3022–3027. DOI: 10.1093/molbev/msab120.
8. Andrejko M., Mak P., Siemińska-Kuczer A., Iwański B., Wojda I., Suder P., Kuleta P., Regucka K., Cytryńska M. A comparison of the production of antimicrobial peptides and proteins by *Galleria mellonella* larvae in response to infection with two *Pseudomonas aeruginosa* strains differing in the profile of secreted proteases. *Journal of Insect Physiology*. 2021; 131: 104239. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2021.104239.
9. Vergis J., Malik S. V. S., Pathak R., Kumar M., Kurkure N. V., Barbudhe S. B., Rawool D. B. Exploring *Galleria mellonella* larval model to evaluate antibacterial efficacy of Cecropin A (1-7)-Melittin against multi-drug resistant enteroaggregative *Escherichia coli*. *Pathogens and Disease*. 2021; 79 (3): ftab010. DOI: 10.1093/femspd/ftab010.
10. Zdybicka-Barabas A., Stączek S., Pawlikowska-Pawłęga B., Mak P., Luchowski R., Skrzypiec K., Mendyk E., Wydrych J., Gruszecki W. I., Cytryńska M. Studies on the interactions of neutral *Galleria mellonella* cepropin D with living bacterial cells. *Amino Acids*. 2019; 51: 175–191. DOI: 10.1007/s00726-018-2641-4.
11. Stączek S., Zdybicka-barabas A., Wojda I., Wiater A., Mak P., Suder P., Skrzypiec K., Cytryńska M. Fungal α -1,3-glucan as a new pathogen-associated molecular pattern in the insect model host *Galleria mellonella*. *Molecules*. 2021; 26 (16): 5097. DOI: 10.3390/molecules26165097.
12. Vertyporokh L., Kordaczuk J., Mak P., Hulaś-Stasiak M., Wojda I. Host-pathogen interactions upon the first and subsequent infection of *Galleria mellonella* with *Candida albicans*. *Journal of Insect Physiology*. 2019; 117: 103903. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2019.103903.
13. Ramírez-Sotelo U., García-Carnero L. C., Martínez-Álvarez J. A., Gómez-Gaviria M., Mora-Montes H. M. An ELISA-based method for *Galleria mellonella* apolipoprotein-III quantification. *PeerJ*. 2024; 12: e17117. DOI: 10.7717/peerj.17117.
14. Wijeratne T. U., Weers P. M. M. Lipid-bound apoLp-III is less effective in binding to lipopolysaccharides and phosphatidylglycerol vesicles compared to the lipid-free protein. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2019; 458 (1–2): 61–70. DOI: 10.1007/s11010-019-03530-x.
15. Serrano I., Verdial C., Tavares L., Oliveira M. The virtuous *Galleria mellonella* model for scientific experimentation. *Antibiotics*. 2023; 12 (3): 505. DOI: 10.3390/antibiotics12030505.

Об авторе:

Николай Дмитриевич Шамаев, кандидат биологических наук, доцент кафедры прикладной экологии Института экологии и природопользования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация; лаборант-исследователь, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России, Казань, Россия; старший преподаватель кафедры медицинской биологии и генетики, Казанский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации; ORCID 0000-0002-0575-3760, AuthorID 972199. E-mail: nikolay1157@gmail.com

Author's information:

Nikolay D. Shamaev, candidate of biological sciences, associate professor of the department of applied ecology, Institute of ecology and nature management, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; laboratory research assistant, Kazan State Medical Academy – branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia, Kazan, Russia; senior lecturer, department of medical biology and genetics, Kazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; ORCID 0000-0002-0575-3760, AuthorID 972199. E-mail: nikolay1157@gmail.com

Экономические модели расчета, планирования и принятия решений в хмелеводстве

О. Г. Афанасьева[✉], С. П. Филиппова

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

[✉]E-mail: olesyafanaseva@gmail.com

Аннотация. Цель исследования – изучить основные мировые инструменты, формирующие широкие возможности для планирования и принятия решений в хмелеводстве, путем их структурирования и систематизации. Преимущества моделей учтены при разработке структуры собственной экономической модели расчета планирования и принятия решений в хмелеводстве. **Методы** исследования: монографическое изучение и анализ финансово-экономических показателей хмелеводства разных стран на основе исследования зарубежных моделей расчета эффективности отрасли, а именно: 1) университета штата Пенсильвания (США); 2) университета штата Вашингтон (США); 3) совместной модели университета штата Мичиган и университета Вермонта (США) и 4) модели от Словенского института исследований хмеля и пивоварения. На основе исследований сформировано схематичное представление алгоритмов работы моделей. Представлены блок-схемы основных процессов разрабатываемой авторами российской модели планирования и принятия решений в отечественном хмелеводстве. **Научная новизна.** Представленная авторами экономическая модель планирования и принятия решений в хмелеводстве посредством моделирования станет первой подобной моделью в России. Для сравнения: в Европе расчетная модель для хмелеводов была разработана еще в 90-х гг. XX века, в США модели существуют в различных вариациях и сформированы для разных масштабов деятельности и площадей насаждений хмеля: от 2 до 250 га. **Результаты.** Закладывание в разрабатываемую модель двойного расчета кардинально отличает создаваемую российскую модель от всех анализируемых выше подходов и является принципиальным преимуществом, так как дает возможность проведения отдельной оценки как денежных потоков, в том числе капитальных вложений, так и экономических результатов эффективности деятельности хозяйствующего субъекта – хмелевода. При этом два отдельных вида расчета представлены в единой модели, что позволяет сформировать полное представление о финансовом состоянии компании как для внешних пользователей, так и для собственника бизнеса.

Ключевые слова: хмелеводство, хмель, организация производства, оптимизационная модель, экономическая модель, планирование, бюджет, имитационный анализ, ЭММ

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-20246 и Чувашской Республики, <https://www.rscf.ru/project/24-28-20246>.

Для цитирования: Афанасьева О. Г., Филиппова С. П. Экономические модели расчета, планирования и принятия решений в хмелеводстве // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1502–1513. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1502-1513>.

Дата поступления статьи: 24.04.2024, **дата рецензирования:** 26.08.2024, **дата принятия:** 05.09.2024.

Economic models of calculation, planning and decision-making in hop growing

O. G. Afanaseva[✉], S. P. Filippova

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

[✉]E-mail: olesyafanaseva@gmail.com

Abstract. The purpose of the research is to study the main global instruments that create broad opportunities for planning and decision-making in hop growing by structuring and systematizing them. The advantages of the models are taken into account when developing the structure of our own economic model for calculating planning and decision-making in hop growing. **Research methods** are a monographic study and analysis of financial and economic indicators of hop growing in different countries based on a study of foreign models for calculating the efficiency of the industry, namely: 1) Pennsylvania State University (USA); 2) Washington State University (USA); 3) a joint model of Michigan State University and the University of Vermont (USA) and 4) a model from the Slovenian Institute for Hop and Brewing Research. Based on the research, a schematic representation of the algorithms for the operation of the models was formed. Block diagrams of the main processes of the Russian model for planning and decision-making in domestic hop growing developed by the authors are presented. **Scientific novelty.** The economic model of planning and decision-making in hop growing through modeling presented by the authors will be the first such model in Russia. For comparison, in Europe a similar model for hop growers was developed back in the 90s of XX century, in the USA, models exist in various variations and are formed for different scales of activity and areas of hop plantings: from 2 to 250 hectares. **Results.** The inclusion of double calculation in the developed model radically distinguishes the created Russian model from all the approaches analyzed above and is a fundamental advantage, since it makes it possible to conduct a separate assessment of both cash flows, including capital investments, and the economic results of the efficiency of the activity of an economic entity – a hop grower. At the same time, two separate types of calculations are presented in a single model, which will provide a complete picture of the company's financial condition for both external users and the business owner.

Keywords: hop growing, hops, production organization, optimization model, economic model, planning, budget, simulation analysis, EMM

Acknowledgments. The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 24-28-20246 and the Chuvash Republic, <https://www.rscf.ru/project/24-28-20246>.

For citation: Afanaseva O. G., Filippova S. P. Economic models of calculation, planning and decision-making in hop growing. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1502–1513. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1502-1513>. (In Russ.)

Date of paper submission: 24.04.2024, **date of review:** 26.08.2024, **date of acceptance:** 05.09.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

В соответствии с Федеральным законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ (в ред. от 17.02.2023) стратегическим планированием является деятельность участников стратегического планирования по целеполаганию, прогнозированию, планированию и программированию социально-экономического развития страны, субъектов муниципальных образований.

Целеполагание – это определение направлений, целей и приоритетов социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности страны. Прогнозирование – деятельность по разработке научно обоснованных представлений о рисках социально-экономического развития, пла-

нирование – деятельность по разработке и реализации основных направлений деятельности.

Указанный нормативный документ является базисом, в соответствии с которым принят ряд стратегических документов в сфере сельского хозяйства и АПК в целом, которые выполняют регулируемую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны, вовлечения в оборот новых сельскохозяйственных земель, эффективного управления ими, решение вопросов импортозамещения и т. д. [1]. К ним относятся «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р и прочие.

Несмотря на глобальный характер анализируемых нормативных документов, задачи стратегического планирования отдельных направлений сельского хозяйства должны коррелироваться с системой планирования непосредственно аграриев, их стратегическими планами на длительный, среднесрочный и короткий периоды, финансовыми планами [2; 3].

Руководители аграрных предприятий, со своей стороны, также постоянно принимают решения, часть из которых является стратегическими и формирует политику хозяйствования на длительный срок, некоторые, напротив, являются тактическими и решают оперативные вопросы, к примеру, снабжения или сбыта продукции [4]. Одни направления принимаемых решений могут быть редкими, например, вопросы капитального вложения или найма ключевых сотрудников, другие принимаются постоянно с определенной периодичностью – это продажа урожая или организация его сбора. Указанные решения могут касаться любого аспекта бизнеса, включая организацию производства, управление персоналом или финансирование проектов и т. д. [5; 6].

Система планов аграриев также состоит из ряда элементов – это программы и проекты. Программы направлены на развитие или совершенствование какого-то одного выбранного направления деятельности предприятия [7]. Это могут быть организация производства, ускорение оборачиваемости запасов, дебиторской задолженности и так далее. Проекты являются более детализированными элементами системы планирования и содержат в себе установленную стоимость осуществления задуманного, определенные сроки этапов, включают технические и финансовые параметры. К проектам можно отнести и бизнес-планы компаний. Объем плановой документации зависит от масштабов предприятия [8; 9].

Поскольку многие решения имеют важные финансовые последствия, аграрию необходимо последовательно анализировать альтернативы возможных вариантов развития своего бизнеса. Некоторые альтернативы легко анализируются, и решение может быть принято быстро [10]. В других случаях требуется больше времени, чтобы осознать и оценить все потенциальные последствия принимаемых шагов. Для этого необходима система принятия решений, которая поможет проанализировать соответствующие компромиссы и определить жизнеспособность направлений деятельности [11; 12].

В этой связи в работе исследуются имеющиеся инструменты, которые формируют основу для анализа широкого спектра решений, рассматриваемых или принимаемых в управлении хмелеводческим хозяйством.

Методология и методы исследования (Methods)

В научном исследовании использованы теоретико-эмпирический метод и метод научного обобщения (описание системы и принципов планирования, реализация инструментов, используемых в планировании и принятии решений в хмелеводстве за рубежом и в России); проведен анализ имеющихся методологий планирования и прогнозирования в хмелеводстве:

- 1) модель для принятия решений в хмелеводстве от университета штата Пенсильвания;
- 2) модель оценки стоимости выращивания и производства хмеля от университета штата Вашингтон;
- 3) совместная модель расчета бюджетов хмелеводов от университета штата Мичиган и университета Вермонта;
- 4) модель для анализа в хмелеводстве SIMANOP от Словенского института исследований хмеля и пивоварения.

Результаты (Results)

Расчет методологии университета штата Пенсильвания формируется отдельно по затратам, возникшим в процессе подготовки почвы и насаждений хмеля, а также при выращивании хмеля до полного плодоношения и в процессе ухода за плодоносящим хмелем [13; 14]. В целом структура методологии работы строится на разделении затрат на переменные и постоянные (рис. 1).

В модели большое внимание уделено распределению затрат аграриев на постоянные и переменные. К переменным исследователи относят расходы, которые изменяются в зависимости от объема производства в течение производственного периода и возникают в результате использования приобретенных ресурсов и собственных активов. Например, это расходы на семена и посадочный материал, удобрения и известь, пестициды, топливо, ремонт и техническое обслуживание оборудования, страхование урожая, почасовую или сезонную рабочую силу, маркетинг. Если земля или здания арендуются, они тоже включаются в переменные затраты.

К постоянным затратам относятся расходы, которые не меняются в зависимости от объемов выпускаемой продукции и являются результатом владения активами. К таким затратам относятся амортизация, налоги, земля в собственности, расходы на ремонт основных средств, страхование. Амортизация должна учитываться линейным методом, основанным на фактических годах использования и исходя из типичной ликвидационной стоимости. Не рекомендуется использовать ускоренные методы, которые в соответствии с законодательством возможно применить в учете с целью расчета налогов. В раздел фиксированных затрат также можно включить расходы на управление и накладные.

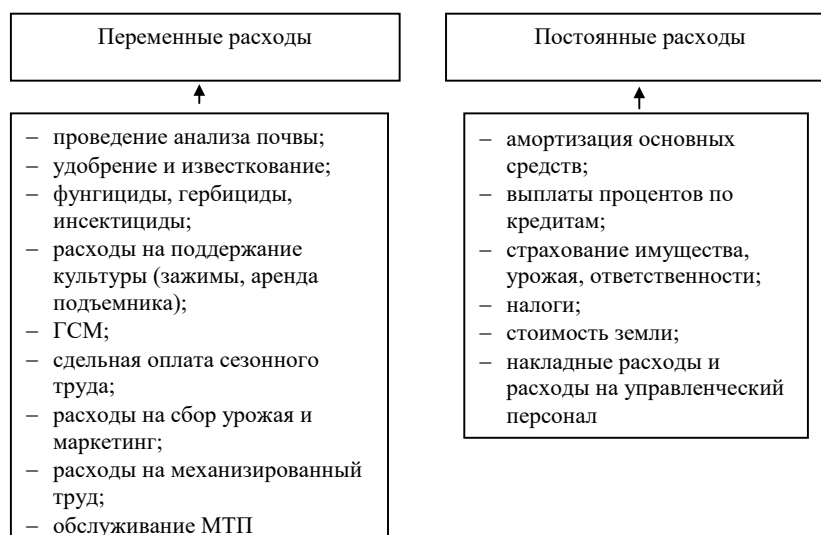


Рис. 1. Структура распределения затрат в модели университета штата Пенсильвания. Блок-схема разработана авторами

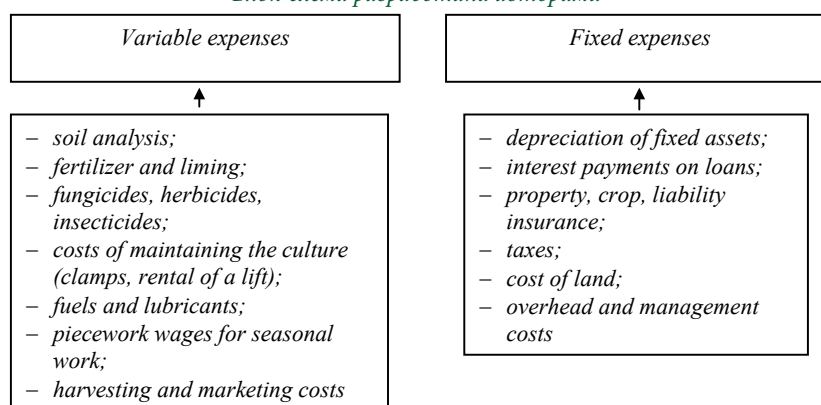


Fig. 1. Cost Allocation Structure of the Pennsylvania State University Model. The flowchart was developed by the authors

Сильными сторонами модели являются понятность и доступность в использовании. Все основные расчеты проведены, все этапы хмелеводства в модели учтены.

Слабыми сторонами, по мнению авторов, являются:

- 1) не представлены суммы капитальных вложений в разрезе видов основных средств;
- 2) из-за использования большого количества расчетных коэффициентов модель является неуниверсальной для широкого круга пользователей, при этом вполне может подойти для тех территорий, для которых она разрабатывалась.

Университет штата Пенсильвания разрабатывает инструменты для расчета бюджета компании по различным отраслям с учетом того, что на предприятии одновременно могут развиваться несколько направлений деятельности. Общий бюджет компании должен содержать поступления и затраты по каждой основной и побочной продукции. В дополнение авторы также предлагают разделить показатели по сортам (если это сельскохозяйственные культуры) и породам (для животных), при необходимости – даже по рынкам сбыта.

Модель оценки стоимости выращивания и производства хмеля от университета штата Вашингтон сформирована для крупных хмелеводческих хозяйств с насаждениями хмеля на площади 250 га Тихоокеанского Северо-Запада США (штатов Вашингтон, Айдахо, Орегон, на долю которых приходится 75 % всех площадей насаждения культуры США). В модели заложена доля производства ароматических сортов хмеля на уровне 80 %, что соответствует фактическому удельному весу указанных типов культуры в общем объеме выработки продукции в стране. Ротация насаждения хмеля происходит каждые 5 лет. Уровень полного плодоношения наступает на второй год выращивания [15].

Затраты на производство тоже подразделяются на переменные и постоянные. Подробная их структура представлена на рис. 2.

Сильными сторонами модели являются высокий уровень ее продуманности, и такой подход обоснован: модель разрабатывалась для глубоко специализированных хмелеводческих предприятий. В модели есть полный перечень всех затрат как в разрезе по направлениям деятельности, так и в разбивке по годам.

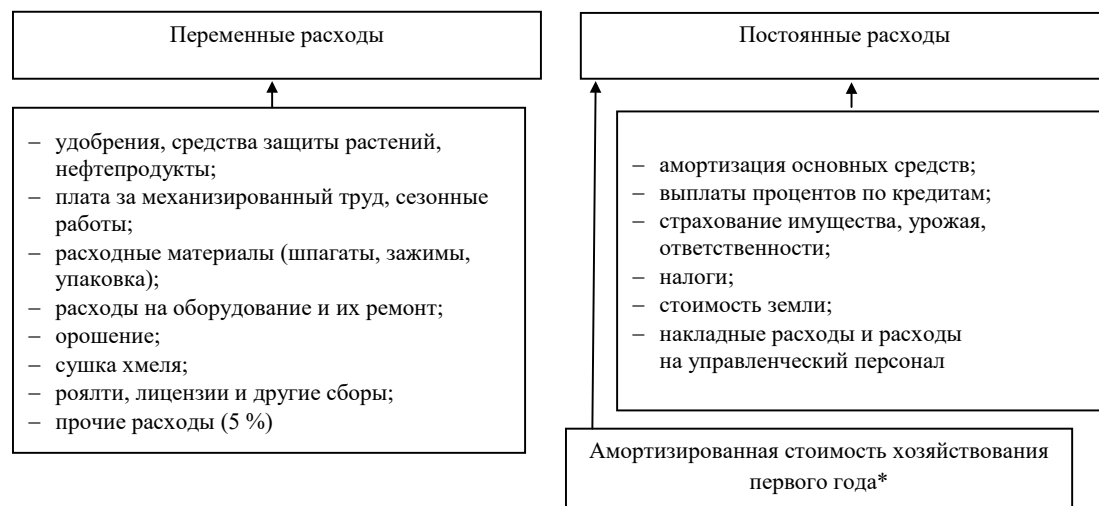


Рис. 2. Структура оценки стоимости выращивания и производства хмеля от университета штата Вашингтон.
* Представляет собой затраты, понесенные в год закладки насаждений, которые должны быть возмещены в годы зрелого производства (полное плодоношение растений хмеля заложено со второго года).

Блок-схема разработана авторами

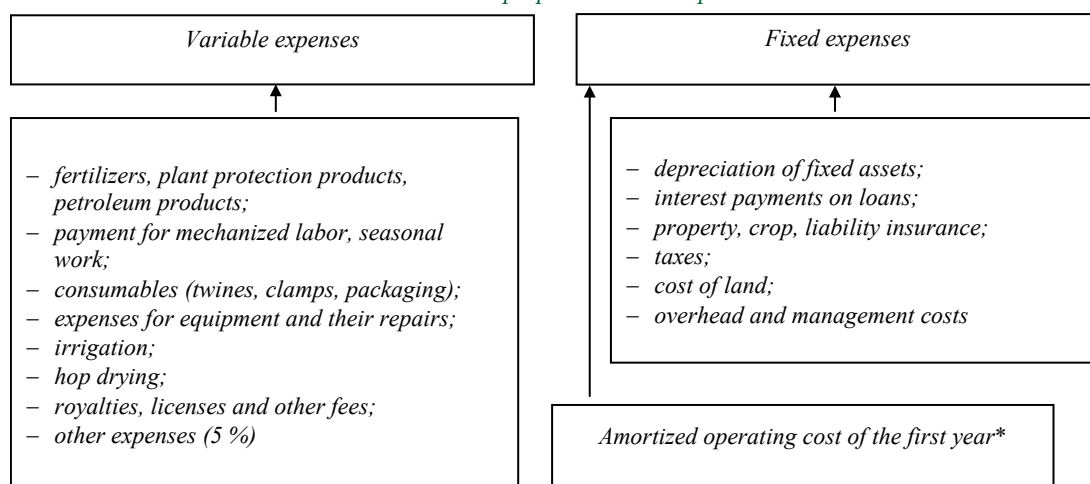


Fig. 2. Washington State University Cost Estimation Framework for Hop Cultivation and Production.

* Represents costs incurred in the year of planting, which must be reimbursed in the years of mature production (full fruiting of hop plants is established from the second year).

The flowchart was developed by the authors

Слабыми сторонами, по мнению авторов, являются следующие нюансы:

1) в перечне много вариаций специализированного оборудования, что делает модель менее универсальной для широкого круга пользователей, при этом относительно выбранных крупных типов хозяйств подобный подход может быть приемлем;

2) заложены расходы на закупку техники для передвижения работников и управленческого персонала по хмелевым плантациям (к примеру, квадроциклы и т. д.), что для отдельных хозяйств может стать лишним расходованием средств.

Совместная модель расчета бюджетов хмелеводов от университета штата Мичиган и университета Вермонта разработана для небольших фермерских хозяйств-хмелеводов с площадями выращивания культуры от 2 до 8 га. Как заявляют ученые, целью разработки расчетной модели стало обеспечение возможности оценки эффективности

ведения хмелеводства малыми хозяйствами [16]. Если во всех остальных американских моделях в затраты всегда включаются расходы на землю (покупка в собственность или аренда), то в данной модели такой вид расходов не учтен. В расходах учитываются понесенные затраты на подготовку и реализацию хмеля, указанный вид расходов составляет 50 % всех переменных расходов. Подробный перечень учтенных в модели расходов представлен на рис. 3.

Сильными сторонами модели являются:

1) возможность расчета эффективности производства продукции как при наличии собственных комплексов по первичной переработке хмеля и подготовке к продаже, так и в случае отправки хмеля на подработку в стороннюю организацию;

2) при этом модель довольно простая, но позволяет рассчитать любому фермеру основные показатели отрасли.

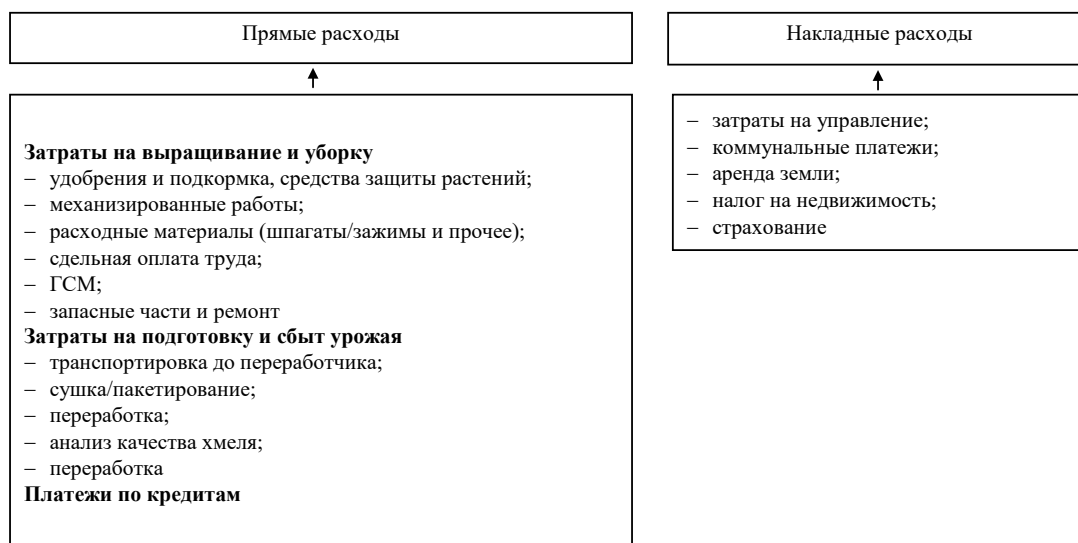


Рис. 3. Структура расчета бюджетов хмелеводов от университетов штата Мичиган и Вермонт.
Блок-схема разработана авторами

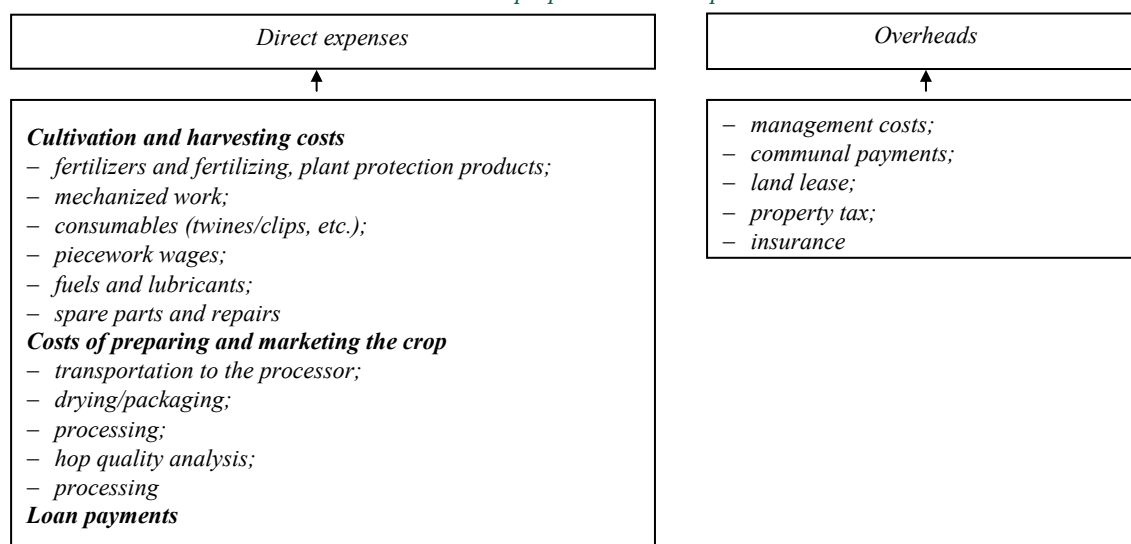


Fig. 3. The structure of calculating the budgets of hop growers from the universities of Michigan and Vermont.
The flowchart was developed by the authors

Слабые стороны модели:

1) не учтены различия хозяйствования между небольшими и более крупными фермерами;

2) наличие капитальных вложений рассчитывается с первого года. Авторы находят нецелесообразным закупать полный перечень техники в первый год, когда уборка культуры даже не предусмотрена.

В европейской модели SIMANOP также выделяются постоянные затраты и переменные. При этом переменные делятся на две группы, зависящие от площади насаждений и зависящие от урожайности культуры (рис. 4).

Целями разработки модели калькуляции SIMANOP стали:

1) реализация необходимости анализа производственных затрат выращивания хмеля для государственных структур Словении и Европейского союза в целом;

2) проведение сравнительного анализа затрат на национальном и международном уровнях;

3) определение эффективности хмелеводства и возможности моделирования ситуаций в отрасли с целью принятия управленческих решений отдельными хмелеводческими хозяйствами. В соответствии с дальнейшими целями ученых планируется доработка модели SIMANOP (созданной еще в 90-х гг. XX века) в части предоставления возможности расчетов исходя из сорта хмеля и уровня содержания альфа-кислоты.

В модели заложена ротация хмеленасаждений каждые 15–20 лет (что максимально приближено к российским реалиям), в расчетах используется поправочный коэффициент, оказывающий влияние на формирование суммы расходов на основные средства (уменьшающий расход на них) с учетом того, что основные средства на предприятии используются не только в хмелеводстве, но и в других отраслях хозяйствования [17].

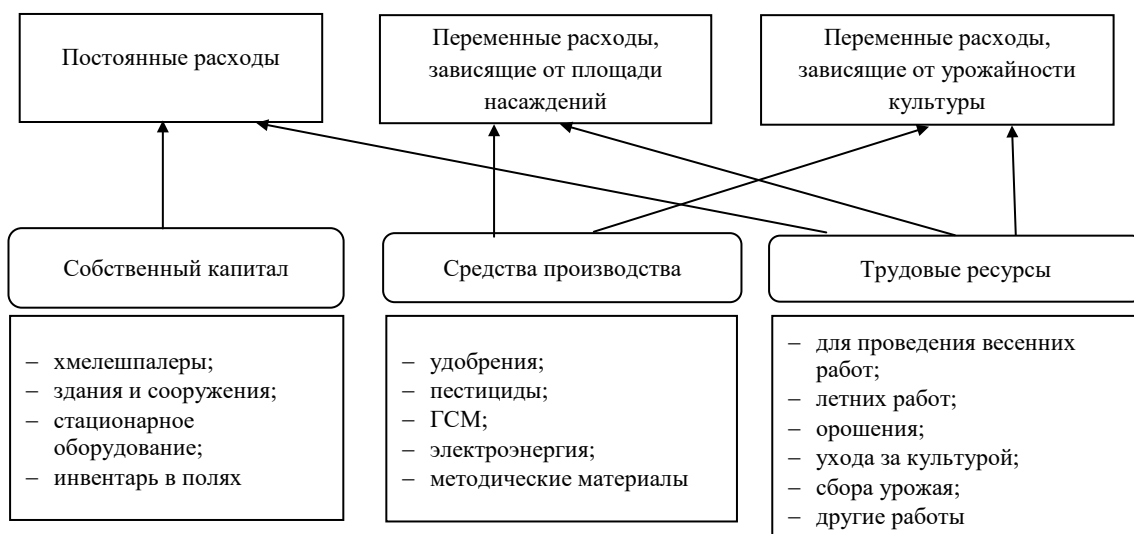


Рис. 4. Структура распределения затрат в модели калькуляции SIMANOP

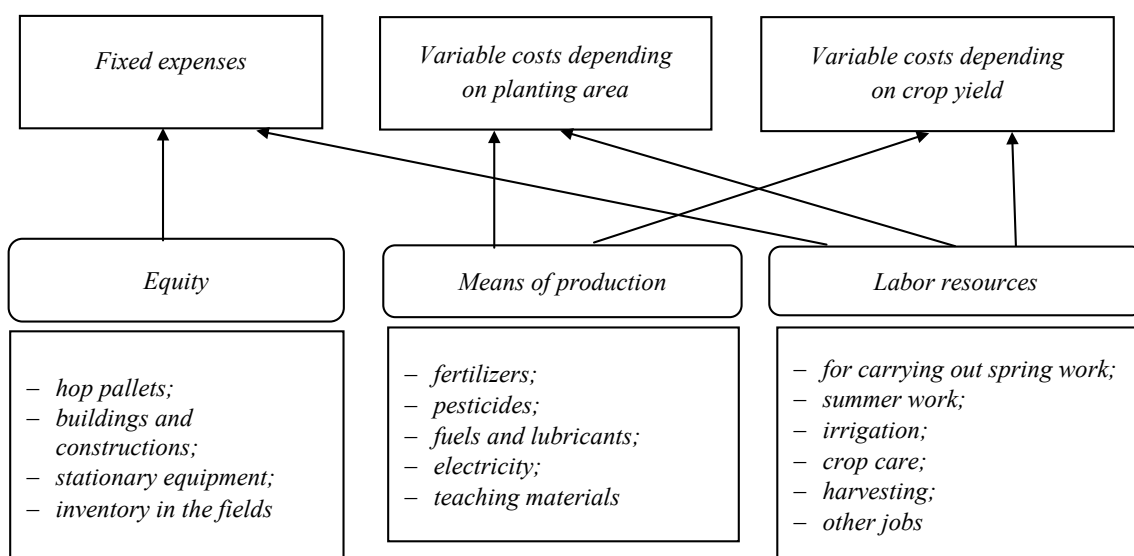


Fig. 4. Cost distribution structure in the costing model SIMANOP

Использование поправочных коэффициентов является сильной стороной модели, так как техника и оборудование, приобретаемые хмелеводческим хозяйством, могут использоваться в различных работах, в т. ч. не связанных с хмелеводством. Такая практика является существенным нововведением.

Однако при возможном желании использовать такой подход исследователи могут столкнуться с рядом проблем, так как вывести подобные общеприменительные коэффициенты – довольно труднительная работа. Показатели углубленности специализации хозяйств могут различаться не только в разрезе стран или субъектов определенной страны, но и даже в рамках одного субъекта страны. Возможно, распределение коэффициентов можно привязать к удельному весу плантаций хмеля от общих земельных площадей организации. Однако предлагаемый подход требует дополнительного изучения вопроса.

Также нет разделения перечня техники, машин и оборудования по видам работ. Возможно, нужно

было разделить расходы и по годам их осуществления. Однако с учетом того, что ротация хмелеплантаций в Словении происходит примерно каждые 15 лет, вероятно, исследователи посчитали несущественным вопрос уточнения появления инвестиционных расходов. По мнению авторов, такой подход сделал бы модель точнее.

На основе анализа имеющихся моделей, а также с учетом специфики условий отечественного производства, технологий возделывания хмеля, имеющихся нормативно-правовых документов, условий кредитования и субсидирования авторами разработана структура собственной экономической модели расчета планирования и принятия решений в хмелеводстве, которая содержит сведения о доходах и расходах (рис. 5) и движении денежных средств (рис. 6) хмелеводов.

Отчет о доходах и расходах (ОДР), или отчет о финансовых результатах (*Income Statement*), – отчет, отражающий эффективность деятельности компании через показатели прибыли.



Рис. 5. Структура расчета отчета о доходах и расходах хмелеводов в разрабатываемой авторами модели. Блок-схема разработана авторами

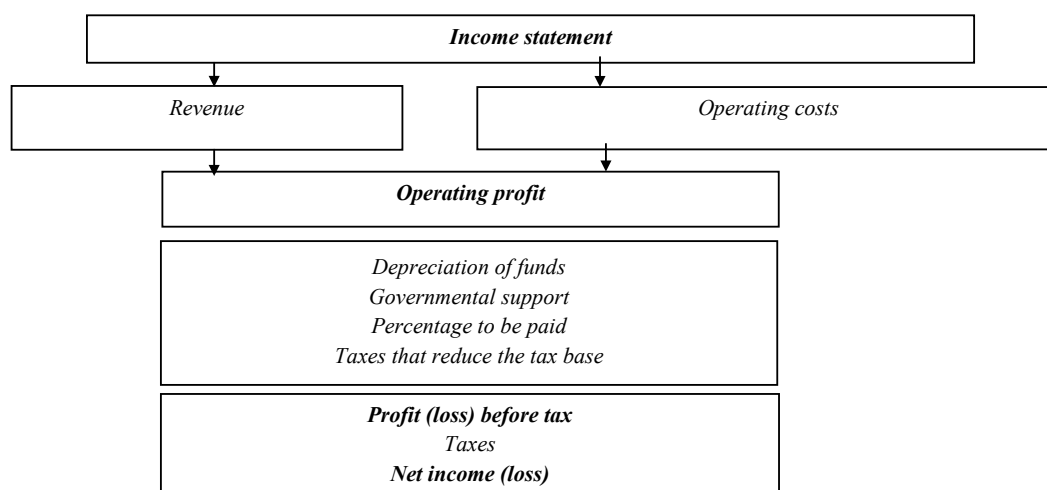


Fig. 5. The structure of calculating the report on income and expenses of hop growers in the model developed by the authors. The flowchart was developed by the authors

Формирование такого сведения позволяет установить уровень эффективности работы компании и/или отдельных направлений ее деятельности. Анализ работы проводится по итогам определенного периода, и на его основе можно принять решения о дальнейших действиях.

В модели основным функционалом ОДР является постатейное выведение показателей доходов и расходов, а также прибыли (убытка) от деятельности компании. При этом показатель конечного финансового результата рассчитывается как с учетом возможной государственной поддержки хмелевода (расчеты производятся автоматически, исходя из действующих нормативных документов и законодательства), так и без нее.

Помимо расчета экономических показателей, в модели предусмотрено формирование отчета о движении денежных средств хмелевода (рис. 6).

Отчет о движении денежных средств (ОДДС), или *Cashflow*, – отчет по денежному потоку компании. Показывает, сколько денег пришло в компанию

и сколько ушло из нее за анализируемый период. В нем можно увидеть поступления и выплаты по расходам компании.

Руководитель видит источники поступления денежных средств и направления, куда уходили деньги. Благодаря этому отчету можно оперативно влиять на денежный поток, потому что документ можно формировать за тот период, который необходим или перед принятием важных решений по возможным направлениям капитальных вложений.

Это важный отчет с точки зрения планирования. В нем фиксируются обязательные платежи – кредиты, возможные субсидии и т. д. Отчет служит для управления риском кассовых разрывов. В модели основным функционалом ОДДС является быстрый расчет окупаемости вложенных средств как с учетом дисконтирования, так и без него. На данном этапе расчет происходит с учетом субсидирования отрасли, можно добавить функционал получения результатов без учета государственной поддержки агрария.

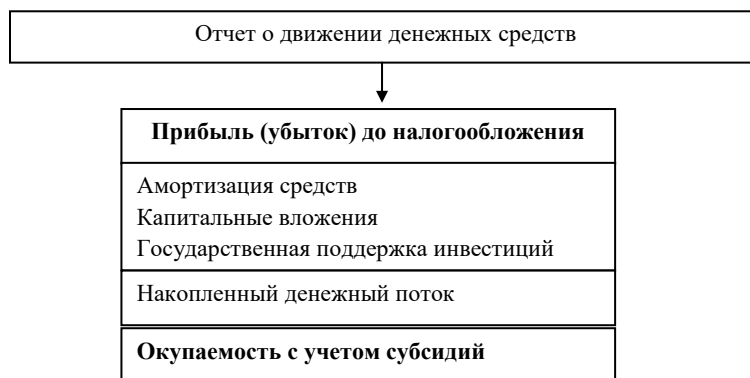


Рис. 6. Структура расчета отчета о движении денежных средств хмелеводов в разрабатываемой авторами модели. Блок-схема разработана авторами

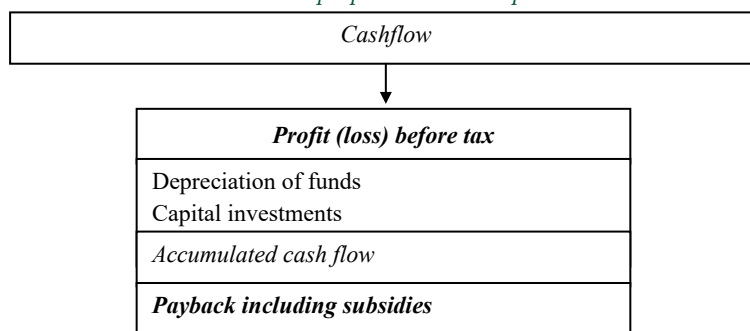


Fig. 6. The structure of calculating the cash flow statement for hop growers in the model developed by the authors. The flowchart was developed by the authors

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Отчет о доходах и расходах и отчет о движении денежных средств вместе дают полное представление о финансовом состоянии компании. При этом необходимо учитывать, что функционал каждого из указанных отчетов различен. Отчет о движении денежных средств на предприятии проще сформировать, так как он отражает реальное движение денежных средств, но этот вид отчета не отвечает на главный вопрос бизнеса: уровень его доходности (сумму прибыли) на каждом этапе – после вычета операционных затрат, до налогообложения, после уплаты налогов на прибыль. Ответы на указанные вопросы можно получить в отчете о доходах и расходах.

Закладывание в разрабатываемую модель двойного расчета кардинально отличает создаваемую российскую модель от всех анализируемых выше подходов и является принципиальным преимуществом, так как дает возможность проведения отдельной оценки как денежных потоков, в том числе капитальных вложений, так и экономических результатов эффективности деятельности хозяйствующего субъекта – хмелевода. При этом два отдельных вида расчета заложены в единую модель, что позволяет сформировать полное представление о финансовом состоянии компании как для внешних пользователей, так и для собственника бизнеса.

Модель планирования и принятия решений в хмелеводстве отличается от имеющихся на рынке

программ автоматизации бизнеса (к примеру, широко известной 1С) тем, что нет необходимости в заведении большого объема оперативных данных, которые позволяют пользователям провести ретроспективный анализ. Разрабатываемая модель функционирует на основе заложенных в саму модель расчетных инструментов и нормативных параметров, подготовленных авторами после детального изучения специфики ведения хмелеводства. Общий алгоритм функционирования расчетной модели представлен в более ранней работе авторов «Разработка экономической модели автоматизации расчетов бизнес-концепций малых сельхозпроизводителей» [18]. Для получения основных финансово-экономических результатов пользователям необходимо лишь проставить входные параметры, отражающие масштабы бизнеса конкретного хозяйства (к примеру, площадь плантаций, урожайность культуры, цены на закупаемые ресурсы и продаваемый хмель). Часть из указанных параметров в модели уже проставлена среднероссийскими данными. Можно их редактировать вручную или оставить как есть. Все это позволяет избежать необходимости ежедневного забивания оперативных данных в какую-либо систему, но при этом позволяет рассчитать эффективность ведения хмелеводства, а также оценить результативность различных планируемых изменений расширения или сужения производства. Можно проставлять входные параметры и изменять их ровно столько раз, сколько необ-

ходимо для получения максимально эффективных для хозяйства алгоритмов работы. Это позволяет сэкономить большое количество времени и определить будущие результаты от деятельности уже на этапе планирования.

Использование модели предусматривает ее применение на каждом этапе процесса планирования и его реализации:

Этап 1 – непосредственный процесс планирования и формирования системы планов, когда формируются будущие цели предприятия и закладываются способы их решения. Модель позволяет сконструировать различные варианты ведения хмелеводства: менять размеры возможных площадей насаждений, закладывать различные варианты ухода за культурой, ее обработки; закладывать объемы капитальных вложений и разделить их по периодам; предусмотреть возможность получения субсидий или рассчитать показатели без них и так далее.

Этап 2 – выполнение планов. Модель позволяет на каждом этапе работ по выполнению планов оценивать их соответствие поставленным целям, т. е. дает возможность проводить оперативный мониторинг. На этом этапе проведение традиционных аналитических процедур невозможно, т. к. у аналитиков еще нет никаких результативных данных, есть лишь информация о направлениях расходования средств: сырьё и материалов.

Этап 3 – контроль результатов или итоговое сравнение полученных результатов с плановыми значениями. Модель позволяет просчитать уровень влияния факторов на результативные показатели и дает возможность оценить результативность от-

расли при разных вариантах факторных значений, что может оказать влияние на принятие операционных решений в будущей деятельности. К примеру, на предприятии есть n -е количество финансовых средств, необходимо сделать выбор: вложиться в обновление основных средств или отложить этот шаг на три, например, месяца, а сейчас направить средства на приобретение средств защиты, так как в сезон они будут стоить дороже. И это всего лишь один пример возможных задач, которые хмелевод может решить, используя модель планирования.

Таким образом, экономическую модель расчета, планирования и принятия решений в хмелеводстве возможно использовать в следующих целях:

- 1) детализировать поступления (доходы), полученные на предприятии;
- 2) структурировать ресурсы и средства производства, необходимые в процессе выращивания хмеля;
- 3) оценить эффективность хозяйствования и достижения планов;
- 4) оценить возможную выгоду и необходимые объемы затрат при планировании перестраивания бизнеса;
- 5) рассчитать и обосновать заявки на получение кредитов в финансовых учреждениях и государственной поддержки и так далее.

Конкретные результаты, заложенные расчетные модели и входные параметры, используемые в разрабатываемой экономической модели расчета, планирования и принятия решений в хмелеводстве, будут описаны авторами в последующих работах.

Библиографический список

1. Гаврилюк М. Н., Краснов Д. Г., Люкшинов А. Н., Попов В. А., Цыпкин Ю. А. К вопросу о стратегическом планировании развития АПК и сельского хозяйства России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (394). С. 340–342. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_4_340.
2. Таймасханов И. М., Тагузлов А. Х. Региональное стратегическое планирование в рамках целевого программирования и управления региональным АПК // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 3 (29). С. 160–167.
3. Афанасьева О. Г. Определение руководящих принципов, обеспечивающих устойчивое развитие хмелеводческого бизнеса России // АПК: экономика, управление. – 2024. – № 6. – С. 83–89. – DOI: 10.33305/246-83.
4. Растопчина Ю. Л., Соловьева Н. Е. Процессы устойчивого развития и внедрения ESG-принципов в российский корпоративный сектор (на примере агропромышленных холдингов) // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 2. С. 45–50. DOI: 10.32651/242-45.
5. Borst A. Agricultural production cooperatives in the EU: explaining variation in cooperative development [Электронный ресурс] // Honors Theses. 2017. No. 21. URL: https://egrove.olemiss.edu/hon_thesis/21 (дата обращения: 21.04.2024).
6. Афанасьева О. Г., Иванов Е. А., Макушев А. Е. Проблемы и направления развития хмелеводства России // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 3. С. 94–99. DOI: 10.32651/243-94.
7. Theoharakis V., Zheng Yu., Zhang L. Dynamic strategic marketing planning: The paradox of concurrently reconfiguring and implementing strategic marketing planning // Journal of Business Research. 2024. 174. Article number 114525. DOI: 10.1016/j.jbusres.2024.114525.

8. Balezentis T., Zickiene A., Volkov A., Streimikiene D., Morkunas M., Dabkiene V., Ribasauskiene E. Measures for the viable agri-food supply chains: A multi-criteria approach // *Journal of Business Research*. 2023. 155. A. Article number 113417. DOI: 10.1016/j.jbusres.2022.113417.

9. Zhang X., Guo Yu, Yang J., Li D., Wang Y., Zhao R. Many-objective evolutionary algorithm based agricultural mobile robot route planning, // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. 200. Article number 107274. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107274.

10. Карамнова Н. В., Белоусов В. М., Летуновский А. С. Инновационные подходы к совершенствованию системы стратегического управления сельскохозяйственным производством // *Экономика сельского хозяйства России*. 2023. № 11. С. 6–12. DOI: 10.32651/2311-6.

11. Попов Е. В., Симонова В. Л., Тихонова А. Д. Экономические модели инновационной деятельности на базе цифровых платформ // *Мир новой экономики*. 2023. Т. 17. № 2. С. 6–17. DOI: 10.26794/2220-6469-2023-17-2-6-17.

12. Afanaseva O., Makushev A. Responsible investments in hop farming: Foreign and domestic experience // *BIO Web of Conferences*. 2024. Vol. 108. Article number 25009. DOI: 10.1051/bioconf/202410825009.

13. Harper J. K., Cornelisse S., Kime L. F., Hyde J. Agricultural alternatives: budgeting for agricultural decision making [Электронный ресурс] // *Penn State Extension*. 2019. URL: <https://extension.psu.edu/budgeting-for-agricultural-decision-making> (дата обращения: 19.04.2024).

14. Harper J. K., Cornelisse S., Kime L. F., Hyde J. Hop production [Электронный ресурс] // *Penn State Extension*. 2021. URL: <https://extension.psu.edu/hop-production> (дата обращения: 19.04.2024).

15. Galinato S. P. Estimated costs of establishing and producing conventional and organic hops in the Pacific Northwest [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://pubs.extension.wsu.edu/2020-estimated-cost-of-establishing-and-producing-hops-in-the-pacific-northwest> (дата обращения: 22.04.2024).

16. Porte J., McKendree M. Enterprise budgets are useful tools especially during uncertain times [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://www.canr.msu.edu/news/enterprise-budgets-are-useful-tools-especially-during-uncertain-times> (дата обращения: 22.04.2024).

17. Афанасьева О. Г., Иванов Е. А., Макушев А. Е. Хмелеводство Чехии: пути организации производства и решения современных проблем // *Аграрный вестник Урала*. 2023. Т. 23. № 10. С. 114–123. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-114-123.

18. Афанасьева О. Г., Ельмов В. А., Филиппова С. П. [и др.] Разработка экономической модели автоматизации расчетов бизнес-концепций малых сельхозпроизводителей // *Аграрная наука*. 2022. № 11. С. 174–180. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-174-180.

Об авторах:

Олеся Геннадьевна Афанасьева, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия; ORCID 0000-0003-2877-4991, AuthorID 682644. E-mail: olesyafanaseva@gmail.com

Светлана Петровна Филиппова, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики, менеджмента и агроконсалтинга, Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия; ORCID 0000-0001-9256-5380, AuthorID 772287

References

1. Gavrilyuk M., Krasnov D., Lyukshinov A., Popov V., Tsyarkin Yu. On the issue of strategic planning of the development of the agro-industrial complex and agriculture of Russia. *International Agricultural Journal*. 2023; 4 (394): 340–342. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_4_340. (In Russ.)

2. Taymaskhanov I., Taguzloev A. Regional strategic planning within the framework of targeted programming and management of regional agribusiness. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov*. 2020; 3 (29): 160–167. (In Russ.)

3. Afanaseva O. Defining guidelines to ensure sustainable development of the Russian hop growing business. *AIC: Economics, Management*. 2024; 6: 83–89. DOI: 10.33305/246-83. (In Russ.)

4. Rastopchina Yu., Solovyeva N. The processes of sustainable development and implementation of ESG-principles in the Russian corporate sector (using the example of agro-industrial holdings). *Economics of Agriculture of Russia*. 2024; 2: 45–50. DOI: 10.32651/242-45. (In Russ.)

5. Borst A. Agricultural Production Cooperatives in the EU: Explaining Variation in Cooperative Development. *Honors Theses* [Internet]. 2017 [cited 2024 Apr 21]; 21. Available from: https://egrove.olemiss.edu/hon_thesis/21.

6. Afanaseva O., Ivanov E., Makushev A. Problems and directions for development of hop cultivation in Russia. *Economics of Agriculture of Russia*. 2024; 3: 94–99. DOI: 10.32651/243-94. (In Russ.)

7. Theoharakis V., Zheng Yu., Zhang L. Dynamic strategic marketing planning: The paradox of concurrently reconfiguring and implementing strategic marketing planning. *Journal of Business Research*. 2024; 174: 114525. DOI: 10.1016/j.jbusres.2024.114525.
8. Balezentis T., Zickiene A., Volkov A., Streimikiene D., Morkunas M., Dabkiene V., Ribasauskiene E. Measures for the viable agri-food supply chains: A multi-criteria approach. *Journal of Business Research*. 2023; 155: 113417. DOI: 10.1016/j.jbusres.2022.113417.
9. Zhang X., Guo Yu, Yang J., Li D., Wang Y., Zhao R. Many-objective evolutionary algorithm based agricultural mobile robot route planning. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022; 200: 107274. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107274.
10. Karamnova N., Belousov V., Letunovskii A. Innovative approaches to improving the system of strategic management of agricultural production. *Economics of Agriculture of Russia*. 2023; 11: 6–12. DOI: 10.32651/2311-6. (In Russ.)
11. Popov E., Simonova V., Tikhonova A. Economic models of innovation activity based on digital platforms. *The World of New Economy*. 2023; 17 (2): 6–17. DOI: 10.26794/2220-6469-2023-17-2-6-17. (In Russ.)
12. Afanaseva O., Makushev A. Responsible investments in hop farming: Foreign and domestic experience. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 25009. DOI: 10.1051/bioconf/202410825009.
13. Harper J., Cornelisse S., Kime L., Hyde J. Agricultural Alternatives: Budgeting for Agricultural Decision Making. *Penn State Extension* [Internet]. 2019 [cited 2024 Apr 19]. Available from: <https://extension.psu.edu/budgeting-for-agricultural-decision-making>.
14. Harper J., Cornelisse S., Kime L., Hyde J. Hop production. *Penn State Extension* [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 19]. Available from: <https://extension.psu.edu/hop-production>.
15. Galinato S. Estimated costs of establishing and producing conventional and organic hops in the Pacific Northwest. *Washington State University Extension* [Internet]. 2020 [cited 2024 Apr 22]. Available from: <https://pubs.extension.wsu.edu/2020-estimated-cost-of-establishing-and-producing-hops-in-the-pacific-northwest>.
16. Porte J., McKendree M. Enterprise budgets are useful tools especially during uncertain times. *Michigan State University Extension* [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 22]. Available from: <https://www.canr.msu.edu/news/enterprise-budgets-are-useful-tools-especially-during-uncertain-times>.
17. Afanaseva O., Ivanov E., Makushev A. Hop growing in the Czech Republic: ways of organizing production and solving modern. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23 (10): 114–123. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-10-114-123. (In Russ.)
18. Afanaseva O., Elmov V., Filippova S., Makushev A. Developing an economic model for automated calculations for small agriculture business concept. *Agrarian Science*. 2022; 11: 174–180. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-174-180. (In Russ.)

Authors' information:

Olesya G. Afanaseva, candidate of economic sciences, associate professor of the department of accounting, analysis and audit, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia; ORCID 0000-0003-2877-4991, AuthorID 682644. E-mail: olesyafanaseva@gmail.com

Svetlana P. Filippova, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics, management and agricultural consulting, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia; ORCID 0000-0001-9256-5380, AuthorID 772287

Оценка резилиентности сельскохозяйственной сферы Уральского макрорегиона

Е. Б. Дворядкина, Г. М. Квон[✉], О. Г. Поздеева

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: sung2002@mail.ru

Аннотация. Проблема устойчивости российских регионов к внешним вызовам и шокам в условиях происходящих трансформационных изменений является достаточно острой при необходимости обеспечения национальной безопасности страны, где резилиентность (шокоустойчивость) агропромышленного комплекса страны в рамках обеспечения ее продовольственной безопасности является не менее актуальной в силу ее высокой стратегической значимости и приоритетности. **Цель исследования** состоит в обосновании на основе группы показателей индекса резилиентности сельскохозяйственной сферы субъектов РФ, входящих в состав Уральского макрорегиона. **Методы.** В качестве основного метода в работе использован экономико-аналитический, включающий в себя методы сравнения, ранжирования, а также методы табличных и графических средств визуализации, анализа динамических рядов, позволившие в результате обосновать индексы резилиентности субъектов РФ с использованием статического метода Z-оценок (Z-счета). **Научная новизна** работы состоит в разработке системы показателей, позволивших на основе динамических рядов провести оценку и обосновать степень резилиентности, отражающих специфику сельскохозяйственной сферы исследуемых регионов. **Результаты.** В работе проведена оценка фактически сложившихся тенденций предложенных авторами основных показателей, позволивших в дальнейшем на основе их динамики и расчета индекса резилиентности обосновать шокоустойчивость в сельскохозяйственной сфере регионов. Результаты расчета индекса резилиентности свидетельствуют о различной степени шокоустойчивости субъектов РФ, входящих в состав Уральского макрорегиона, что позволило провести их ранжирование, выявить наиболее устойчивые к внутренним и внешним воздействиям субъекты РФ. **Практическая значимость** проведенных исследований заключается в использовании результатов оценки для внесения своевременных корректировок как в документы стратегического планирования, так и в проектируемые мероприятия по развитию сельскохозяйственной сферы регионов.

Ключевые слова: Уральский макрорегион, субъект РФ, продовольственная безопасность, сельское хозяйство, устойчивость, резилиентность (шокоустойчивость), интегральный индекс резилиентности (шокоустойчивости)

Для цитирования: Дворядкина Е. Б., Квон Г. М., Поздеева О. Г. Оценка резилиентности сельскохозяйственной сферы Уральского макрорегиона // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1514–1525. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1514-1525>.

Дата поступления статьи: 31.07.2024, **дата рецензирования:** 19.09.2024, **дата принятия:** 28.09.2024.

Assessment of the resilience of the agricultural sector of the Ural macroregion

E. B. Dvoryadkina, G. M. Kvon[✉], O. G. Pozdeeva

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: sung2002@mail.ru

Abstract. The problem of the Russian regions' resistance to external challenges and shocks in the context of ongoing transformational changes is quite acute when it comes to ensuring the country's national security, where the resilience (shock resistance) of the country's agro-industrial complex in the context of ensuring its food security is no less urgent due to its high strategic importance and priority. **The purpose of the study** is to substantiate, on the basis of a group of indicators, the resilience index of the agricultural sector of the constituent entities of the Russian Federation that are part of the Ural macroregion. **Methods.** The main method used in the work is economic and analytical, including methods of comparison, ranking, as well as methods of tabular and graphical visualization tools, analysis of dynamic series, which ultimately made it possible to substantiate the resilience indices of the constituent entities of the Russian Federation using the static method of Z-scores (Z-scores). **The scientific novelty** of the work consists in the development of a system of indicators that made it possible to assess and substantiate the degree of resilience based on dynamic series, reflecting the specifics of the agricultural sector of the studied regions. **Results.** The paper assesses the actual trends of the main indicators proposed by the authors, which allowed to substantiate shock resistance in the agricultural sector of the regions based on their dynamics and calculation of the resilience index. The results of calculating the resilience index indicate varying degrees of shock resistance of the subjects of the Russian Federation that are part of the Ural macroregion, which made it possible to rank them and identify the subjects of the Russian Federation that are most resistant to internal and external influences. **The practical significance** of the studies is the use of the assessment results for making timely adjustments both to strategic planning documents and to the planned measures for the development of the agricultural sector of the regions.

Keywords: Ural macroregion, subject of the Russian Federation, food security, agriculture, sustainability, resilience (shock resistance), integral index of resilience (shock resistance)

For citation: Dvoryadkina E. B., Kvon G. M., Pozdeeva O. G. Assessment of the resilience of the agricultural sector of the Ural macroregion. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1514–1525. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1514-1525>. (In Russ.)

Date of paper submission: 31.07.2024, **date of review:** 19.09.2024, **date of acceptance:** 28.09.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Продовольственная безопасность нашей страны, являющаяся, согласно Доктрине продовольственной безопасности РФ, «фактором сохранения ее государственности и суверенитета ... необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышения качества жизни российских граждан»¹, подвержена тем не менее рискам (экономическим, технологическим, климатическим, внешнеполитическим и др.), и угрозам, обусловленным рядом причин, в совокупности не позволяющим обеспечить достижение национального приоритета. Наличие глобальных вызовов в развитии агропромышленного комплекса, приводящее к определенной нестабильности, обусловлено, согласно Прогнозу², такими причинами, как

рост спроса на продовольствие ввиду интенсивного роста городского населения, наличие международных торговых барьеров, внешнеполитическое давление на Россию, «потеря плодородия почв, нехватка воды для орошения», недостаточные темпы «внедрения новых технологических решений», машинно-технического обеспечения в сельском хозяйстве и др. В Прогнозе также указывается на необходимость «перехода на принципы устойчивого сельского хозяйства, циркулярной экономики», инвестиционный потенциал и инвестиционные возможности которой по различным сферам, включая сельскохозяйственную, ранее рассмотрены авторами в работах [1; 2]. Существующие риски снижают эффективность реализации программ научно-технического развития сельского хозяйства [3].

¹ Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». URL: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-21012020-n-20-ob-utverzhenii> (дата обращения: 09.07.2024).

² Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 140 с.

Развитие регионов России, в том числе и аграрных, демонстрирует сильную дифференциацию по уровню доходов, приводящую к неравенству доступа «к здоровым продуктам питания», оттоку населения, «снижению уровня социальной стабильности» в сельской местности³. Наблюдается также и снижение сформированности физической и экономической доступности продовольственных ресурсов, обусловленное санкциями и сокращением в связи с этим импорта, что «является существенной угрозой продовольственной безопасности» [4]. Несмотря на достаточно благополучную ситуацию с экспортом в России как стране, являющейся важнейшим экспортером агропродовольственной продукции (например, доля экспорта зерна в мировом производстве, согласно исследованиям Института народнохозяйственного прогнозирования РАН [5], выросла с 16,4 % (2010 г.) до 20,5 % (2021 г.), по подсолнечному маслу – с 45 % до 69 % за этот же период; по мясу рост меньше – с 14,4 % до 15,6 % за этот же период), тем не менее происходит «постепенное исчерпание ресурсного потенциала роста аграрного производства в регионах, характеризующихся благоприятными природно-климатическими условиями» [5], при этом ценовая конкурентоспособность аграрной продукции регионов Урала, Сибири и Поволжья является меньшей по сравнению с Черноземной зоной ЦФО, Югом России и Северным Кавказом. Вышесказанное является определенным ограничением при том, что Россия «обладает высоким ресурсным потенциалом для покрытия этого внешнего спроса» [5].

В этой связи, на наш взгляд, актуализируются вопросы совершенствования отдельных аспектов системы стратегического планирования⁴ с целью формирования новых «методических подходов к оценке» исполнения стратегических планов, в том числе и программно-целевого метода [6], что позволяет «интегрировать новые направления для ряда стратегических программ и/или стратегических проектов» [7]. Учитывая, что в аграрной отрасли существуют системные проблемы, они «и особенности развития аграрной отрасли страны во многом будут определять ее прогнозные тенденции на ближайшие 5–7 лет» [8]. Наличие рисков, кризисных явлений разной природы обуславливают в последние годы повышение интереса научной общественности к вопросам повышения (сохранения) устойчивости регионов страны, к исследованию таких понятий, как резилиентность, «шокоустойчивость»⁵, «ударопрочность» и др., что требует опре-

деления будущих тенденций развития регионов, имеющих различный характер.

Во многих работах резилиентность региона рассматривается в контексте совершенствования стратегий, предусматривающих:

- отражение и усиление вопросов рисков и угроз в стратегиях регионов, разработку мер по их противодействию, что отмечено в работе [9]; также там рассмотрен вопрос необходимости проведения оценки устойчивости регионов к преодолению возможных кризисов и учета в стратегиях связи между рисками и угрозами и индексом региональной резилиентности, а также анализа угроз и слабостей на стадии SWOT-анализа;

- исследование характеристик «региона (города), повышающих шокоустойчивость его подсистем: диверсификации экономики, экосистеме предпринимательства, безопасности, надежности инфраструктуры, охране среды, социальному капиталу», согласно работе [10].

Концепция резилиентности в работах различных авторов рассматривается как:

- «развитие при сохранении равновесия между интересами настоящего и будущего поколений в использовании ресурсов и при ориентации на 17 целей устойчивого развития ООН» [10];

- «устойчивость в состоянии кризиса (способность к «кризисному менеджменту»), способность дать ответ на те или иные вызовы» [11];

- «сопротивляемость экономики внешним шокам (resistance) ... и ее способность восстанавливать равновесие (recovery)» [12] и др.

Близким к термину «резилиентность» является термин «ударопрочность», означающий «способность к восстановлению, сохранению долгосрочного тренда развития, потенциала к адаптации и структурным изменениям» [13].

Если рассматривать устойчивость сельскохозяйственного производства в целом, то рядом авторов предлагается методика оценки комплексного индекса устойчивости, формируемого на основе обобщения субиндексов, отражающего влияние различных групп факторов [14].

Методология и методы исследования (Methods)

Оценка региональной шокоустойчивости проведена на примере субъектов РФ, входящих в состав Уральского марокрегиона, включающего Республику Башкортостан, Удмуртскую Республику, Пермский край, Оренбургскую, Свердловскую, Курганскую, Челябинскую области. Оценка данного показателя может проводиться с использова-

³ Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 140 с.

⁴ Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 13.07.2024 № 177-ФЗ). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/?ysclid=lyy4106zqo692782441 (дата обращения: 09.07.2024).

⁵ Авторы рассматривают понятия «резилиентность» и «шокоустойчивость» как синонимы.

нием различных подходов: как статического, так и динамического. Статический подход предполагает определение интегрального индекса резилиентности методом Z-счета на основе анализа ряда частных показателей, который предложен в работе В. В. Климанова, С. М. Казаковой и А. А. Михайловой [15]; динамический подход может предусматривать «модели с введением ряда бинарных переменных для периодов шоков и восстановления экономики ... построение эконометрических моделей условной волатильности» [12] и др. При оценке зачастую используется анализ показателей в динамике, на основании тенденций которых исследуется их влияние на шокоустойчивость региона; может проводиться сравнение показателей развития региона «не постфактум, а с позиций упреждающих действий – возможности предвидения угроз и разработке мер по смягчению их последствий» [16]. В данной работе при оценке резилиентности нами предлагается использовать статический подход,

рассмотренный в вышеуказанной работе, использующий метод Z-оценки субъектов РФ на основе таких показателей, как ВРП на душу населения; уровень безработицы; численность населения с доходами ниже прожиточного минимума; среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций; общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя; наличие предметов длительного пользования в домашних хозяйствах [15], данные по которым в динамике представлены в официальной статистике. В отличие от вышеуказанных авторов, в работе которых не учитывается отраслевая специфика, а дается оценка устойчивости регионов в целом, нами предлагается провести оценку шокоустойчивости, используя перечень показателей, который бы позволил учесть особенности сельскохозяйственной сферы регионов. Методология и алгоритм исследования шокоустойчивости, а также перечень используемых показателей представлены на рис. 1.

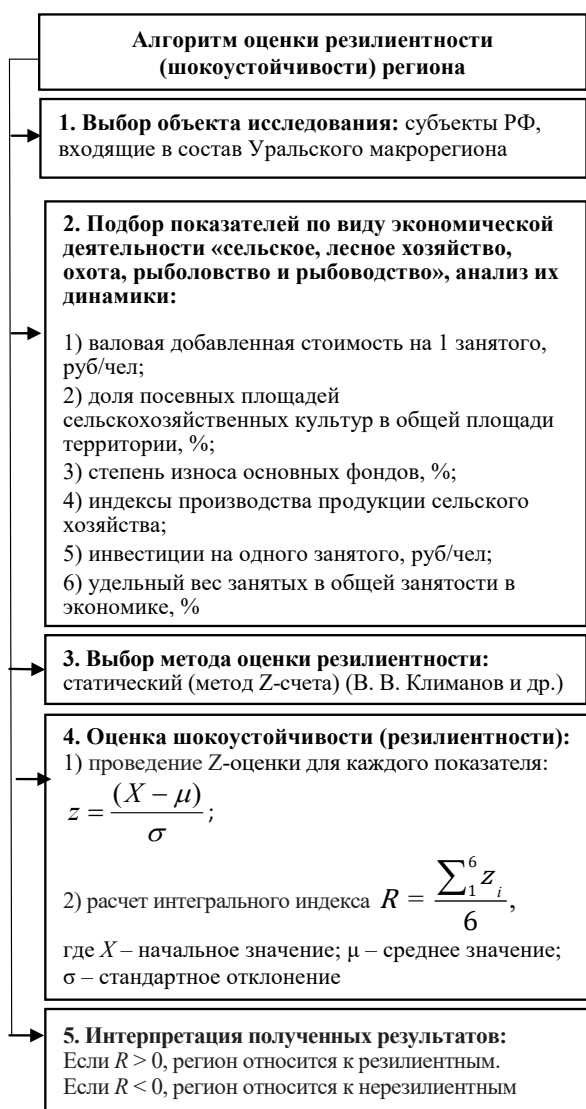


Рис. 1. Алгоритм исследования шокоустойчивости (резилиентности) регионов

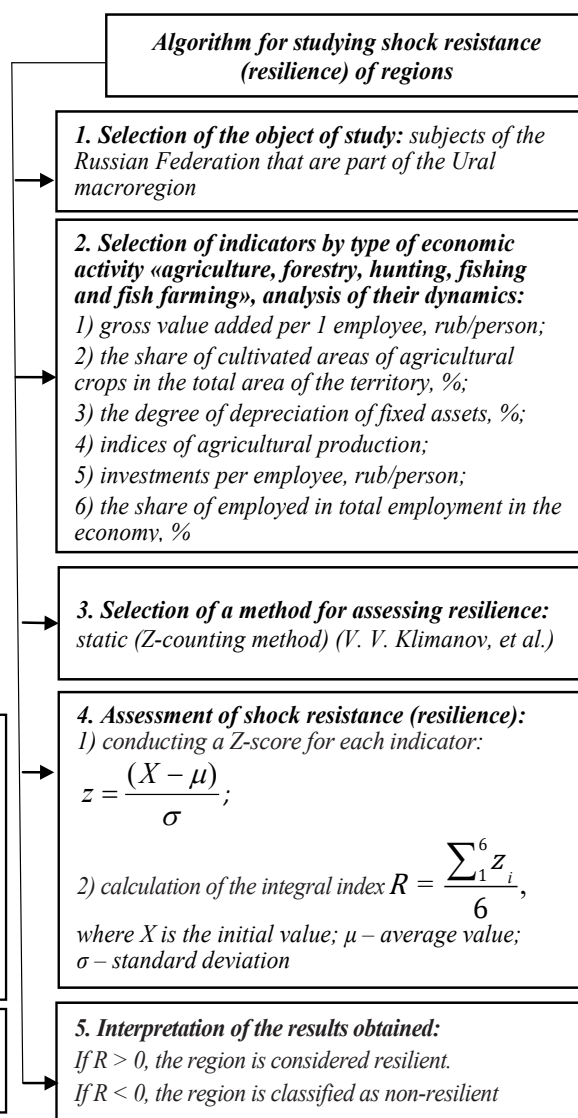


Fig. 1. Algorithm for studying shock resistance (resilience) of regions

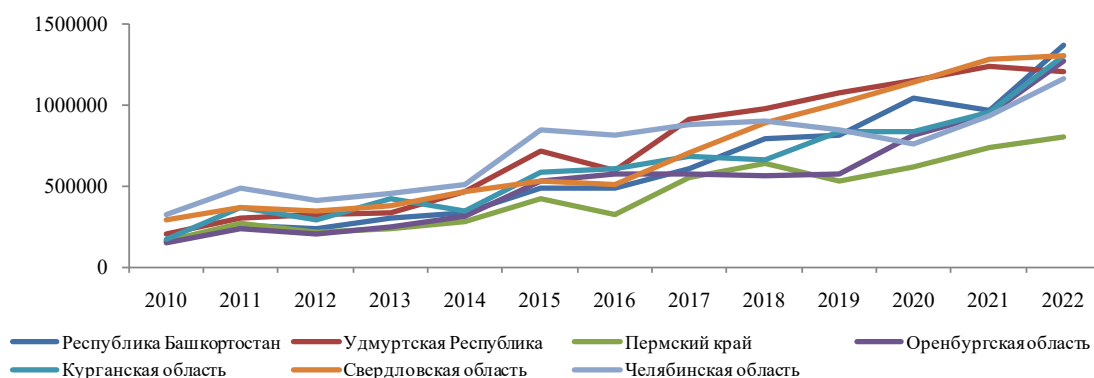


Рис. 2. Валовая добавленная стоимость на 1 занятого, руб/чел

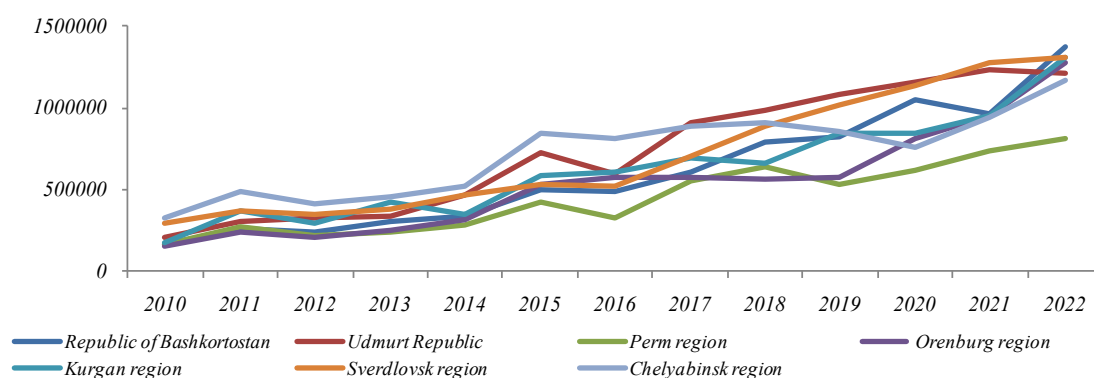


Fig. 2. Gross value added per 1 employed person, rub/person

Предлагаемый перечень показателей отражает специфику сельскохозяйственной сферы регионов, при этом отрицательные тенденции в их динамике свидетельствуют о снижении устойчивости региона к внешним шокам.

Информационным обеспечением настоящего исследования явились данные официальной статистики находящиеся в публичном доступе; временной период исследования охватывает 2010–2022 гг.

Результаты (Results)

Для оценки индекса резилиентности, учитывающего тенденции формирования входящих в него показателей, рассмотрим фактически сформировавшуюся их динамику за исследуемый период (рис. 2–7). В качестве источника приняты данные официальной статистики, находящиеся в публичном доступе⁶.

Уральский макрорегион по природно-климатическим условиям не относится к территориям, которые считаются благоприятными для ведения сельскохозяйственной деятельности. Однако для некоторых регионов Урала данный вид деятельности является достаточно существенным.

Валовая добавленная стоимость (ВДС) в расчете на 1 занятого по виду экономической деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» на протяжении периода с 2010 до

2022 гг. стабильно росла во всех регионах. На рис. 2 видно, что рост создаваемой в этом виде деятельности ВДС стал более активным после 2014 года и в большинстве регионов составил 5 и более раз, за исключением Свердловской и Челябинской областей (рост в 4,5 и 3,5 раза соответственно).

При существенном увеличении вклада в создание валового регионального продукта сельскохозяйственного производства доля посевных площадей сельскохозяйственных культур в общей площади территории практически во всех уральских регионах за изучаемый период хотя и незначительно, но уменьшалась, кроме Оренбургской области, где удельный вес посевных площадей вырос на 2,7 п. п. (рис. 3).

Существенным негативным аспектом развития сельскохозяйственной деятельности можно считать высокое значение износа основных фондов, составившее к 2022 году более 40 % для 5 регионов, а в двух не превышало 38 %. В то же время в республиках Башкортостан и Удмуртия, Пермском крае и Оренбургской области с 2020 года наметилось снижение уровня износа. Следует отметить Курганскую область, являющуюся единственной из уральских регионов, в которой с 2019 года износ основных фондов уменьшился с 53,1 % до 38,8 % в 2022 году (рис. 4).

⁶ Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistic> (дата обращения: 12.07.2024).

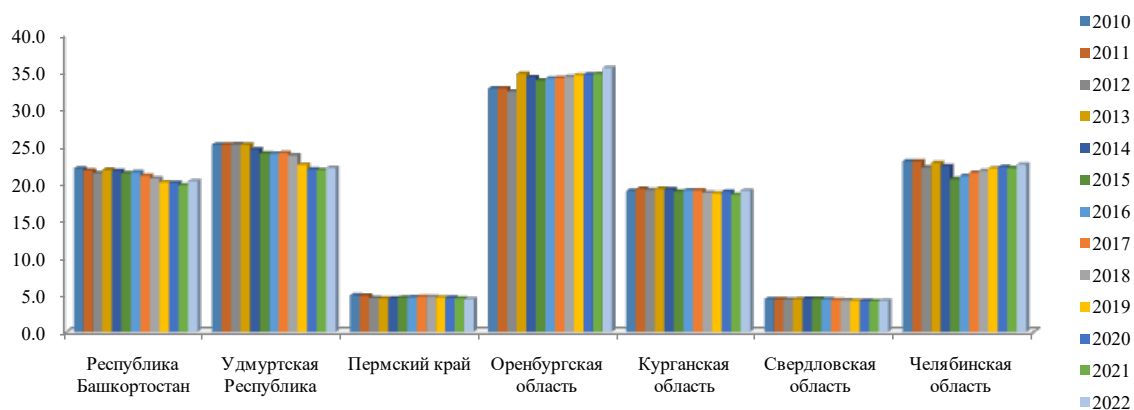


Рис. 3. Доля посевных площадей сельскохозяйственных культур в общей площади территории, %

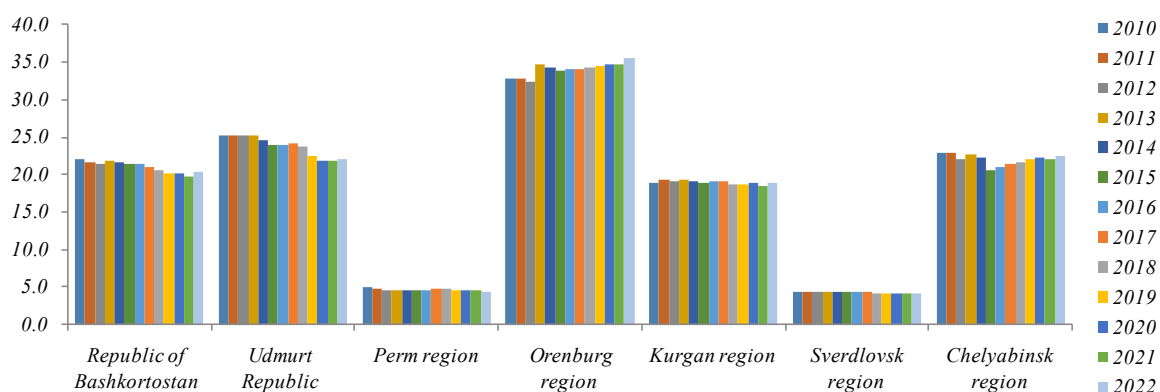


Fig. 3. The share of acreage of agricultural crops in the total area of the territory, %

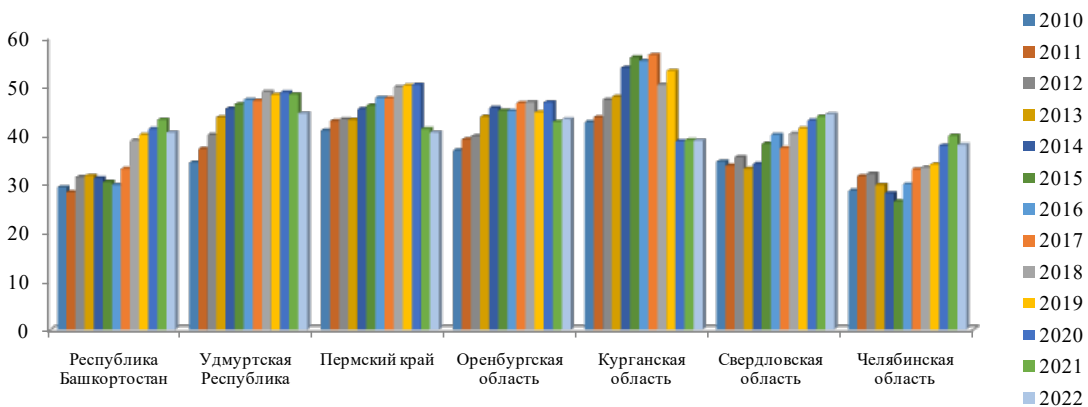


Рис. 4. Степень износа основных фондов, %

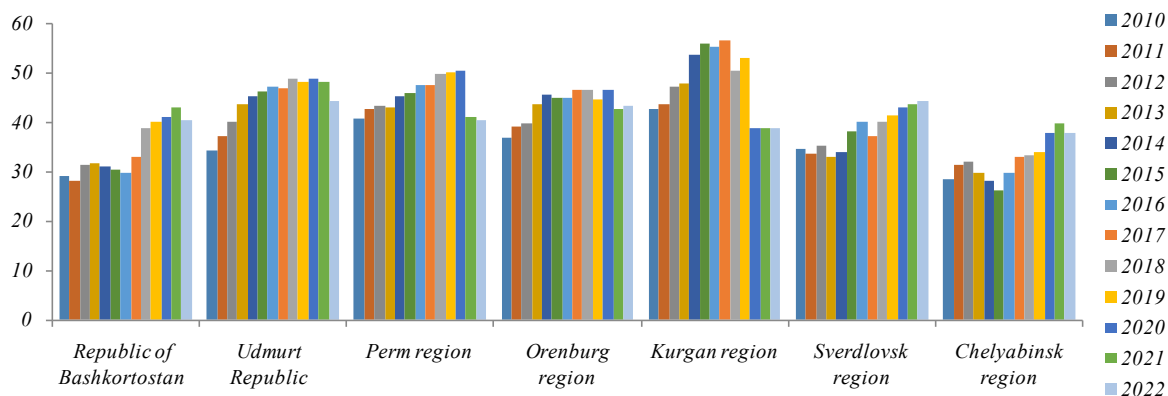


Fig. 4. The degree of depreciation of the fixed assets, %

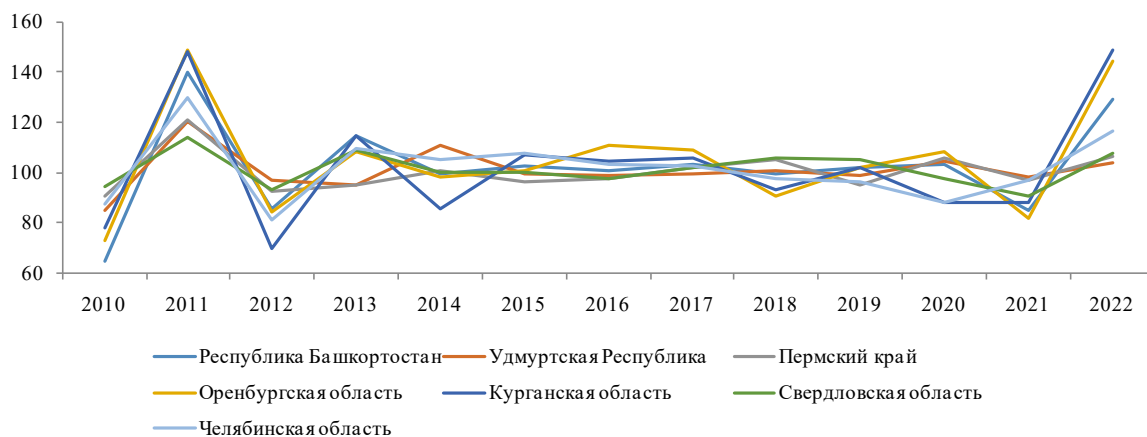


Рис. 5. Индексы производства продукции, %

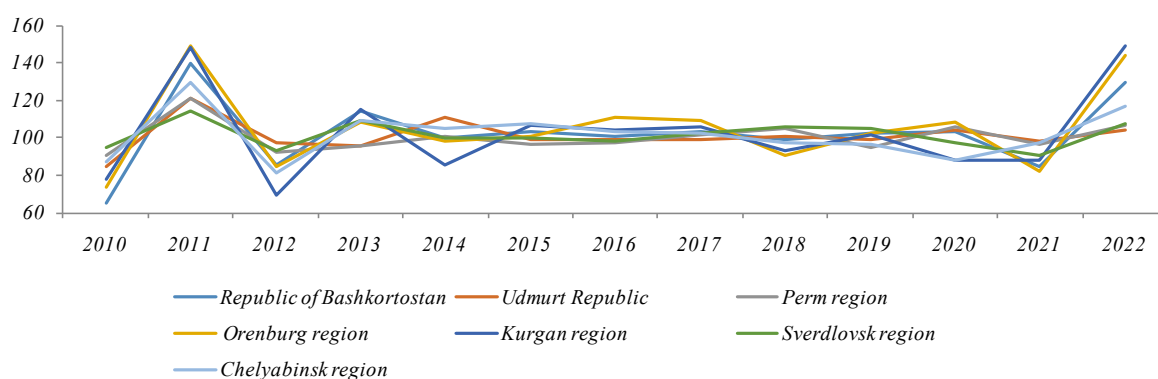


Fig. 5. Indices of production, %

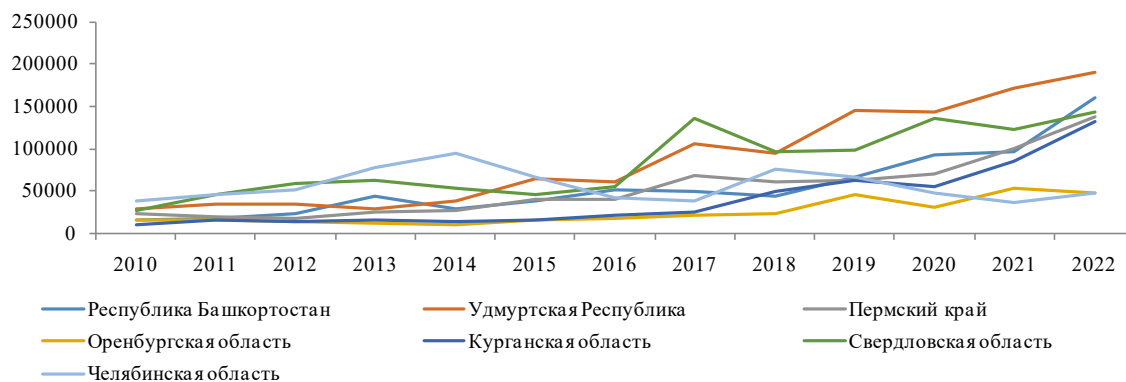


Рис. 6. Инвестиции на одного занятого, руб/чел

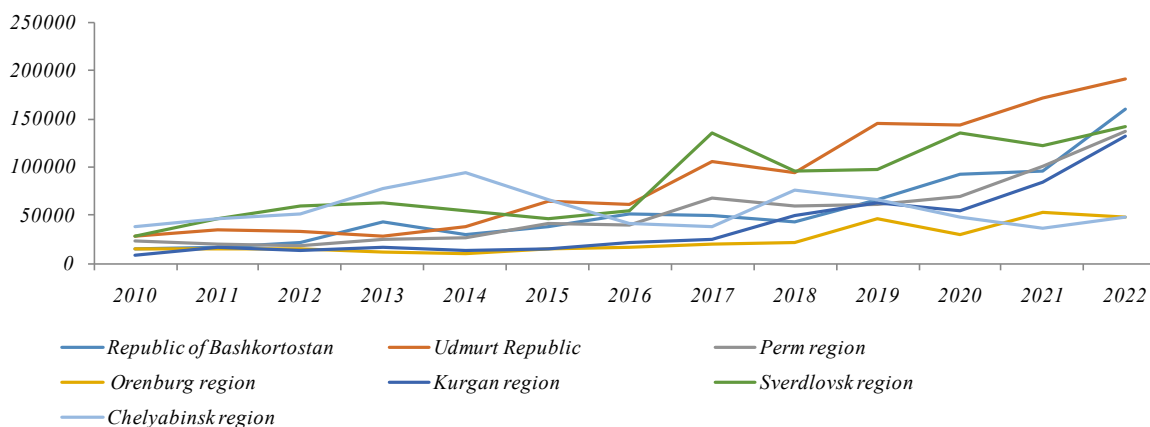


Fig. 6. Investments per employee, rub/person

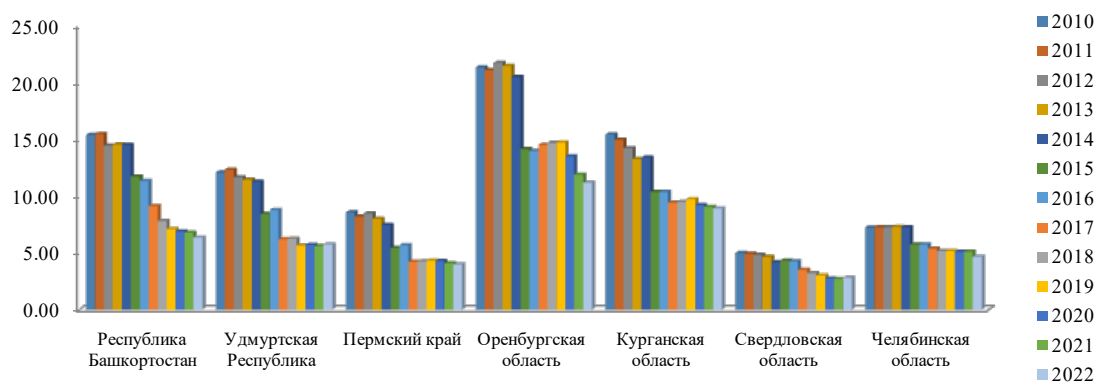


Рис. 7. Удельный вес занятых в разрезе вида экономической деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в общей занятости в экономике, %

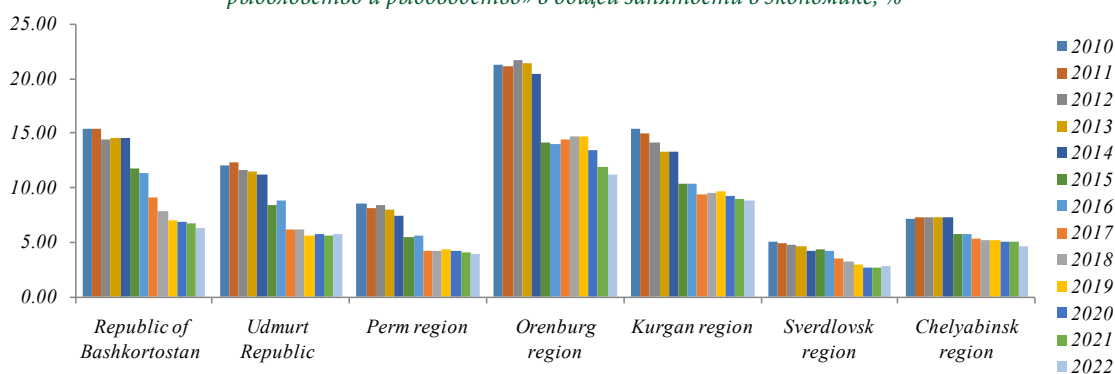


Fig. 7. The share of employees in the context of the type of economic activity «agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming» in total employment in the economy, %

Для развития изучаемого вида деятельности во всех уральских регионах была характерна нестабильность, которая проявилась в формировании волнообразной, разно амплитудной динамики. Индексы производства сельскохозяйственной продукции показывают, что наибольшие колебания были характерны для Республики Башкортостан, Оренбургской, Курганской и Челябинской областей (рис. 5).

Динамика показателя «Инвестиции на одного занятого» по данному виду экономической деятельности имеет выраженный растущий тренд. Причем начиная с 2016 года рост инвестиций усиливается во всех уральских регионах, кроме Оренбургской и Челябинской областей (рис. 6). Также следует отметить, что разница во вкладываемых инвестициях в 2010 году была незначительной, но с 2014 года различия стали постоянно увеличиваться. Так, в 2010 году разница между регионами составила 28,6 тысячи рублей на одного человека, то в 2022 году – уже 143,9 тысячи рублей на каждого жителя.

Удельный вес занятых во всех субъектах макро-региона стабильно снижается, но неравномерными темпами. Наибольшее сокращение доли занятых характерно для Оренбургской области (–10,2 п. п.) и Республики Башкортостан (–9 п. п.), для Курганской области, Удмуртской Республике и Пермском крае (–6,5, –6,4, –4,6 п. п. соответственно). Наименьшее снижение доли занятых произошло в Челябинской (–2,6) и Свердловской (–2,2) областях (рис. 7).

На основе предлагаемого методического подхода и динамики показателей проведем расчет инте-

грального индекса резилиентности по регионам за 2010–2022 гг. (таблица 1).

Представленные расчеты с целью лучшей визуализации представлены на рис. 8.

Результаты расчета среднего значения индекса резилиентности по исследуемым регионам (как среднеарифметического значения индекса R за период 2010–2022 гг.) позволяют отнести регионы к резилиентным (шокоустойчивым) и нерезилиентным (неустойчивым к шокам), согласно критерию R . В таблице 2 представлены результаты ранжирования регионов по степени снижения их шок устойчивости, а также дана характеристика общей динамики показателя за исследуемый период.

Необходимо отметить, что, несмотря на аргументированные расчеты, полученные результаты индекса резилиентности зависят от периода исследования, набора показателей, согласно значениям которых в динамике определяется индекс, их количества, выбранного метода расчета. При оценке общей резилиентности (без учета отраслевой специфики) результаты могут свидетельствовать о другом ранжировании и отнесении регионов к резилиентным и нерезилиентным [15].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное исследование показало, что для развития вида экономической деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» была характерна разнонаправленная динамика как по регионам, так и по показателям.

Выявлены повышательные тренды в развитии данного вида деятельности после 2014–2015 годов, что свидетельствует о возросшем интересе к сельскохозяйственной деятельности и государства, и предпринимателей.

Оценка шокоустойчивости (резилиентности), как уже было отмечено ранее, необходима, с одной стороны, для уточнения стратегических направлений развития региона с учетом его потенциала, с другой стороны, может рассматриваться как элемент совершенствования документов стратегического планирования. Необходимость оценки обу-

словлена ее тесной сопряженностью с вопросами рисков и угроз, с которыми может столкнуться регион. Наличие шокоустойчивости (или ее отсутствие), определяемое по результатам оценки, особенно важно в условиях нестабильной внешней среды, отрицательно влияющих на развитие сельского хозяйства регионов; в этой связи предварительный мониторинг сложившихся трендов по ряду важных для сельскохозяйственного сегмента экономического пространства территорий показателей позволит своевременно вносить изменения в планируемые мероприятия по его развитию.

Таблица 1
Результаты расчета интегрального индекса резилиентности (R) по субъектам РФ, входящим в состав Уральского макрорегиона

| Годы | Субъекты РФ | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | Республика Башкортостан | Удмуртская Республика | Пермский край | Оренбургская область | Курганская область | Свердловская область | Челябинская область |
| 2010 | -0,60 | 0,22 | -0,11 | 0,16 | -0,05 | 0,01 | 0,37 |
| 2011 | -0,28 | 0,02 | -0,53 | 0,49 | 0,47 | -0,46 | 0,29 |
| 2012 | -0,30 | 0,49 | -0,36 | 0,20 | -0,13 | -0,01 | 0,12 |
| 2013 | 0,11 | -0,12 | -0,82 | 0,34 | 0,48 | -0,29 | 0,30 |
| 2014 | -0,19 | 0,59 | -0,53 | 0,30 | -0,25 | -0,34 | 0,41 |
| 2015 | -0,09 | 0,44 | -0,76 | 0,25 | 0,35 | -0,60 | 0,42 |
| 2016 | -0,07 | 0,33 | -0,74 | 0,69 | 0,29 | -0,55 | 0,04 |
| 2017 | -0,26 | 0,32 | -0,55 | 0,64 | 0,35 | -0,31 | -0,18 |
| 2018 | -0,17 | 0,68 | -0,19 | -0,09 | -0,13 | 0,03 | -0,13 |
| 2019 | -0,05 | 0,66 | -0,80 | 0,34 | 0,39 | 0,01 | -0,55 |
| 2020 | 0,20 | 0,77 | -0,28 | 0,62 | -0,47 | -0,09 | -0,75 |
| 2021 | -0,13 | 1,08 | -0,52 | 0,12 | -0,23 | -0,02 | -0,30 |
| 2022 | 0,33 | 0,29 | -0,91 | 0,74 | 0,38 | -0,23 | -0,60 |
| Среднее значение индекса R | -0,12 | 0,44 | -0,55 | 0,37 | 0,11 | -0,22 | -0,04 |

Table 1
The results of calculating the integral resistance index (R) for the subjects of the Russian Federation that are part of the Ural macroregion

| Years | Subjects of the Russian Federation | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------|
| | Republic of Bashkortostan | Udmurt Republic | Perm region | Orenburg region | Kurgan region | Sverdlovsk region | Chelyabinsk region |
| 2010 | -0.60 | 0.22 | -0.11 | 0.16 | -0.05 | 0.01 | 0.37 |
| 2011 | -0.28 | 0.02 | -0.53 | 0.49 | 0.47 | -0.46 | 0.29 |
| 2012 | -0.30 | 0.49 | -0.36 | 0.20 | -0.13 | -0.01 | 0.12 |
| 2013 | 0.11 | -0.12 | -0.82 | 0.34 | 0.48 | -0.29 | 0.30 |
| 2014 | -0.19 | 0.59 | -0.53 | 0.30 | -0.25 | -0.34 | 0.41 |
| 2015 | -0.09 | 0.44 | -0.76 | 0.25 | 0.35 | -0.60 | 0.42 |
| 2016 | -0.07 | 0.33 | -0.74 | 0.69 | 0.29 | -0.55 | 0.04 |
| 2017 | -0.26 | 0.32 | -0.55 | 0.64 | 0.35 | -0.31 | -0.18 |
| 2018 | -0.17 | 0.68 | -0.19 | -0.09 | -0.13 | 0.03 | -0.13 |
| 2019 | -0.05 | 0.66 | -0.80 | 0.34 | 0.39 | 0.01 | -0.55 |
| 2020 | 0.20 | 0.77 | -0.28 | 0.62 | -0.47 | -0.09 | -0.75 |
| 2021 | -0.13 | 1.08 | -0.52 | 0.12 | -0.23 | -0.02 | -0.30 |
| 2022 | 0.33 | 0.29 | -0.91 | 0.74 | 0.38 | -0.23 | -0.60 |
| The average value of the R index | -0.12 | 0.44 | -0.55 | 0.37 | 0.11 | -0.22 | -0.04 |

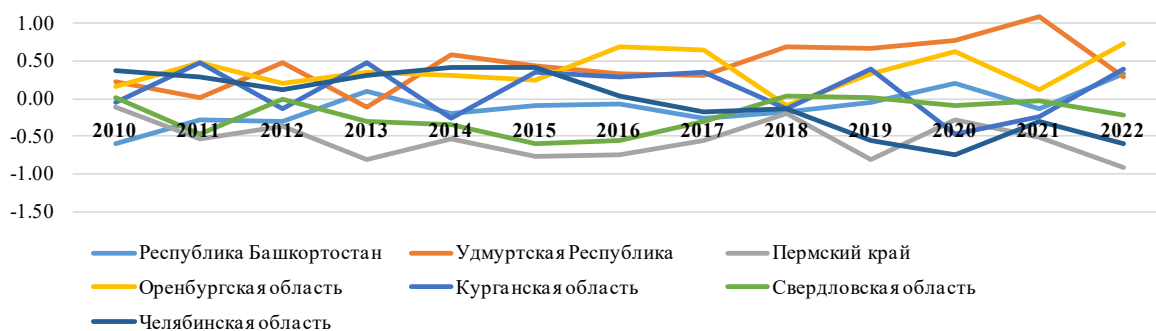


Рис. 8. Динамика интегрального индекса шокоустойчивости (резилентности) R по субъектам РФ, входящим в состав Уральского макрорегиона

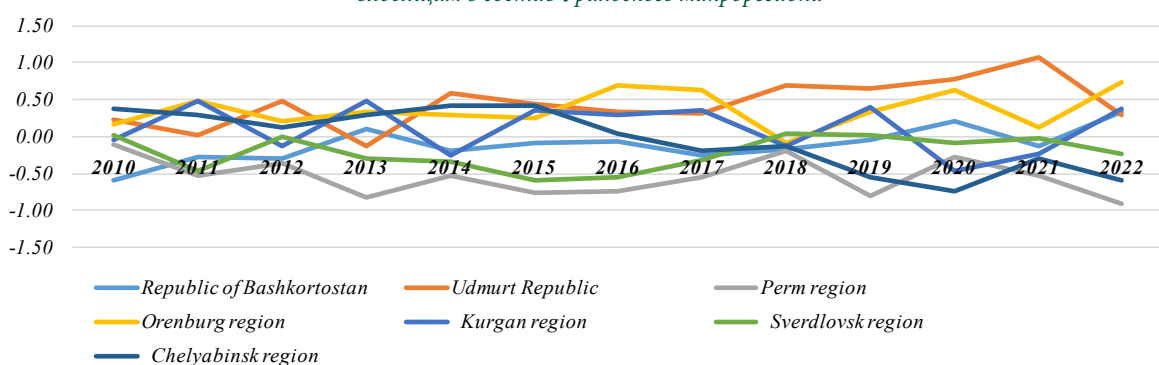


Fig. 8. Dynamics of the integral index of shock stability (resilience) R for the constituent entities of the Russian Federation that are part of the Ural macroregion

Таблица 2

Ранжирование субъектов РФ, входящих в состав Уральского макрорегиона по результатам расчета интегрального индекса резилентности (R)

| Субъект РФ | Ранжирование регионов по индексу R | |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| | Значение индекса R / ранг | Характеристика динамики индекса R |
| Резилентные регионы (шокоустойчивые): $R > 0$ | | |
| Удмуртская Республика | 0,44/1 | Устойчивое повышение показателя в динамике, за исключением 2022 г. |
| Оренбургская область | 0,37/2 | Неоднозначная динамика по годам, резкое увеличение в 2022 г. |
| Курганская область | 0,11/3 | Неоднозначная динамика по годам |
| Нерезилентные регионы (неустойчивые к шокам): $R < 0$ | | |
| Челябинская область | -0,44/4 | Неоднозначная динамика по годам, ухудшение показателя |
| Республика Башкортостан | -0,12/5 | Неоднозначная динамика по годам, резкое увеличение в 2022 г. |
| Свердловская область | -0,22/6 | Неоднозначная динамика по годам, ухудшение показателя |
| Пермский край | -0,55/7 | Ухудшение показателя |

Table 2

Ranking of the constituent entities of the Russian Federation that are part of the Ural macroregion based on the results of calculating the integral resilience index (R)

| The subject of the Russian Federation | Ranking of regions by R index | |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | Index value R / rank | Characteristics of the dynamics of the R index |
| Resilient regions (shock-resistant): $R > 0$ | | |
| Udmurt Republic | 0.44/1 | A steady increase in the indicator over time, with the exception of 2022 |
| Orenburg region | 0.37/2 | Mixed dynamics over the years, a sharp increase in 2022 |
| Kurgan region | 0.11/3 | Mixed dynamics over the years |
| Non-resilient regions (unresistant to shocks): $R < 0$ | | |
| Chelyabinsk region | -0.04/4 | Ambiguous dynamics over the years, worsening indicator |
| Republic of Bashkortostan | -0.12/5 | Mixed dynamics over the years, a sharp increase in 2022 |
| Sverdlovsk region | -0.22/6 | Ambiguous dynamics over the years, worsening indicator |
| Perm region | -0.55/7 | Deterioration of indicator |

Библиографический список

1. Квон Г. М. Инвестиционные возможности циркулярной экономики // Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы: сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции. Симферополь, 2023. С. 227–231.
2. Циркулярная экономика: обеспечение устойчивого развития и конкурентоспособности региона / И. И. Антонова, Л. А. Кормишкина, Т. А. Салимова [и др.]. Москва: Инфра-М, 2022. 270 с. DOI: 10.12737/1869520.
3. Карпухин М. Ю., Мишуров Н. П., Моторин О. А., Подъяблонский П. А. Анализ рисков и разработка механизмов их снижения при реализации ФНТП развития сельского хозяйства России // Аграрный вестник Урала. 2022. № 05 (220). С. 73–81. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-73-81.
4. Самыгин Д. Ю., Иванов А. А., Губанова Е. В. Стратегические прогнозы частичного равновесия физической и экономической доступности продукции // Аграрный вестник Урала. 2023. № 06 (235). С. 111–120. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-111-120.
5. Transformation of the World Economy: possibilities and risks for Russia. Scientific report. Moscow: Dynamic Print, 2024. 144 p.
6. Лоретц О. Г., Кот Е. М., Ручкин А. В. Стратегическое развитие сельского хозяйства в регионе: программно-целевой метод // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-93-102.
7. Антипин И. А., Власова Н. Ю. Стратегическое планирование развития территорий в условиях неопределенности // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 12-1. С. 5–10. DOI: 10.17513/vaeel.2608.
8. Исаева О. В. Современное состояние и прогнозная модель развития аграрной структуры отечественного АПК // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 78–87. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-78-87.
9. Жихаревич Б. С., Риски и угрозы в стратегиях российских регионов // Региональная экономика. Юг России. 2020. Т. 8, № 4. С. 19–29.
10. Жихаревич Б. С., Климанов В. В., Марача В. Г. Шокоустойчивость территориальных систем: концепция, измерение, управление // Региональные исследования. 2020. № 3. С. 4–15.
11. Замятина Н. Ю., Медведков А. А., Поляченко А. Е., Шамало И. А. Жизнестойкость арктических городов: анализ подходов. Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. № 65 (3). С. 481–505.
12. Малкина М. Ю. Оценка устойчивости развития региональных экономик на основе расстояний Махаланобиса // Terra Economicus. 2020. № 18 (3). С. 140–159. DOI: 10.18522/2073-6606-2020-18-3-140-159.
13. Данилова И. В., Антонюк В. С., Богданова О. А. «Ударопрочность» монопрофильных регионов в условиях внешних шоков: оценка и управленческие решения // Управленец. 2023. Т. 14, № 6. С. 33–49. DOI: 10.29141/2218-5003-2023-14-6-3.
14. Криулина Е. Н., Оганян Л. Р., Катков К. А. Индексный подход к сравнительной оценке устойчивости сельского хозяйства субъекта федерального округа // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 119–129. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-119-129.
15. Климанов В. В., Казакова С. М., Михайлова А. А. Ретроспективный анализ устойчивости регионов России как социально-экономических систем // Вопросы экономики. 2019. № 5. С. 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64.
16. Чернова О. А. Резилиентность регионов России в условиях восстановительного роста: скачок вперед или отскок назад? // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 2. С. 381–403. DOI: 10.15826/vestnik.2023.22.2.016.

Об авторах:

Елена Борисовна Дворядкина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, директор Института экономики и финансов, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-5163-0334, AuthorID 308967. *E-mail: dvoryadkina@usue.ru*

Гульнара Магсумовна Квон, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2093-8699, AuthorID 340954. *E-mail: sung2002@mail.ru*

Ольга Геннадьевна Поздеева, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0346-5332, AuthorID 411092. *E-mail: ogp@usue.ru*

References

1. Kvon G. M. Investment opportunities of the circular economy. *Effective economic management: problems and prospects: proceedings of the VIII All-Russian scientific and practical conference*. Simferopol, 2023. Pp. 227–231. (In Russ.)
2. Antonova I. I., Kormishkina L. A., Salimova T. A., et al. *Circular economy: ensuring sustainable development and competitiveness of the region*. Moscow: Infra-M, 2022. 270 p. DOI: 10.12737/1869520. (In Russ.)
3. Karpukhin M. Yu., Mishurov N. P., Motorin O. A., Podyablonskiy P. A. Analysis of risks and improvement of mechanisms for their reduction in the implementation of the federal scientific and technical program for the development of agriculture in Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 05 (220): 73–81. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-220-05-73-81. (In Russ.)
4. Samygin D. Yu., Ivanov A. A., Gubanova E. V. Strategic forecasts of partial equilibrium of the products physical and economic accessibility. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 06 (235): 111–120. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-111-120. (In Russ.)
5. *Transformation of the World Economy: possibilities and risks for Russia. Scientific report*. Moscow: Dynamic Print, 2024. 144 p.
6. Loretts O. G., Kot E. M., Ruchkin A. V. Strategic development of agriculture in the region: program-target method. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 03 (232): 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-232-03-93-102. (In Russ.)
7. Antipin I. A., Vlasova N. Yu. Strategic planning of territorial development of uncertainty. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2022; 12-1: 5–10. DOI: 10.17513/vaael.2608. (In Russ.)
8. Isaeva O. V. The modern state and forecast model of the development of the agrarian structure of the domestic agro-industrial complex. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 06 (221): 78–87. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-78-87. (In Russ.)
9. Zhikharevich B. S., Risks and threats in strategies of Russian regions. *Regional Economics. The South of Russia*. 2020; 8 (4): 19–29. (In Russ.)
10. Zhikharevich B. S., Klimanov V. V., Maracha V. G. Resilience of the territory: concept, measurement, governance. *Regional'nye issledovaniya*. 2020; 3: 4–15. (In Russ.)
11. Zamyatina N. Yu., Medvedkov A. A., Polyachenko A. E., Shamalo I. A. Resilience of Arctic cities: an analysis of the approaches. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*. 2020; 65 (3): 481–505. (In Russ.)
12. Malkina M. Yu. Assessment of resilient development of the regional economies based on Mahalanobis distances. *Terra Economicus*. 2020; 18 (3): 140–159. DOI: 10.18522/2073-6606-2020-18-3-140-159. (In Russ.)
13. Danilova I. V., Antonyuk V. S., Bogdanova O. A. Shock robustness of single-industry regions: Assessment and governance. *The Manager*. 2023; 14 (6): 33–49. DOI: 10.29141/2218-5003-2023-14-6-3. (In Russ.)
14. Kriulina E. N., Oganyan L. R., Katkov K. A. Index approach to comparative assessment of agricultural sustainability of the subject of the Federal district. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23 (09): 119–129. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-119-129. (In Russ.)
15. Klimanov V. V., Kazakova S. M., Mikhaylova A. A. Retrospective analysis of the resilience of Russian regions as socio-economic systems. *Voprosy Ekonomiki*. 2019; 5: 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64. (In Russ.)
16. Chernova O. A. The resilience of Russia's regions in the conditions of recovery growth: bouncing forward or bouncing back? *Journal of Applied Economic Research*. 2023; 22 (2): 381–403. DOI: 10.15826/vestnik.2023.22.2.016. (In Russ.)

Authors' information:

Elena B. Dvoryadkina, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of regional, municipal economics and management, director of the Institute of economics and finance, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-5163-0334, AuthorID 308967.

E-mail: dvoryadkina@usue.ru

Gulnara M. Kvon, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of regional, municipal economics and management, Ural State University of Economics Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2093-8699, AuthorID 340954.

E-mail: sung2002@mail.ru

Olga G. Pozdeeva, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-0346-5332, AuthorID 411092. *E-mail: ogp@usue.ru*

Территориальные аспекты развития органического сельского хозяйства в регионе

Н. А. Никонова[✉], Х. А. Дибирова, А. Г. Никонов

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

[✉]E-mail: 79127462539@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в изучении особенностей территориального распределения сельхозпроизводителей и влияния их местоположения на развитие в перспективе регионального органического сельского хозяйства. Информационной базой послужили результаты проведенного анкетного опроса 100 сельскохозяйственных товаропроизводителей Ленинградской области, представляющих в основном крестьянские (фермерские) хозяйства региона. Для оценки влияния территориального фактора на возможности развития органического производства были выделены 4 группы респондентов в зависимости от удаленности хозяйства от областного центра – Санкт-Петербурга, а также районных центров. **Результаты.** На основе анализа типологических характеристик опрошенных и их ответов сделан вывод, что больший интерес к органическому производству проявляют участники первой группы (до 50 км от Санкт-Петербурга) и при расстоянии хозяйства от областного центра от 101 до 200 км. Это подтверждает тезис о том, что территориальный фактор усиливает риски предпринимательской деятельности в сельском хозяйстве. Однако тесной зависимости мотивации фермеров от местоположения хозяйств не обнаружено. Установлена разнонаправленность влияния территориальной удаленности на интерес к органическому производству, что связано с комплексом стимулирующих или ограничивающих факторов. Определено наличие в каждой из групп респондентов (кроме первой) большого удельного веса (от 20 до 40 %) лиц, затруднившихся с ответом о намерении перейти к органическому статусу, что позволяет считать их возможными участниками данного сектора в перспективе при наличии более комфортных условий деятельности. **Научная новизна исследования** заключается в выявлении особенностей влияния территориального фактора на заинтересованность представителей малого бизнеса в переходе к органическому производству, что позволит их учитывать при реализации соответствующих региональных программ для смягчения существующих барьеров предпринимательской деятельности в аграрном секторе.

Ключевые слова: органическое производство, фактор местоположения, анкетный опрос, Ленинградская область

Для цитирования: Никонова Н. А., Дибирова Х. А., Никонов А. Г. Территориальные аспекты развития органического сельского хозяйства в регионе // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1526–1535. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1526-1535>.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 23-28-01676, <https://rscf.ru/project/23-28-01676>.

Дата поступления статьи: 14.06.2024, **дата рецензирования:** 30.07.2024, **дата принятия:** 06.09.2024.

Territorial aspects of the development of organic agriculture in the region

N. A. Nikonova[✉], Kh. A. Dibirova, A. G. Nikonov

Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

[✉]E-mail: 79127462539@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to study the peculiarities of the territorial distribution of agricultural producers and the impact of their location on the development of regional organic agriculture in the future. The information base was the results of a questionnaire survey of 100 agricultural producers of the Leningrad region, representing mainly peasant (farming) farms in the region. To assess the impact of the territorial factor on the possibilities of developing organic production, 4 groups of respondents were identified, depending on the remoteness of the farm from the regional center – Saint Petersburg, as well as district centers. **Results.** Based on the analysis of the typological characteristics of the respondents and their answers, it was concluded that the participants of the first group (up to 50 km from Saint Petersburg) and at the distance of the farm from the regional center from 101 to 200 km show greater interest in organic production. This confirms the thesis that the territorial factor increases the risks of entrepreneurial activity in agriculture. However, there was no close dependence of farmers' motivation on the location of farms. The multidirectional influence of territorial remoteness on interest in organic production has been established, which is associated with a complex of stimulating or limiting factors. It was determined that in each of the groups of respondents (except the first) there is a large proportion (from 20 to 40 %) of people who found it difficult to answer about their intention to switch to organic status, which allows them to be considered possible participants in this sector in the future, if there are more comfortable conditions of activity. **The scientific novelty** of the study is to identify the peculiarities of the influence of the territorial factor on the interest of small businesses in the transition to organic production, which will allow them to be taken into account when implementing appropriate regional programs to mitigate existing barriers to entrepreneurial activity in the agricultural sector.

Keywords: organic production, location factor, questionnaire survey, Leningrad region

Acknowledgements. The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation, project No. 23-28-01676, <https://rscf.ru/project/23-28-01676>.

For citation: Nikonova N. A., Dibirova Kh. A., Nikonov A. G. Territorial aspects of the development of organic agriculture in the region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1526–1535. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1526-1535>. (In Russ.)

Date of paper submission: 14.06.2024, **date of review:** 30.07.2024, **date of acceptance:** 06.09.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Мировое производство органической продукции представляет собой стабильно развивающийся сегмент сельскохозяйственной деятельности, что связано с постоянным ростом спроса на здоровое, экологически чистое продовольствие. В 2022 году объем мирового органического рынка достигал почти 135 млрд евро, в том числе в США – почти 57 млрд евро, Германии – более 15 млрд евро, Китае – свыше 12 млрд евро. Общее число производителей органической продукции превысило 4,5 млн и увеличилось почти на 26 % к уровню 2021 года, а площади органических земель составили 96,4 млн га, или на 20,3 млн га больше [1].

По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, на 25 января 2024 года Единый государственный реестр насчитывал 182 национальных производителя органической продукции, 53 % из которых прошли сертификацию в сфере

растениеводства, 37 % – переработки продукции, 8 % – в отрасли животноводства. По численности органических предприятий и хозяйств лидировала Воронежская область, на втором месте находился Краснодарский край, на третьем – Московская область.

Между тем следует отметить не только незначительные темпы появления новых участников, но и неравномерность развития органического сельского хозяйства как в целом по стране, так и в разрезе федеральных округов. На текущем этапе формирования российского органического сельского хозяйства наибольшая концентрация сертифицированных производителей наблюдается в регионах Центрального, Сибирского и Южного федеральных округов.

При этом, например, в 10 регионах Северо-Запада, где имеется значительный ресурсный потенциал, по состоянию на апрель 2024 года сертифика-

цию прошли всего 10 производителей, в том числе в Ленинградской и Вологодской областях функционируют только по одному хозяйству этого статуса, в Калининградской области – 2, в Новгородской области – 4.

Неравномерность развития и существенные региональные диспропорции в функционировании агробизнеса исторически свойственны для России, обладающей огромными слабозаселенными сельскими территориями с сохранением масштабов экстенсивного типа ведения сельского хозяйства. Между тем данные условия являются относительными базовыми преимуществами для развития органического сельского хозяйства по сравнению с зарубежными странами, где высокий уровень интенсивности производства ограничивает его экологизацию.

Региональная неоднородность оказывает существенное влияние не только на традиционное сельское хозяйство, но и на органическое в любом государстве, что определяет совокупность организационно-экономических мер по смягчению ее последствий. Так, успешный опыт по нивелированию межрегионального неравенства в пространственном развитии аграрного сектора демонстрируют в Китае [2]. Свой вклад в этот процесс также вносит органическое сельское хозяйство, что отмечается группой китайских исследователей, использовавших инклюзивно-комплексный подход для анализа конкурентоспособности цепочек создания стоимости органической продукции [3]. Причем в странах, имеющих передовой опыт и давнюю историю формирования органического производства, постепенно переходят к практике создания целых биологических сертифицированных районов по производству и переработке органической сельскохозяйственной продукции [4].

В целом эти процессы отражают внимание к такой важной проблеме, как территориальный фактор в системе факторов производства, поскольку удаленность хозяйства от рынка сбыта продукции выступает определенным ограничителем деятельности производителя. Между тем известный специалист в области конкурентной стратегии бизнеса Майкл Портер писал: «Как в самой конкуренции, так и конкурентоспособности роль местоположения почти не учитывается. Во всяком случае, существует тенденция преуменьшать роль местоположения в этих вопросах...» [5].

Территориальный фактор для конкуренции Портер называет парадоксом, так как, с одной стороны, освоение инноваций, доступ к факторам производства и передислокация производства в местность с более низкими издержками могут ослабить роль размещения. Однако, с другой стороны, это обеспечивает лишь локальные конкурентные преимущества, поскольку устойчивую производительность они не создают, если не преодолены барьеры для активизации инвестиционной деятельности.

Применительно к органическому производству влияние территориального фактора, безусловно, очень значимо из-за таких проблем, как большое разнообразие природно-экономических условий, историческая неравномерность развития аграрного сектора в регионах, дифференциация в структуре производства и особенностях территориально-отраслевого разделения труда [6–8].

Поэтому целью настоящего исследования являлось изучение особенностей территориального распределения сельхозпроизводителей и влияния их местоположения на развитие в перспективе регионального органического сельского хозяйства. Задачами исследования выступали:

- проведение анализа мнений респондентов относительно перспектив их перехода к органическому производству;
- выявление типологических особенностей групп респондентов исходя из местоположения хозяйств относительно областного и районного центров;
- определение наличия (отсутствия) взаимосвязи мотивации сельскохозяйственных производителей региона к деятельности в органическом статусе в зависимости от удаленности хозяйства и других его характеристик;
- выявление основных барьеров для развития органического производства в Ленинградской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Методология исследования базировалась на подходах представителей экономической теории о роли местоположения в развитии сельского хозяйства начиная с модели Тюнена. Различия в местоположении объективно создают предпосылки для эффективности сельскохозяйственного производства или его депрессивности: не случайно на протяжении всей истории развития научной мысли влиянию территориального фактора были посвящены основные положения таких экономических теорий, как теория земельной ренты, теория сравнительных преимуществ, теория территориального разделения труда, теория конкурентных преимуществ, теория полюсов роста [6]. Мы исходили также из того, что проблемы местоположения требуют оценки существующих барьеров и имеющихся возможностей для предпринимателей, что определяет перспективы устойчивости производства.

Основным методом исследования выступал социологический, в рамках которого использовался анкетный опрос 100 сельскохозяйственных товаропроизводителей Ленинградской области. По содержанию анкета сочетала вопросы закрытого и открытого характера, позволяющие отразить мнение респондентов относительно их намерений заниматься органическим производством, возможных планов по срокам перехода к этой деятельности, сдержи-

вающих факторов и стимулов и др. Заполненные анкеты были получены от 51 человека, в том числе 35 мужчин и 16 женщин, представляющих главным образом крестьянские (фермерские) хозяйства. Хозяйства были созданы в период с 2011 по 2021 год (73 %), причем в подавляющем большинстве из них не занимаются переработкой продукции (70,5 %). Среди ответивших 65 % имеют высшее образование, в том числе среди женщин – 81 %.

Для анализа влияния территориального аспекта на возможности развития органического производства в данном регионе были проведены типология респондентов и разделение их на 4 группы в зависимости от удаленности хозяйства от областного центра – Санкт-Петербурга. Методом факторного анализа определялась взаимосвязь между ответами на вопрос об основных причинах, сдерживающих развитие органического сельского хозяйства, и характеристиками опрошенных, включая такие параметры, как уровень образования, расстояние от хозяйства до районного и областного центров.

Результаты (Results)

Удаленность от областного центра является одним из существенных факторов, оказывающих влияние на желание фермеров заниматься органическим сельским хозяйством [9].

Проведенный нами анализ показал, что большое количество опрошенных представляют хозяйства, расположенные на расстоянии от 101 до 200 км от областного центра, что составляет 43 % от общего числа респондентов. Единственная сертифицированная органическая ферма в Ленинградской области по принятой классификации попадает в группу № 1, т. е. до 50 км, и еще одно хозяйство, находящееся в периоде конверсии, – в группу № 4, или свыше 200 км.

С точки зрения перспектив расширения ассортимента органической продукции на основе ее переработки четкой взаимосвязи с местоположением не просматривается. При этом в хозяйствах, расположенных на удалении до 50 км, на ее наличие указали только 29 % от общего числа респондентов, относящихся к данной группе, а самой развитой переработкой характеризуются фермерские хозяйства, расположенные на расстоянии от 101 до 200 км от Санкт-Петербурга (36 %). Данный факт отражает необходимость создания в хозяйствах соответствующих мощностей переработки сырья для производства готовых к употреблению органических продуктов и сохранению добавленной стоимости у непосредственных производителей.

Анализ показал, что по мере удаления хозяйства от областного центра доля лиц со средним специальным образованием постепенно увеличивается, а с высшим – уменьшается. Для половины фермерских хозяйств характерно преобладание животноводческой специализации, особенно с уда-

ленностью свыше 200 км (73 %), но необходимо отметить, что 55 % опрошенных 2-й группы представляли хозяйства растениеводческого профиля (таблица 1). Смешанная специализация свойственна лишь 16 % хозяйств, среди которых 27 % находятся на удалении 51–100 км и 23 % – 101–200 км от Санкт-Петербурга. Количество более поздних по срокам создания хозяйств существенно увеличилось в группах на расстоянии от 100 до 200 км и более 200 км от областного центра, что связано с реализацией программы «Ленинградский гектар», направленной на развитие малого бизнеса на удаленных сельских территориях региона.

Как показал анализ, по мере удаленности от Санкт-Петербурга, что было характерно только для первых двух групп опрошенных, преобладающее количество фермерских хозяйств (71 % и 73 % соответственно) было расположено на расстоянии не более 20 км от районных центров, а в 4-й группе (свыше 200 км) такие хозяйства отсутствовали, так как все они территориально находились на удалении свыше 20 км от своего районного центра.

Результаты ответов на вопрос «Занимается ли Ваше хозяйство производством органической продукции или же планируете производить?» были сгруппированы в зависимости от местоположения хозяйств (таблица 2).

На основе данных таблицы 2 можно сделать вывод о том, что однозначно утвердительные ответы респондентов на данный вопрос доминируют в пригородной зоне Ленинградской области (до 50 км от Санкт-Петербурга) и при расстоянии хозяйства от областного центра от 101 до 200 км. Количественные параметры таких ответов между представителями второй и четвертой групп опрошенных оказались идентичными – до 15 % от числа лиц, ответивших вариант «Да». Полученные ответы о планах фермеров к занятию органическим производством («Нет, но планирую») отражают их позитивные намерения во второй и третьей группах.

Утверждения респондентов относительно отсутствия планов деятельности в данной сфере преобладают в группе с удаленностью хозяйства от Санкт-Петербурга на расстоянии 101–200 км. При этом замечен одинаковый удельный вес среди затруднившихся с ответом на вопрос о намерениях заниматься органическим производством – по 40 % во 2-й и 4-й группах опрошенных и полным их отсутствием в 1-й группе.

Следовательно, можно сказать, что на данном этапе, несмотря на предпринимаемые в регионе меры поддержки малого агробизнеса [10; 11], не просматривается четкой связи с местоположением хозяйств как применительно к пригородной зоне, так и в более удаленных районах, где, как указывалось выше, дополнительно используются бюджетные средства программы «Ленинградский гектар».

Таблица 1

Типологические характеристики фермерских хозяйств в зависимости от удаленности от областного центра (Санкт-Петербурга), %

| Местоположение хозяйства, км | Доля хозяйств в группе, расположенных на расстоянии от районного центра, км | | Специализация | | | Период создания | | | |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | Животноводство | Растениеводство | Смешанное | До 2000 г. | 2001–2010 гг. | 2011–2020 гг. | 2021–2023 гг. |
| | До 20 | Более 20 | | | | | | | |
| До 50 | 71 | 29 | 57 | 43 | 0 | 0 | 29 | 71 | 0 |
| 51–100 | 73 | 27 | 18 | 55 | 27 | 9 | 36 | 55 | 0 |
| 101–200 | 23 | 77 | 50 | 27 | 23 | 9 | 18 | 73 | 0 |
| Более 200 | 0 | 100 | 73 | 27 | 0 | 0 | 0 | 91 | 9 |
| По всей выборке | 35 | 65 | 49 | 35 | 16 | 6 | 20 | 73 | 2 |

ЭКОНОМИКА

Table 1

Typological characteristics of farms depending on the distance from the regional center (Saint Petersburg), %

| Location of the farm, km | The proportion of farms in the group located at a distance from the district center, km | | Specialization | | | The period of creation of the farm | | | |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|-----------------|-------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | Animal husbandry | Crop production | Mixed | Until 2000 year | 2001–2010 years | 2011–2020 years | 2021–2023 years |
| | Less than 20 | More than 20 | | | | | | | |
| Less than 50 | 71 | 29 | 57 | 43 | 0 | 0 | 29 | 71 | 0 |
| 51–100 | 73 | 27 | 18 | 55 | 27 | 9 | 36 | 55 | 0 |
| 101–200 | 23 | 77 | 50 | 27 | 23 | 9 | 18 | 73 | 0 |
| More than 200 | 0 | 100 | 73 | 27 | 0 | 0 | 0 | 91 | 9 |
| Across the whole sample | 35 | 65 | 49 | 35 | 16 | 6 | 20 | 73 | 2 |

Таблица 2

Распределение ответов респондентов о намерении заниматься органическим сельским хозяйством в зависимости от удаленности хозяйства от областного центра (Санкт-Петербурга), %

| Местоположение хозяйства, км | Варианты ответов, % | | | | Всего к общему количеству ответивших, % |
|------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| | Да | Нет, но планирую | Нет и не планирую | Затрудняюсь ответить | |
| До 50 | 28,6 | 16,7 | 13,6 | 0,0 | 13,7 |
| 51–100 | 14,3 | 33,3 | 9,1 | 40,0 | 21,6 |
| 101–200 | 42,9 | 33,3 | 59,1 | 20,0 | 43,1 |
| Более 200 | 14,2 | 16,7 | 18,2 | 40,0 | 21,6 |
| Итого | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Table 2

Distribution of respondents' answers about their intention to engage in organic agriculture, depending on the distance of the farm from the regional center (Saint Petersburg), %

| Location of the farm, km | Answer options, in % | | | | Total to the whole number of respondents, % |
|--------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|
| | Yes | No, but I plan to | No, and I don't plan to | I find it difficult to answer | |
| Less than 50 | 28.6 | 16.7 | 13.6 | 0.0 | 13.7 |
| 51–100 | 14.3 | 33.3 | 9.1 | 40.0 | 21.6 |
| 101–200 | 42.9 | 33.3 | 59.1 | 20.0 | 43.1 |
| More than 200 | 14.2 | 16.7 | 18.2 | 40.0 | 21.6 |
| Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Рассмотрим, как распределялись ответы на вопрос «Занимается ли Ваше хозяйство производством органической продукции или же планируете производить?» внутри конкретных групп респондентов, выделенных в зависимости от удаленности хозяйства от Санкт-Петербурга (таблица 3).

Как видно из приведенных в таблице 3 данных, за исключением группы опрошенных с удаленностью 51–100 км от областного центра, удельный вес вариантов ответа «Нет и не планирую» превышал 40 % по всем остальным респондентам. Также достаточно низкой является доля ответов «Нет, но планирую» при нахождении хозяйства на расстоянии свыше 100 км от Санкт-Петербурга.

Исходя из результатов анкетного опроса можно констатировать, что пока наибольший интерес к органическому производству проявляют в 1-й и во 2-й группах фермеров. Причем, учитывая то, что в Ленинградской области зарегистрирован только один органический сельскохозяйственный производитель, можно утверждать, что при опросе фермеры указывали себя в данном статусе. Однако они пока не стремятся сертифицировать свою деятельность, и их доля составляет 12 % от общего числа респондентов из всех групп. Вероятно, это связано с тем, что на практике разница в цене между традиционной и органической фермерской продукцией пока сравнительно невысока, что не мотивирует нести дополнительные затраты на прохождение сертификации. Также данная категория фермеров убеждена в их высокой репутации на рынке как экологически чистых производителей и отсутствии необходимости иметь документальное подтверждение.

Наибольшая доля отрицательно настроенных к изменению своего статуса фермеров наблюдается в

3-й группе (59 %), но необходимо отметить, что в 4-й группе эта доля сокращается, и с учетом наличия в ней большей части затруднившихся ответить (33 %) можно говорить о достаточном количестве потенциальных участников органического производства в перспективе.

Интерес представляет также анализ намерений респондентов к занятию органическим сельским хозяйством в зависимости от удаленности их хозяйства от районного центра (таблица 4)

Фермеры, относящиеся к группам хозяйств 1 и 2, которые расположены на удалении свыше 20 км от районного центра, более пессимистично-пассивно оценивают возможности перехода на органическое производство. При этом респонденты, представляющие хозяйства, находящиеся на расстоянии 101–200 км от Санкт-Петербурга и свыше 20 км от своего районного центра, наоборот, более позитивно рассматривают перспективы занятия органическим сельским хозяйством – в совокупности их доля составила 41 %. В четвертой, наиболее удаленной от областного и районного центров, группе респондентов их доля меньше 27 %, что с учетом достаточно большого количества неопределившихся фермеров позволяет говорить о том, что они также потенциально обладают возможностями для активного занятия органическим сельским хозяйством.

Наличие большого числа не имеющих заинтересованности в органическом сельскохозяйственном производстве фермеров требует исследования причин, которые препятствуют этому. Для этого был проведен анализ результатов анкетного опроса и выделены основные барьеры на пути развития органического сельского хозяйства Ленинградской области в зависимости от удаленности фермы от областного центра.

Таблица 3
Распределение ответов респондентов о намерении заниматься органическим сельским хозяйством внутри выделенных групп в зависимости от удаленности хозяйства от областного центра (Санкт-Петербург), %

| Местоположение хозяйства, км | Варианты ответов | | | | Итого |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------|-------|
| | Да | Нет, но планирую | Нет и не планирую | Затрудняюсь ответить | |
| До 50 | 29 | 29 | 42 | 0 | 100 |
| 51–100 | 9 | 36 | 19 | 36 | 100 |
| 101–200 | 14 | 18 | 59 | 9 | 100 |
| Более 200 | 8 | 17 | 42 | 33 | 100 |

Table 3
Distribution of respondents' answers about their intention to engage in organic agriculture within the groups identified, depending on the distance of the farm from the regional center (Saint Petersburg), %

| Location of the farm, km | Answer options, % | | | | Total |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|
| | Yes | No, but I plan to | No, and I don't plan to | I find it difficult to answer | |
| Less than 50 | 29 | 29 | 42 | 0 | 100 |
| 51–100 | 9 | 36 | 19 | 36 | 100 |
| 101–200 | 14 | 18 | 59 | 9 | 100 |
| More than 200 | 8 | 17 | 42 | 33 | 100 |

Таблица 4

Распределение ответов респондентов о намерении заниматься органическим сельским хозяйством по группам в зависимости от удаленности хозяйств от Санкт-Петербурга и их местоположения относительно районного центра, %

| Расстояние от хозяйства до областного центра (Санкт-Петербург), км | Варианты ответов | | | | Итого |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------|-------|
| | Да | Нет, но планирую | Нет и не планирую | Затрудняюсь ответить | |
| Хозяйства, расположенные на удалении до 20 км от районного центра | | | | | |
| До 50 | 40 | 20 | 40 | 0 | 100 |
| 51–100 | 14 | 43 | 14 | 29 | 100 |
| 101–200 | 0 | 0 | 80 | 20 | 100 |
| Хозяйства, расположенные на удалении свыше 20 км от районного центра | | | | | |
| До 50 | 0 | 50 | 50 | 0 | 100 |
| 51–100 | 0 | 25 | 25 | 50 | 100 |
| 101–200 | 18 | 23 | 53 | 6 | 100 |
| Более 200 | 9 | 18 | 36 | 36 | 100 |

Экономика

Table 4

Distribution of respondents' answers about their intention to engage in organic agriculture by group, depending on the distance of farms from Saint Petersburg and their location relative to the regional center, %

| The distance from the farm to the regional center (St. Petersburg), km | Answer options | | | | Total |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|
| | Yes | No, but I plan to | No, and I don't plan to | I find it difficult to answer | |
| Farms located at a distance of up to 20 km from the district center | | | | | |
| Less than 50 | 40 | 20 | 40 | 0 | 100 |
| 51–100 | 14 | 43 | 14 | 29 | 100 |
| 101–200 | 0 | 0 | 80 | 20 | 100 |
| Farms located at a distance of more than 20 km from the district center | | | | | |
| Less than 50 | 0 | 50 | 50 | 0 | 100 |
| 51–100 | 0 | 25 | 25 | 50 | 100 |
| 101–200 | 18 | 23 | 53 | 6 | 100 |
| Over 200 | 9 | 18 | 36 | 36 | 100 |

Все группы опрошенных независимо от территориального расположения отмечают недостаток знаний в области органического сельского хозяйства. Проблемы, связанные с высокой стоимостью сертификации, наиболее актуальны для 1-й и 3-й групп респондентов. Представители 2-й и 3-й групп среди основных препятствий особо выделили отсутствие спроса на органическую продукцию. По мере удаления от областного центра количество фермеров, не удовлетворенных ценой на органическую продукцию, постепенно снижается с 21 % в первой группе до 8 % в последней группе.

Необходимо отметить, что среди опрошенных 2-й группы было наибольшее количество лиц, указавших на недостаточность господдержки органического сельского хозяйства. В данном случае с увеличением в выборке респондентов из 3-й группы ответы распределялись иным образом, нежели в предыдущем нашем исследовании [12], где их подавляющее количество было на удалении хозяйств до 100 км от областного центра, т. е. в границах непосредственно с Санкт-Петербургом.

При этом достаточно большая часть респондентов дополнительно выделила такие другие барьеры

для развития органического производства, как проблемы со сбытом продукции, что вызывает наибольшую озабоченность у лиц из группы хозяйств на расстоянии свыше 100 км от Санкт-Петербурга. По итогам факторного анализа можно сделать вывод, что усиление государственной поддержки сектора органического сельского хозяйства [13] будет стимулировать сомневающимся фермеров Ленинградской области к занятию этим видом бизнеса.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное исследование позволяет еще раз привлечь внимание к проблемам развития органического сельского хозяйства как в целом, так и с позиций его территориального аспекта с учетом внутрирегиональной специфики, поскольку от этого будут зависеть темпы наращивания объема рынка органической продукции за счет местного предложения.

Результаты анкетного опроса хозяйствующих субъектов аграрного сектора на примере Ленинградской области подтверждают выдвинутое предположение о том, что современные факторы и риски предпринимательской деятельности в сельском хозяйстве дополняются и территориальными ее

ограничениями. Отсюда особенности мотивационных устремлений представителей малого бизнеса, в том числе планы или отсутствие намерений к переходу на органическое производство.

Следует также отметить выявленное в ходе исследований разнонаправленное влияние территориального фактора на данные процессы. Это объясняется комплексом причин, в том числе степенью влияния рассмотренных выше стимулирующих или ограничивающих факторов независимо от местоположения хозяйств относительно областного и районного центров. Например, органические фермеры Северо-Запада и Ленинградской области, в частности, сталкиваются с более трудными условиями для сбыта своей продукции по сравнению с традиционной. Поэтому им приходится встраиваться в длинные цепи поставок – вплоть до транспортировки продукции в органические магазины Москвы. Следовательно, для смягчения негативного воздействия фактора местоположения для хозяйств на расстоянии свыше 100 км от областного центра возможно снижение существующих рисков посредством укорачивания цепи поставок органической продукции за счет стимулирования реализации ее части, в том числе со скидкой к цене, в близлежащем районном центре.

Для органических фермеров Северо-Запада характерна наценка на товары в размере 30–50 % [14], что еще больше сужает нишу рынка и объем спроса, даже несмотря на близость такого мегаполиса, как Санкт-Петербург. Как отмечалось исследователями, в 2017 году 73 % объема производимой фермерами продукции сельского хозяйства было сосредоточено в районах с корпоративным сельским хозяйством, 14 % – в районах с сочетанием производства сельскохозяйственных организаций, хозяйств населения и фермерских хозяйств, что указывает на

их трудности функционировать на слабо развитых территориях в одиночку [15]. Сильные фермерские группы и территориальная поддержка повышают устойчивость органического земледелия [16], а близость органических ферм к густонаселенным районам позволяет развивать короткие цепочки поставок продукции и стимулирует диверсификацию органического производства [17].

Между тем одна из гипотез исследования, заключающаяся в том, что города – районные центры могут дать больший импульс для развития местного органического производства, пока не подтверждается. Это больше действует при близости местоположения по отношению к областному центру как рынку сбыта, что можно объяснить не только с точки зрения территориального размещения ферм, но и с учетом особенностей природно-ресурсного потенциала районов Ленинградской области. Полученные результаты исследования, определяющие его практическую значимость, могут быть использованы при разработке региональных программ развития органического сельского хозяйства.

В целом следует сделать вывод, что многоаспектность проблемы устойчивого развития органического сельского хозяйства в субъектах Федерации требует усилить внимание к анализу внутри региональных факторов неравномерности прироста количества производителей данного типа, потому что это напрямую связано не только с параметрами рынка экологически чистой продукции в стране, но и с перспективами развития сельских территорий, в том числе удаленных [18; 19]. Отмеченное актуализирует задачу активизации сотрудничества исследователей в изучении территориальной дифференциации происходящих изменений в сельской местности и обмену результатами исследований.

Библиографический список

1. Мировой органический рынок достиг почти 135 миллиардов евро [Электронный ресурс]. URL: <https://soz.bio/mirovoy-organicheskiy-rynok-dostig-po> (дата обращения: 17.03.2024).
2. Wang Y., Kuang Y. Evaluation, regional disparities and driving mechanisms of high-quality agricultural development in China // Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 7. DOI: 10.3390/su15076328.
3. Asli G. K., Yonggong L., Feng B. Factors limiting the potential impacts of organic agriculture on rural development in China // Organic Agriculture. 2017. Vol. 3, No. 7. Pp. 339–352. DOI: 10.1007/s13165-016-0162-6.
4. Stotten R., Froning P. Territorial rural development strategies based on organic agriculture: the example of Valposchiavo, Switzerland // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2023. Vol. 7. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1182993.
5. Портер М. Э. Конкуренция. Пер. с англ. Москва: Издательский дом «Вильямс», 2000. 495 с.
6. Костяев А. И. Территориальная дифференциация сельскохозяйственного производства: Вопросы методологии и теории. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУЭФ, 2006. 240 с.
7. Костяев А. И. Выравнивание территориальных социально-экономических различий // Экономика сельского хозяйства России. 2006. № 5. С. 21.
8. Рущицкая О. А. Организация продовольственного рынка сельскохозяйственной органической продукции в условиях индустриально-аграрного региона: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. Екатеринбург, 2019. 429 с.
9. Павлов А. Ю., Кудрявцев А. А. Факторы развития производства органической продукции в субъектах Российской Федерации // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2 (392). С. 133–137. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_2_133.

10. Улимбашев А. З., Нам М. А., Дубравина Д. А. Оценка государственной финансовой поддержки малого аграрного предпринимательства Ленинградской области // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 5. С. 13–20.

11. Трусова Н. А. Эффективность государственной поддержки производителей молока Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 48. С. 157–161.

12. Никонова Н. А., Дибирова Х. А., Никонов А. Г. Факторы формирования рынка сельскохозяйственной органической продукции в условиях Северо-Запада // АПК: Экономика, управление. 2023. № 10. С. 78–86. DOI: 10.33305/2310-78.

13. Кружкова Т. И., Ручкин А. В., Рущицкая О. А. Меры государственной поддержки рынка органической сельскохозяйственной продукции // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 63. С. 125–128.

14. Dibirova K. Opportunities and constraints for the development of organic production in small-scale farms in the North-West of the Russia // Agriculture Digitalization and Organic Production. Series: Smart Innovation, Systems and Technologies. 2023. Vol. 331. Pp. 107–118. DOI: 10.1007/978-981-99-4165-0_10.

15. Шепелева Е. А. Роль крестьянских (фермерских) хозяйств в развитии сельской территории Ленинградской области // VII Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика: материалы международной научной конференции. Санкт-Петербург, 2019. С. 323–327.

16. Polge E., Pagès H. Relational drivers of the agroecological transition: An analysis of farmer trajectories in the Limagne plain, France // Agricultural Systems. 2022. Vol. 200, No. 1. DOI: 10.1016/j.agsy.2022.103430.

17. Rover O. J., da Silva Pugas A., De Gennaro B. C., Vittori F., Roselli L. Conventionalization of organic agriculture: a multiple case study analysis in Brazil and Italy // Sustainability. 2020. Vol. 16. DOI: 10.3390/su12166580.

18. Никонов А. Г. Роль государственных программ в развитии депрессивных сельских территорий [Электронный ресурс] // Российский электронный научный журнал. 2013. № 1 (1). С. 85–94. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21156566> (дата обращения: 26.05.2024).

19. Воронкова О. Ю., Петрова Л. И. Производство органической продукции в регионах: экономический, социальный и бюджетный эффект // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 1. С. 38–43. DOI: 10.32651/241-38.

Об авторах:

Наталья Александровна Никонова, кандидат экономических наук, научный сотрудник, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия; ORCID 0000-0002-1504-7253, AuthorID 877660. E-mail: 79127462539@mail.ru

Хапсат Абусупяновна Дибирова, младший научный сотрудник, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия; ORCID 0000-0002-5857-7975, AuthorID 723696. E-mail: dibirova.h@speras.ru

Алексей Григорьевич Никонов, научный сотрудник, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия; ORCID 0000-0002-1700-6463, AuthorID 726587. E-mail: scienceeconomy@yandex.ru

References

1. *The global organic market has reached almost 135 billion euros* [Internet] 2024 [cited 2024 Mar 17]. Available from: <https://soz.bio/mirovoy-organicheskiy-rynok-dostig-po>. (In Russ.)

2. Wang Y., Kuang Y. Evaluation, regional disparities and driving mechanisms of high-quality agricultural development in China. *Sustainability*. 2023; 15 (7). DOI: 10.3390/su15076328.

3. Asli G. K., Yonggong L., Feng B. Factors limiting the potential impacts of organic agriculture on rural development in China. *Organic Agriculture*. 2017; 3 (7): 339–352. DOI: 10.1007/s13165-016-0162-6.

4. Stotten R., Froning P. Territorial rural development strategies based on organic agriculture: the example of Valposchiavo, Switzerland. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023; 7. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1182993.

5. Porter M. E. *Competition*. Translated from English Moscow: Williams Publishing House, 2000. 495 p. (In Russ.)

6. Kostyaev A. I. *Territorial differentiation of agricultural production: Questions of methodology and theory*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Economics and Finance, 240 p. (In Russ.)

7. Kostyaev A. I. Equalization of territorial socio-economic differences. *Economics of Agriculture of Russia*. 2006; 5: 21. (In Russ.)

8. Rushchitskaya O. A. Organization of the food market of agricultural organic products in the conditions of an industrial and agricultural region: dissertation ... doctor of economic sciences: 08.00.05. Ekaterinburg, 2019. 429 p. (In Russ.)
9. Pavlov A. Yu., Kudryavtsev A. A. Factors of development of organic production in the subjects of the Russian Federation. *International Agricultural Journal*. 2023; 2 (392): 133–137. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_2_133. (In Russ.)
10. Ulimbashev A. Z., Nam M. A., Dubravina D. A. Assessment of state financial support for small agricultural enterprises in the Leningrad region. *Economics of Agriculture of Russia*. 2023; 5: 13–20. (In Russ.)
11. Trusova N. A. The effectiveness of state support for milk producers in the Leningrad region. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2017; 48: 157–161. (In Russ.)
12. Nikonova N. A., Dibirova Kh. A., Nikonov A. G. Factors of organic products market formation in the northwestern federal district of the Russian Federation. *AIC: Economics, Management*. 2023; 10: 78–86. DOI: 10.33305/2310-78. (In Russ.)
13. Kruzhkova T. I., Ruchkin A. V., Rushchitskaya O. A. Measures of state support for the market of organic agricultural products. *Izvestiya Mezhdunarodnoy Akademii Agrarnogo Obrazovaniya*. 2022; 63: 125–128. (In Russ.)
14. Dibirova K. Opportunities and constraints for the development of organic production in small-scale farms in the North-West of the Russia. *Agriculture Digitalization and Organic Production. Series: Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2023; 331: 107–118. DOI: 10.1007/978-981-99-4165-0_10.
15. Shepeleva E. A. The role of peasant (farm) farms in the development of the rural territory of the Leningrad region. *VII Luga Scientific Readings. Modern Scientific Knowledge: Theory and Practice: materials of the international scientific conference*. Saint Petersburg, 2019. Pp. 323–327. (In Russ.)
16. Polge E., Pagès H. Relational drivers of the agroecological transition: An analysis of farmer trajectories in the Limagne plain, France. *Agricultural Systems*. 2022; 200 (1). DOI: 10.1016/j.agsy.2022.103430.
17. Rover O. J., da Silva Pugas A., De Gennaro B. C., Vittori F., Roselli L. Conventionalization of organic agriculture: a multiple case study analysis in Brazil and Italy. *Sustainability*. 2020; 16. DOI: 10.3390/su12166580.
18. Nikonov A. G. The role of state programs in the development of depressed rural areas. *Russian electronic scientific journal* [Internet]. 2013 [cited 2024 May 26]; 1: 85–94. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21156566>. (In Russ.)
19. Voronkova O. Yu., Petrova L. I. Organic production in the regions: economic, social and budgetary effect. *Economics of Agriculture of Russia*. 2024; 1: 38–43. DOI: 10.32651/241-38. (In Russ.)

Authors' information:

Natalya A. Nikonova, candidate of economic sciences, researcher, Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia; ORCID 0000-0002-1504-7253, AuthorID 877660. *E-mail: 79127462539@mail.ru*

Khapsat A. Dibirova, junior researcher, Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia; ORCID 0000-0002-5857-7975, AuthorID 723696. *E-mail: dibirova.h@spcras.ru*

Aleksey G. Nikonov, researcher, Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia; ORCID 0000-0002-1700-6463, AuthorID 726587. *E-mail: scienceeconomy@yandex.ru*

Программно-инновационный подход к формированию конкурентоспособных кадров для АПК Уральского региона

Д. К. Стожко¹, К. П. Стожко²✉

¹ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: kostskp@mail.ru

Аннотация. Целью исследования являются анализ и оценка роли программно-инновационного подхода к подготовке и использованию конкурентоспособных кадров на предприятиях регионального АПК в условиях перехода к новому технологическому укладу и формирования новой модели производства – «быстро реагирующего производства» (Quick Response Manufacturing, QRM). **Методы.** В статье использованы компаративный теоретико-методологический анализ, методы диалектики (индукция, дедукция, анализ, синтез и др.), программно-целевой и структурно-функциональный методы. **Научная новизна** исследования заключается в обосновании необходимости использования, а также в раскрытии сущности программно-инновационного подхода в подготовке конкурентоспособных кадров для предприятий регионального АПК. **Результаты.** В исследовании выявлено и проанализировано содержание программно-инновационного подхода к формированию и использованию конкурентоспособных кадров для регионального АПК. Выделены особенности Уральского региона и их влияние на конкурентоспособность предприятий регионального АПК. Раскрыто отличие программно-инновационного подхода от прежних подходов к воспроизводству кадров для предприятий регионального АПК. В частности, установлена необходимость более предметной ориентации в воспроизводстве кадров не только на профессионализм, но и на конкурентоспособность специалистов, что диктуется растущей конкуренцией и общей макроэкономической турбулентностью и неопределенностью. Наряду с уже определенными в современной науке свойствами конкурентоспособного специалиста в исследовании выделены и раскрыты принципиально новые востребованные его характеристики, такие как способность специалистов обеспечить необходимый рост надежности, устойчивости и эффективности самих предприятий регионального АПК. Определены особенности данного подхода, связанные с цифровизацией современной экономики и системы управления кадрами. Показана динамика использования различных моделей управления кадрами на предприятиях регионального АПК и роль форсайт-технологий в обеспечении формирования и использования конкурентоспособных кадров. **Практическая значимость** исследования обусловлена необходимостью серьезной корректировки кадровой политики предприятий регионального АПК и выработки новой модели кадрового менеджмента, учитывающей вызовы времени и долгосрочные стратегические цели социально-экономического развития страны и региона.

Ключевые слова: быстро реагирующее производство, конкурентоспособные кадры, конкуренция, программно-инновационный подход, форсайт-технологии

Для цитирования: Стожко Д. К., Стожко К. П. Программно-инновационный подход к формированию конкурентоспособных кадров для АПК Уральского региона // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1536–1548. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1536-1548>.

Дата поступления статьи: 28.05.2024, **дата рецензирования:** 10.06.2024, **дата принятия:** 03.08.2024.

A program-innovative approach to the formation of competitive personnel for the agro-industrial complex of the Ural region

D. K. Stozhko¹, K. P. Stozhko²✉

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: kostskp@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to analyze and evaluate the role of a software-innovative approach to the training and use of competitive personnel at enterprises of the regional agro-industrial complex in the context of the transition to a new technological structure and the formation of a new production model – Quick Response Manufacturing (QRM). **Methods.** The article uses comparative theoretical and methodological analysis, dialectic methods (induction, deduction, analysis, synthesis, etc.), program-target and structural-functional methods. **Scientific novelty** of the study lies in the substantiation of the need for use, as well as in the disclosure of the essence of the program-innovative approach to the training of competitive personnel for regional agro-industrial complex enterprises. **Results.** The study identified and analyzed the content of a program-innovative approach to the formation and use of competitive personnel for the regional agro-industrial complex. The features of the Ural region and their impact on the competitiveness of enterprises in the regional agro-industrial complex are highlighted. The difference between the software-innovative approach and previous approaches to personnel reproduction for enterprises of the regional agro-industrial complex is revealed. In particular, the need for a more substantive orientation in the reproduction of personnel has been established, not only on professionalism, but also on the competitiveness of specialists, which is dictated by growing competition and general macroeconomic turbulence and uncertainty. Along with the properties of a competitive specialist already defined in modern science, the study identifies and reveals fundamentally new characteristics that are in demand, such as the ability of specialists to ensure the necessary growth in the reliability, sustainability and efficiency of the enterprises of the regional agro-industrial complex themselves. The features of this approach related to the digitalization of the modern economy and personnel management system are identified. The dynamics of the use of various models of personnel management at enterprises of the regional agro-industrial complex and the role of foresight technologies in ensuring the formation and use of competitive personnel are shown. **The practical significance** of the study is due to the need to seriously adjust the personnel policy of enterprises in the regional agro-industrial complex and develop a new model of personnel management that takes into account the challenges of the time and long-term strategic goals of the socio-economic development of the country and the region.

Keywords: responsive production, competitive personnel, competition, software-innovative approach, foresight technologies

For citation: Stozhko D. K., Stozhko K. P. A program-innovative approach to the formation of competitive personnel for the agro-industrial complex of the Ural region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1536–1548. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1536-1548>. (In Russ.)

Date of paper submission: 28.05.2024, **date of review:** 10.06.2024, **date of acceptance:** 03.08.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Устойчивое социально-экономическое развитие аграрной экономики является одним из важнейших направлений научных исследований и экономической политики государства. Переход к новому технологическому укладу вызвал к жизни разработку программно-инновационного подхода в области подготовки высококонкурентных кадров для предприятий региональных АПК. В отличие от инновационного подхода, который отталкивался от развития рынка инноваций в целом, программно-инновационный подход учитывает существующие (ре-

ализуемые) национальные проекты, федеральные и региональные программы развития экономики и более адресно содействует формированию государственного заказа на те профессии, квалификации и компетенции, которые в наибольшей степени отвечают реализации названных программ и проектов.

Речь идет о развитии разных форм воспроизводства конкурентоспособных кадров. Так, в Свердловском областном фонде поддержки предпринимательства начиная с 2019 года регулярно проводятся информативные совещания и онлайн-семинары с главами крестьянских (фермерских) хозяйств.

Запущен и функционирует портал «Бизнес-навигатор МСП (www.navigatorsmbn.ru) и его сервисы: «Коммуникационная платформа», «ТАСС-бизнес» и «Поток». Организована систематическая работа по повышению информированности граждан, ведущих личное подсобное хозяйство, субъектов малого и среднего предпринимательства для консультирования населения по вопросам создания и развития предпринимательской деятельности в области сельского хозяйства [1].

Программой «Реализация основных направлений государственной политики в сферах агропромышленного комплекса и потребительского рынка» Свердловской области до 2025 года предусмотрено в качестве одной из целей «обеспечение агропромышленного комплекса Свердловской области квалифицированными кадрами» [2].

Цель исследования – анализ и оценка перспектив использования программно-инновационного подхода в области подготовки и использования конкурентоспособных кадров для аграрной экономики Уральского региона.

Методология и методы исследования (Methods)

В статье проведен компаративный теоретико-методологический анализ программно-инновационного подхода к формированию и использованию конкурентоспособных кадров для предприятий АПК Уральского региона, использованы методы диалектики, статистического анализа, программно-целевой и структурно-функциональный методы.

Объектом исследования является подготовка конкурентоспособных кадров для предприятий регионального АПК; предметом исследования – социально-экономические и организационно-экономические аспекты программно-инновационного подхода к формированию и использованию конкурентоспособных кадров на предприятиях Уральского региона.

Результаты (Results)

Вопросы, связанные с развитием конкуренции в аграрной экономике Уральского региона, довольно широко исследованы в работах Л. Н. Куклиной, Е. М. Кочкиной, В. Д. Мингалева, Н. Н. Минеевой, О. В. Мустафиной, Н. С. Нечехухиной, А. Л. Пустуева, С. В. Радионовой, Е. В. Радковской, З. Б. Хмельницкой, И. П. Чупиной, В. М. Шараповой, К. П. Юрченко и др.

Начиная с 2008 года в регионе получило распространение программно-целевое стратегическое регулирование конкуренции в разных отраслях экономики, в том числе и в сфере подготовки кадров для регионального АПК. Соответственно, начал складываться и программно-инновационный подход к формированию и использованию кадров в аграрном секторе Уральского региона. Суть этого подхода состоит в сочетании инновационных технологий формирования и использования кадров предприятий

регионального АПК с состоянием конкурентной среды и конкурентных преимуществ / недостатков старопромышленного срединного региона, каким является Уральский регион, а также задачами федеральных и региональных программ стратегического развития.

В настоящее время развитие конкуренции в регионе регулируется серьезной нормативно-правовой базой [3–8]. Особое значение в осуществлении программно-инновационного подхода к конкуренции и к развитию сельских территорий региона, в частности, имеет использование форсайт-технологий, которые анализируются в работах Е. В. Балахоновой, Ю. Д. Бахтеева, В. Н. Николашина, О. Г. Каратаевой, А. Н. Семина, А. В. Стрельникова и др. Их использование обусловлено процессом цифровизации сельского хозяйства, в рамках которого все большее практическое применение получают инновационные технологии: дистанционное зондирование земли, использование беспилотных летательных аппаратов, развитие робототехники, практика использования цифровых платформ в фермерских хозяйствах, технологии точного посева, farming as-a-service (FaaS), шеринг сельхозтехники, технологии городского сельского хозяйства и автоматизированных вертикальных ферм и др. [9]. Для использования таких технологий необходимы соответствующие кадры.

АПК Свердловской области в настоящее время представлен почти 300 сельскохозяйственных организаций, более чем 700 фермерских хозяйств и более чем 800 предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности. Объемы производства продукции сельского хозяйства составляют более 90 млрд руб., пищевой промышленности – свыше 140 млрд руб. Лидеры пищевой промышленности Свердловской области в настоящее время представлены в таблице 1.

На 2024 год в Свердловской области запланировано осуществление ряда федеральных инновационных проектов, в т. ч. «МСП и цифровая экономика» (направления: «Информационная безопасность», «Кадры для цифровой экономики», «Цифровые технологии» и др.); «Сохранение и развитие человеческого потенциала» (направления: «Молодые профессионалы – повышение конкурентоспособности и профессионального образования», «Социальная активность», «Содействие занятости на территории», «Цифровая образовательная среда» и др.); «Развитие экономики региона и экология» (направления: «Системные меры по повышению производительности труда», «Адресная поддержка повышения производительности труда на предприятиях» и др.). В связи с этим особую актуальность приобретает такое качество специалистов, как конкурентоспособность. Основным источником высококвалифицированных кадров для сельского хо-

зайства Свердловской области является Уральский государственный аграрный университет, который готовит кадры по широкому кругу специальностей и направлений [10].

На текущий момент существует более двух десятков определений понятий «конкурентоспособность предприятия» и «конкурентоспособность работника». Рассуждая о конкурентоспособности специалиста (работника), разные авторы относят данное понятие:

- 1) к рабочей силе;
- 2) к трудовому или управленческому потенциалу работника;
- 3) непосредственно к самому работнику;

- 4) к персоналу предприятия (организации);
- 5) к трудовым ресурсам в целом.

В первом случае конкурентоспособность кадров связывают с квалификацией, стажем работы, возрастом, образованием, физиологическими и социально-бытовыми характеристиками. Во втором случае – с профессионализмом, компетенцией, личностными качествами, мотивацией. В третьем случае – с условиями найма, качеством труда, полезным эффектом, совокупными затратами. В четвертом случае – с теми же признаками, относимыми к персоналу предприятия (организации) в целом. В пятом случае – с экономической активностью, показателями структуры трудовых ресурсов и т. д. [11].

Таблица 1

Крупнейшие компании АПК Свердловской области (пищевая промышленность)

| № | Место в рейтинге | Компания | Объем выручки, млрд руб. | Основной вид деятельности по ОКВЭД |
|----|------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | 15 | АО «Жировой комбинат» | 83 | Производство маргариновой продукции |
| 2 | 100 | АО «Ирбитский молочный завод» | 10 | Производство молочной продукции |
| 3 | 115 | АО «Свинокомплекс «Уральский» | 9 | Разведение свиней |
| 4 | 118 | ООО «Первая линия» | 9 | Производство молока и молочной продукции |
| 5 | 125 | АО «Птицефабрика «Свердловская» | 8 | Разведение сельскохозяйственной птицы |
| 6 | 146 | АО «Птицефабрика «Рефтинская» | 7 | Разведение сельскохозяйственной птицы |
| 7 | 163 | АО «СМАК» | 7 | Производство хлеба |
| 8 | 167 | АО «Комбинат пищевой «Хороший Вкус» | 6 | Производство мясной продукции |
| 9 | 184 | ООО «Молочный кит» | 6 | Производство питьевого молока и питьевого сливок |
| 10 | 199 | ООО «Талицкое молоко» | 5 | Производство молока и молочной продукции |
| 11 | 200 | ООО «Орел» | 5 | Производство молока |
| 12 | 217 | АО «Богдановичский комбикормовый завод» | 5 | Производство готовых кормов для животных |
| 13 | 273 | ООО «Картье» | 4 | Разведение сельскохозяйственной птицы |
| 14 | 285 | ООО «Богдановичский городской молочный завод» | 4 | Производство молока и молочной продукции |
| 15 | 336 | АО «Тепличное» | 3 | Выращивание овощей |
| 16 | 342 | ООО «Молочная благодать» | 3 | Производство молока и молочной продукции |
| 17 | 353 | ОАО «Свердловский комбинат хлебопродуктов» | 3 | Производство готовых кормов для животных |
| 18 | 445 | АО «Полевской молочный завод» | 2 | Производство молочной продукции |
| 19 | 458 | ООО «Нижнетагильская птицефабрика» | 2 | Разведение сельскохозяйственной птицы |
| 20 | 518 | ООО «Тагильское пиво» | 2 | Производство пива |

Примечание. * Составлено на основе рейтинга 361 298 компаний Свердловской области (по выручке). URL: <https://spark-interfax.ru/map/sverdlovskaya-oblast/146> (дата обращения: 27.05.2024).

Table 1
The largest agribusiness companies in the Sverdlovsk region (food industry)

| No. | Place in the ranking | Company | Revenue volume, billion rubles | Main activity according to All-Russian Classifier of Types of Economic Activity |
|-----|----------------------|----------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 15 | JSC "Fats and Oil Integrated Works" | 83 | Production of margarine products |
| 2 | 100 | JSC "Irbity Dairy Plant" | 10 | Dairy production |
| 3 | 115 | JSC "Pig farm "Ural" | 9 | Pig breeding |
| 4 | 118 | LLC "First Line" | 9 | Production of milk and dairy products |
| 5 | 125 | JSC "Poultry Farm "Sverdlovskaya" | 8 | Poultry breeding |
| 6 | 146 | JSC "Poultry Farm "Reftinskaya" | 7 | Poultry breeding |
| 7 | 163 | JSC "SMAK" | 7 | Bread production |
| 8 | 167 | JSC "Food Plant "Good Taste" | 6 | Production of meat products |
| 9 | 184 | LLC "Milk Whale" | 6 | Production of drinking milk and drinking cream |
| 10 | 199 | LLC "Talitskoye Moloko" | 5 | Production of milk and dairy products |
| 11 | 200 | LLC "Orel" | 5 | Milk production |
| 12 | 217 | JSC "Bogdanovich's mixed Fodder Plant" | 5 | Production of ready-made animal feed |
| 13 | 273 | LLC "Cartier" | 4 | Poultry breeding |
| 14 | 285 | LLC Bogdanovich's City Dairy Plant" | 4 | Production of milk and dairy products |
| 15 | 336 | JSC "Teplichnoe" | 3 | Growing vegetables |
| 16 | 342 | LLC "Molochnaya Blagodat" | 3 | Production of milk and dairy products |
| 17 | 353 | OJSC "Sverdlovsk Bread Products Plant" | 3 | Production of ready-made animal feed |
| 18 | 445 | JSC "Polevskoy Dairy Plant" | 2 | Dairy production |
| 19 | 458 | LLC "Nizhny Tagil Poultry Farm" | 2 | Poultry breeding |
| 20 | 518 | LLC "Tagil beer" | 2 | Beer production |

Note. * Compiled based on the rating of 361,298 companies in the Sverdlovsk region (by revenue). URL: <https://spark-interfax.ru/map/sverdlovskaya-oblast/146> (date of reference: 27.05.2024).

В настоящее время российское сельское хозяйство в целом и сельское хозяйство Уральского региона в частности характеризуется отставанием в динамике использования инновационных технологий от промышленности и сферы услуг, в которых работают крупные компании. Для малых форм хозяйствования в аграрном секторе экономики часто просто нет ресурсов для формирования штата IT-специалистов. Их общая численность в российском сельском хозяйстве составляет 6800 чел. [12]. Это обстоятельство, в свою очередь, ограничивает возможности успешной конкуренции сельхозпроизводителей на рынке и требует создания «максимально благоприятных условий для повышения уровня обеспеченности агропромышленного комплекса современными информационными технологиями» [13]. Одним из средств для формирования таких максимально благоприятных условий как раз и является использование форсайт-технологий.

В целом форсайт представляет собой определенный набор методов для экспертной оценки стра-

тегических направлений экономического развития. Сегодня нужны такие кадры, которые могли бы использовать новейшие технологии и быть экспертами в этих областях. Форсайт-технологии применяются для формирования сценариев будущей подготовки кадров, необходимых в условиях перехода современного общества к новому технологическому укладу.

В связи с этим для предприятий регионально-го АПК требуются не просто квалифицированные, но также креативные и инициативные работники, способные принимать на себя ответственность за неординарные решения. Это предполагает необходимость скорректировать существующую на текущий момент систему управления кадрами в соответствии с федеральными и региональными целями социально-экономического развития, требованиями сочетания стратегических и текущих программ развития региона, формирования эффективного механизма реализации таких программ с гарантией социальной и экономической стабильности.

Среди принципов перестройки системы управления кадрами особую роль играют принципы системности и комплексности программ формирования кадрового потенциала страны и регионов; динамичности и непрерывности проведения кадровой политики и ее адаптации к происходящим переменам и др. [14].

Уральский регион является старопромышленным и срединным регионом, его особенности влияют на программно-инновационный подход к формированию конкурентоспособных специалистов для регионального АПК. Во-первых, это высокая доля промышленности, особенно тяжелого и транспортного машиностроения в структуре ВВП Уральского региона. Доля АПК Свердловской области в структуре областного ВВП составляет только 3,5 %, или 9 место по объему производства.

Вместе с тем в качестве резерва для повышения данных показателей стоит отметить растущую интеграцию предприятий областного АПК и промышленных компаний. Так, группа «Синара» владеет агропредприятием «Каменское», УГМК, создало специальную интегрированную структуру «УГМК-Агро», в состав которой входят агрофирмы «Патруши» и «Тепличное», Верхне-Пышминский молочный завод, Екатеринбургский мукомольный завод и др. Эти примеры межотраслевой интеграции сопровождаются и процессами отраслевой и межтерриториальной интеграции в Уральском регионе. Так, Сибирская аграрная группа (САГ) построила на территории Свердловской области комплекс «Уральский», создав свыше 130 новых рабочих мест и т. д. Соответственно, интеграция накладывает свой отпечаток на осуществление программно-инновационного подхода к воспроизводству кадров региона, в т. ч. и в региональном АПК.

Второй особенностью Уральского региона является крайне плохая экология и, соответственно, необходимость серьезной экологизации высшего и среднего профессионального образования в регионе, формирование высококвалифицированных кадров в области экологии.

В-третьих, Уральский регион – это зона рискованного земледелия, что создает серьезные проблемы для эффективной хозяйственной деятельности. В этом отношении можно отметить создание в Свердловской области Центра компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации [1], в котором сельхозпроизводители могут получить консультационную помощь и необходимую информацию.

В-четвертых, регион характеризуется значительной степенью физического и морального износа основных фондов не только промышленных, но и сельскохозяйственных предприятий региона и его инфраструктуры в целом. В начале 20-х гг. XXI в. уровень износа основных фондов на Среднем Урале вырос до 61,3 % против 52,1 % в среднем

по стране, а уровень полностью изношенных основных фондов, соответственно, до 27,4 % против 20,6 % по России в целом [15].

Важным шагом на пути развития программно-инновационного подхода к конкуренции в аграрном секторе региона является работа Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» [16].

Особое значение для подготовки и использования конкурентоспособных кадров для предприятий регионального АПК в настоящее время приобретают форсайт-технологии. Их применение обусловлено необходимостью перехода к инновационному социально ориентированному типу развития, при котором интеллект и профессионализм человека становятся *ведущим* фактором экономического роста, а система управления кадрами, начиная с самого верха и вплоть до конкретных подразделений каждого предприятия, должна стать гибкой и конкурентоспособной.

Форсайт-технологии в качестве своих главных задач в области кадровой политики региона предполагают анализ и оценку важнейших региональных кадровых проблем и регионального кадрового потенциала; формирование и реализацию системы региональных кадровых приоритетов; выработку инновационных и креативных кадровых технологий. Это обусловлено тем, что в настоящее время формируется и получает свое практическое развитие быстрореагирующее производство (Quick Response Manufacturing, QRM). В сельском хозяйстве, где значительная часть продукции требует достаточно быстрой переработки, роль конкурентоспособных кадров, способных решить эту проблему, наиболее высока. В современной науке разработаны и предложены конкретные технологии и общий алгоритм форсайт-прогнозирования производства сельхозпродукции [17; 18].

Вместе с тем программно-инновационный подход к формированию конкурентоспособных кадров в аграрном секторе экономики и конкретно использование форсайт-технологий все еще являются относительно новым явлением. Специальных научных исследований по этому вопросу крайне мало, что делает данный аспект изучения программно-инновационного подхода к конкуренции на уровне региона еще более актуальным.

Важной особенностью программно-инновационного подхода к проблеме обеспечения конкурентоспособными кадрами предприятий регионального АПК становится цифровизация управления процессом формирования конкурентоспособных кадров. Она оказывает непосредственное влияние

на все существующие модели (концепции) управления персоналом предприятий, рост их активного применения в практике современного управления.

На рис. 1 приведены расчетные параметры динамики использования разных моделей формирования и использования конкурентноспособных кадров на предприятиях АПК Свердловской области (пищевая промышленность) за последние 12 лет. Довольно динамично в рамках программно-инновационного подхода распространяется модель предпринимательского управления кадрами предприятий, основанная на развитии предпринимательской деятельности внутри предприятия (1). Менее динамичным выглядит алгоритм традиционной партисипативной модели управления (2). Еще менее динамичный алгоритм характеризует так называемое рамочное управление, основанное на регулярном ограничении границ самостоятельности работников (3). Достаточно динамично выглядят модель управления по результатам, в рамках которой желаемые результаты определяются заранее (программирование), обеспечиваются необходимыми технико-технологическими условиями (инновационность) (4).

Судя по динамике последних лет, это наиболее подходящая модель для формирования и использования конкурентноспособных кадров на предприятиях регионального АПК.

Для системы программно-инновационного подхода в формировании и использовании конкурентноспособных кадров предприятий регионального АПК свойственны такие принципы, как гибкость во взаимоотношениях между всеми звеньями системы управления; активное использование стимулирующего подхода к развитию персонала; совместное определение целей предприятия; интеграция менеджмента и собственника в общую систему управления; опережающая мотивация; рассмотрение персонала как объекта для инвестиций; акцент на потенциал работника при найме; акцент на создание автономных (самоуправляемых) рабочих групп (команд); нацеленность на перемены; приоритет инновационной роли работника [19]. Особое место здесь отводится развитию креативных способностей и расширению практики самоуправления конкурентноспособных работников.

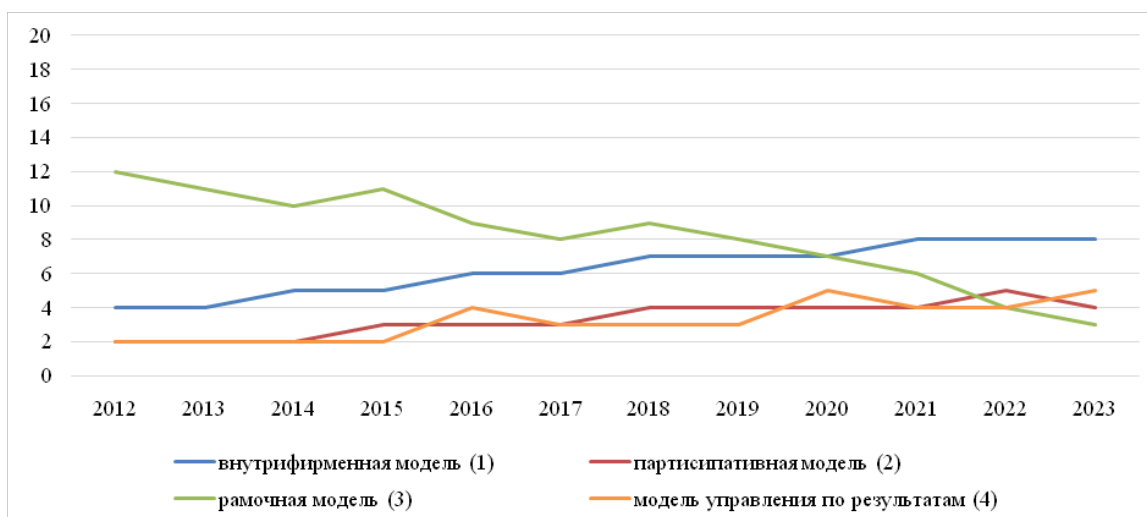


Рис. 1. Основные модели управления кадрами на предприятиях АПК Свердловской области (2012–2023)

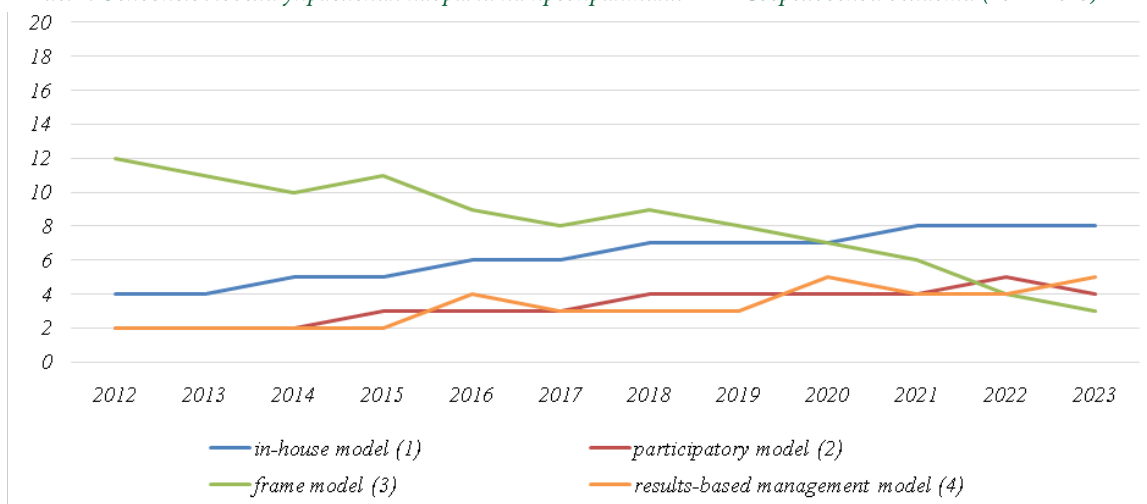


Fig. 1. Basic models of personnel management at agricultural enterprises of the Sverdlovsk region (2012–2023)

Таблица 2

Влияние цифровизации на кадровую политику предприятия

| Последствия цифровизации процессов подготовки конкурентоспособных кадров | Изменения в процессах по управлению конкурентоспособными работниками |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Новые требования к компьютерной грамотности специалистов | Выделение данной категории работников в самостоятельный блок кадрового менеджмента |
| Новые требования к качеству компьютерного обеспечения предприятий (организаций) | Разработка специальных мер по стимулированию данной категории работников на основе качества и результатов их деятельности |
| Развитие мотивации к получению цифрового образования работниками предприятия (организации) | Изменение должностных инструкций и иных документов, регламентирующих деятельность конкурентоспособных работников внутри предприятия (организации) |
| Корректировка существующих компетенций работника с точки зрения повышения его конкурентоспособности | Разработка конкретных мер по работе АУП предприятия (организации) в киберпространстве с использованием новейших информационных технологий |
| Переход к использованию новейших компьютерных программ, в т. ч. искусственного интеллекта | Создание режима фриланса (свободного графика, самоуправления и др.) для конкурентоспособных работников |
| Активное использование автоматизированных систем учета показателей эффективности работы конкурентоспособных специалистов на основе информационных технологий | Трансформация централизованных управленческих функций в отношении к фрилансерам, сведение их к минимуму |
| Переориентация в области поощрения производительности труда с процесса на конечные результаты | Упразднение традиционных механизмов нормирования труда с ориентацией на конечный результат, а не на процесс труда |
| Переход от рутинного труда к проектному подходу и креативному труду проектную работу | Поощрение инициативы и лидерских качеств конкурентоспособных работников |
| Использование программно-инновационных критериев для переподготовки кадров и повышения их квалификации и определения уровня их конкурентоспособности | Отказ от сложившейся практики административного и формализованного определения алгоритма ПП и ПК кадров, и переход к самоподготовке и самообучению конкурентоспособных специалистов |
| Ориентация на программно-инновационный характер развития предприятия | Переход к латеральному мышлению |

Economy

Table 2

The impact of digitalization on the personnel policy of an enterprise

| <i>Consequences of digitalization of competitive personnel training processes</i> | <i>Changes in processes for managing competitive employees</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>New requirements for computer literacy of specialists</i> | <i>Allocation of this category of employees into an independent block of personnel management</i> |
| <i>New requirements for the quality of computer software for enterprises (organizations)</i> | <i>Development of special measures to stimulate this category of workers based on the quality and results of their activities</i> |
| <i>Development of motivation for obtaining digital education by employees of an enterprise (organization)</i> | <i>Changes in job descriptions and other documents regulating the activities of competitive employees within an enterprise (organization)</i> |
| <i>Adjusting existing employee competencies from the point of view of increasing his competitiveness</i> | <i>Development of specific measures for the work of the administrative and managerial personnel of the enterprise (organization) in cyberspace using the latest information technologies</i> |
| <i>Transition to the use of the latest computer programs, including artificial intelligence</i> | <i>Creation of a freelancing regime (free schedule, self-management, etc.) for competitive workers</i> |
| <i>Active use of automated systems for recording performance indicators of competitive specialists based on IT</i> | <i>Transformation of centralized management functions in relation to freelancers, reducing them to a minimum</i> |
| <i>Refocusing productivity incentives from process to results</i> | <i>Abolition of traditional labor standardization mechanisms focusing on the final result rather than on the labor process</i> |
| <i>The transition from routine work to a project approach and creative work-project work</i> | <i>Encouraging initiative and leadership qualities of competitive employees</i> |
| <i>Using software-innovative criteria for retraining personnel and improving their qualifications and determining the level of their competitiveness</i> | <i>Refusal of the layered practice of administrative and formalized definition of the algorithm for retraining and advanced training of personnel, and the transition to self-training and self-training of competitive specialists</i> |
| <i>Focus on the software-innovative nature of enterprise development</i> | <i>Transition to lateral thinking</i> |

Влияние цифровизации на кадровую политику предприятий, в т. ч. на рекрутинговые операции, процесс управления мотивацией и квалификацией персонала, создание собственной корпоративной культуры и т. д., многомерно и вариативно. В отношении категории конкурентоспособных работников такое влияние можно свести по двум основным параметрам (таблица 2):

Существенно меняется и перечень профессий и компетенций работников предприятий регионального АПК, востребованных на современном рынке труда. Растущим спросом пользуются такие специалисты, как консультанты по креативным технологиям, креативные директора, специалисты в области биоэтики, инфостилисты, тренеры творческих состояний и др.

Среди требований, предъявляемых к кандидатам на новые должности в условиях перехода к быстрореагирующему производству, называются клиентоориентированность, креативность, критическое мышление, навыки коммуникации, скорость принятия решений, искусство проведения переговоров, способность управления людьми, эмоциональный интеллект и др. [19].

Однако в современных условиях главным негативным фактором остается направленность управления на процесс работы, а не на ее результат [20]. Среди других факторов, осложняющих реализацию программно-инновационного подхода к формированию конкурентоспособных кадров для предприятий регионального АПК, следует назвать растущую социально-экономическую неопределенность и высокие риски (угрозы), обусловленные геополитическим, экологическим и экономическим кризисами. Наиболее значимым результатом формирования конкурентоспособных кадров для регионального АПК на основе программно-инновационного подхода является способность специалистов обеспечить необходимый рост надежности, устойчивости и эффективности самих предприятий.

Устойчивость представляет собой способность к сопротивлению внешним и внутренним воздействиям, которые нарушают конкурентоспособность предприятий. *Надежность* является способностью предприятия не только отражать внешние и внутренние негативные воздействия, но быстро их преодолевать, преобразовывать, обращать в свою пользу. Данные понятия появились в связи с использованием системного подхода в оценке деятельности различных систем во многом благодаря разработкам А. А. Богданова, Л. Бергаланфи, Н. Винера, Т. Куна. Из определения самих понятий видно, что устойчивость характеризует реакцию системы на изменение среды, т. е. ее способность к самосохранению, тогда как надежность характеризует способность системы к организации продуктивной деятельности, т. е. способность к саморазвитию. По-

этому данные понятия хотя и не тождественные, но в определенном смысле схожие. Оба они отражают жизнеспособность самой системы (предприятия), хотя первое свидетельствует об ее способности к простому воспроизводству, тогда как второе – об ее способности к расширенному воспроизводству.

Следует отметить разночтения в трактовках двух этих понятий в экономической литературе. Иногда надежность предприятия рассматривается как определяющий вид его устойчивости, иногда – как способность системы работать при неизменных условиях. Устойчивость рассматривается то как способность системы работать при изменяющихся условиях, то как способность сохранить свои основные свойства. Чем шире диапазон, тем устойчивее система. Отсюда следует, что устойчивость системы включает в себя ее *надежность*. Некоторые исследователи считают, что понимать надежность предприятия как частный случай устойчивости неверно [21]. Противопоставляя данные понятия, эти авторы полагают, что взаимосвязь между устойчивостью и надежностью взаимообратная.

При всей дискуссионности указанных трактовок понятий надежности и устойчивости обращает на себя внимание ряд обстоятельств. Во-первых, практически все авторы при интерпретации указанных понятий упускают из виду возможность внутренних изменений в системе. Во-вторых, они не разводят пассивный и активный аспекты функционирования системы, т. е. ее способности к сопротивлению и к продуктивной хозяйственной деятельности. И, конечно, в литературе практически не рассматриваются данные понятия применительно к деятельности предприятий аграрной сферы экономики. Однако поскольку конкурентоспособные кадры для предприятий регионального АПК потому и являются конкурентоспособными, что могут обеспечивать устойчивость, надежность и стабильность предприятий в условиях макроэкономической и геополитической турбулентности, постольку эти понятия целесообразно исследовать именно в контексте развития аграрной экономики, которая на сегодняшний день решает вопросы продовольственной безопасности страны.

Экономической науке еще только предстоит разобраться с понятиями *устойчивости, надежности и стабильности* и их связью с конкретными способностями нового поколения кадров, подготовленных в рамках программно-инновационного подхода для предприятий регионального АПК. Но уже ясно одно: именно такой теоретико-методологический подход позволяет существенно снизить современные риски, связанные с *неопределенностью* в экономике в целом и в аграрной экономике в частности.

Среди отечественных авторов, занимающихся вопросами *устойчивости, надежности и ста-*

бильности как функции конкурентноспособных кадров и оценкой *неопределенности*, как результатом их отсутствия, можно назвать С. А. Бочарова, Я. Д. Вишнякова, Л. Ф. Догиль, А. А. Иванова, С. Я. Олейникова, Н. Н. Радаева и др., среди зарубежных – К. Н. Borch, T. Das, B. S. Teng, S. J. Carson, A. Madhok, O. E. Williamson, N. Wu и др. Сегодня исследователи различают первичную, вторичную, поведенческую, реляционную и производственную *неопределенность*. Первичной считается ситуация в окружающей среде, вторичной – возможность предсказания поведения хозяйствующих субъектов, поведенческой – деятельность людей, реляционной – оппортунистическое поведение работников, производственной – ситуация в сфере производства, вероятность изменения ситуации в области техники и технологии [22].

Взаимосвязь определенности/неопределенности и программно-инновационного подхода в подготовке конкурентноспособных кадров для предприятий АПК обусловлена наличием многообразия самих инноваций и их выбором в том или ином регионе, в той или иной отрасли. Рассматривая вопросы классификации инноваций, некоторые авторы предлагают включать в определение инновации как цель инновационной деятельности предприятий, так и процесс ее осуществления и полагают, что «существующая классификация инноваций не полностью отражает имеющиеся и возможные виды инноваций и недостаточно учитывает особенности, присущие отраслям АПК» [23]. Анализируя новую инновационно – структурную организацию АПК, ее справедливо связывают с повышенной гибкостью всей системы управления предприятиями, что крайне важно в условиях высокой турбулентности и неопределенности современной конкурентной среды [23].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ и оценка программно-инновационного подхода к вопросам конкуренции в аграрном секторе экономики, в том числе и в вопросах формирования нового поколения конкурентноспособных кадров для сельхозпредприятий регионального АПК, позволяет сделать следующие выводы:

1. В настоящее время все большее распространение в аграрной экономике получают ИТ и Smart-технологии, которые при всех своих преимуществах однако, порождают новое противоречие. Оно заключается в возможности возникновения конфликта интересов между человеческим капиталом и искусственным интеллектом [24]. Поэтому требуется формирование принципиально нового качества управления (и самоуправления) человеческими ресурсами на предприятиях аграрного сектора экономики, которое обеспечило бы максимально полную реализацию креативного потенциала конкурентноспособных специалистов.

2. Генеральным трендом в развитии программно-инновационного подхода в сфере подготовки нового поколения конкурентноспособных кадров для предприятий аграрного сектора экономики является формирование субъектных способностей самих работников (продуктивно-творческого воображения, креативного мышления, социальной памяти, необходимых компетенций и т. д.). Благодаря этим способностям работники превращаются в высокопрофессиональных и грамотных субъектов управления предприятием. На основе асфатроники, синектики, бриколажа, диджитализации и некоторых других подходов в развитии креативного менеджмента персонала целесообразно формирование и более адресное использование таких технологий управления кадрами, как краудстаффинг, краудсорсинг, краудфандинг, блокчейн и др. Эти инновационные технологии позволяют существенно повысить организованность многих процессов в области формирования высококонкурентных кадров для региональных АПК, успешнее осуществлять реализацию программ лояльности персонала, кооперацию и ротацию кадров и др. и, соответственно, достичь важного мультипликационного эффекта.

3. Необходимо отметить растущее в современных условиях значение производственного самоуправления как триггера и одновременно драйвера в развитии программно-инновационного подхода к формированию и использованию высококонкурентных кадров на предприятиях региональных АПК. Самоуправление представляет собой переход части управленческих функций от специальных систем и подсистем предприятия и обслуживающих их лиц непосредственно к самим работникам, что расширяет их экономическую свободу и оперативно-хозяйственную самостоятельность в пределах тех задач, которые стоят перед предприятием и персоналом. И тем самым дополнительно мотивирует работников к высокопроизводительному труду.

4. Ключевую роль в рамках программно-инновационного подхода к формированию конкурентноспособных кадров для предприятий регионального АПК играет форсайт. Как технология стратегического планирования и управления форсайт связан с предвидением новых направлений социально-экономического развития и будущих запросов в области новых профессий и специалистов. Постоянное уточнение прогнозов и согласование партикулярных интересов различных групп субъектов хозяйственной деятельности позволяет с помощью форсайт-технологий совершенствовать и систему общественных (в т. ч. производственных) отношений в разных секторах национальной экономики (в т. ч. и в аграрном ее секторе). Будучи интеллектуальной технологией, форсайт формирует у будущих специалистов новые интеллектуальные способности, в т. ч. ключевую способность принимать оптималь-

ные решения в неоднозначной, неопределенной, высокорисковой конкурентной среде. Две наиболее распространенные формы форсайта (top down и bottom up) инициируют рост инициативы конкурентноспособных кадров предприятий региональ-

ного АПК в разработке долгосрочных прогнозов и сценариев развития, что благоприятно сказывается на риск-ориентированном поведении хозяйствующих субъектов и снижает степень неопределенности в конкурентной среде.

Библиографический список

1. Доклад О состоянии и развитии конкуренции на товарных рынках Свердловской области за 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: https://plan.fas.gov.ru/media/ckeditor/uploads/2022/11/01/2021_G38ybWS.pdf (дата обращения: 27.05.2024).
2. Программа «Реализация основных направлений государственной политики в сферах агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области до 2025 г.». Постановление Правительства Свердловской области от 26.08.2021 № 536-ПП [Электронный ресурс]. URL: <https://mcxso.midural.ru/uploads/2021/08/536%D0%9F%D0%9F+%D0%BE%D1%82+26.08.2021.pdf> (дата обращения: 27.05.2024).
3. Федеральный закон от 26.07.2006 г. № 135 «О защите конкуренции» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61763 (дата обращения: 27.05.2024).
4. Указ Президента РФ от 21 декабря 2017 г. № 618 «Об основных направлениях государственной политики по развитию конкуренции» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71839482> (дата обращения: 27.05.2024).
5. Распоряжение Правительства РФ от 17 апреля 2019 г. № 768-р «Об утверждении стандарта развития конкуренции в субъектах РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72128754> (дата обращения: 27.05.2024).
6. Распоряжение Правительства РФ от 2 сентября 2021 г. № 2424-р «Об утверждении Национального плана («дорожной карты») развития конкуренции в РФ на 2021–2025 гг.» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402608842> (дата обращения: 27.05.2024).
7. Распоряжение Губернатора Свердловской области от 28.12.2021 г. № 249-РГ «Об утверждении Плана мероприятий («дорожной карты») по содействию развитию конкуренции в Свердловской области на период 2022–2025 годов» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pravo.gov66.ru/33285> (дата обращения: 27.05.2024).
8. Указ Губернатора Свердловской области от 29.10.2019 № 524-УГ «О внедрении на территории Свердловской области стандарта развития конкуренции в субъектах Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/6600201910310002> (дата обращения: 27.05.2024).
9. Цифровая трансформация: ожидания и реальность. Доклад НИИ ВШЭ / Абдрахманова Г. И., Васильковский С. А., Вишневский К. О. [и др.]. Москва: Изд-во ВШЭ, 2022. 221 с.
10. Фатеева Н. Б. Особенности подготовки кадров для АПК Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 8 (199). С. 80–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-80-89.
11. Сотникова С. И. Конкуренентоспособность рынка труда: генезис социально-экономического содержания // Маркетинг в России и за рубежом. 2006. № 2. С. 95–107.
12. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. Доклад НИИ ВШЭ / Абдрахманова Г. И., Быковский К. Б., Веселитская Н. Н. [и др.]. Москва: Изд-во ВШЭ, 2021. 239 с.
13. Тимохина О. А. Цифровой контур совершенствования АПК как актор повышения конкурентоспособности отрасли // Современные проблемы АПК и их решение: материалы IV национальной конференции. Белгород, 2021. С. 354–356.
14. Ловчикова Е. И., Зверева Г. П. Предпосылки реализации форсайтинга в аграрной кадровой политике региона // Вестник аграрной науки. 2020. № 5 (80). С. 138–144. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.138.
15. Воротков П. А. Анализ инвестиционных трендов и перспективы ускоренного роста экономики Свердловской области // Муниципалитет: экономика и управление. 2022. № 4 (41). С. 64–73. DOI: 10.22394/2304-3385-2022-4-64-73.
16. О внесении изменений в План мероприятий («дорожную карту») по содействию развитию конкуренции в Свердловской области на период 2022–2025 годов, утвержденный распоряжением Губернатора Свердловской области от 28.12.2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://mir.midural.ru> (дата обращения: 27.05.2024).
17. Гусманов Р. У., Стомба Е. В. Стратегическое планирование развития сельских территорий региона на основе использования форсайт-технологий // Сельские территории в пространственном развитии страны: потенциал, проблемы, перспективы: материалы XXIV международной научно-практической конференции «Никоновские чтения». Москва, 2019. С. 338–340.

18. Стовба Е. В., Лукьянова М. Т. Стратегический анализ и оценка экспортного потенциала продукции регионального АПК на основе использования форсайт-технологий // Аграрный вестник Урала. 2021. № 9 (212). С. 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-93-102.

19. Молоткова Н. В., Хазанова Д. Л. Диджитализированное управление персоналом: понятие, перспективы развития // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 11. С. 1865–1876. DOI: 10.18334/ce.12.11.39560.

20. Маслова Е. В. Развитие нестандартных форм занятости как вектор оптимизации регионального рынка труда // Экономика труда. 2017. № 2. С. 85–102. DOI: 10.18334/et.4.2.38134.

21. Киселица Е. П., Шумилова Ю. А. Повышение эффективности деятельности предприятий за счет управления неопределенностью, рисками и надежностью. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2005. 196 с.

22. Кузьмин Е. А. Неопределенность и определенность в управлении организационно-экономическими системами. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2012. 187 с.

23. Некрасов К. В. Инновационная деятельность перерабатывающих организаций молочно-продуктового подкомплекса региона. Екатеринбург: Изд-во Уральского ГАУ, 2015. 224 с.

24. Городнова Н. В., Скипин Д. Л., Роженцов И. С. Применение SMART-технологий: оценка влияния на развитие человеческого капитала // Креативная экономика. 2019. Т. 13. № 10. С. 1837–1858. DOI: 10.18334/ce.13.10.40965.

Об авторах:

Дмитрий Константинович Стожко, кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры креативного управления и гуманитарных наук, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-3186-877X, AuthorID 709934. E-mail: d.k.stozhko@mail.ru

Константин Петрович Стожко, доктор исторических наук, кандидат экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института аграрно-экологических проблем и управления сельским хозяйством, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-6139-8030, AuthorID 443558. E-mail: kostskp@mail.ru

References

1. Report on the state and development of competition in the commodity markets of the Sverdlovsk region for 2021 [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: https://plan.fas.gov.ru/media/ckeditor/uploads/2022/11/01/2021_G38ybWS.pdf. (In Russ.)

2. Program “Implementation of the main directions of state policy in the areas of the agro-industrial complex and consumer market of the Sverdlovsk region until 2025”. Decree of the Government of the Sverdlovsk Region dated August 26, 2021. No. 536-PP [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: <https://mcxso.midural.ru/uploads/2021/08/536%D0%9F%D0%9F+%D0%BE%D1%82+08/26/2021.pdf> (In Russ.)

3. “On the protection of competition.” Federal Law of July 26, 2006. No. 135 [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61763 (In Russ.)

4. Decree of the President of the Russian Federation of December 21, 2017. No. 618 “On the main directions of state policy for the development of competition” [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: <https://base.garant.ru/71839482>. (In Russ.)

5. Order of the Government of the Russian Federation of April 17, 2019. No. 768-r “On approval of the standard for the development of competition in the constituent entities of the Russian Federation” [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72128754>. (In Russ.)

6. Order of the Government of the Russian Federation of September 2, 2021. No. 2424-r “On approval of the National Plan (“road map”) for the development of competition in the Russian Federation for 2021–2025” [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402608842>. (In Russ.)

7. Order of the Governor of the Sverdlovsk Region dated December 28, 2021. No. 249-RG “On approval of the “road map” to promote the development of competition in the Sverdlovsk Region for the period 2022–2025” [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: <https://www.pravo.gov66.ru/33285>. (In Russ.)

8. Decree of the Governor of the Sverdlovsk Region dated October 29, 2019. No. 524-UG “On the implementation of the standard for the development of competition in the constituent entities of the Russian Federation in the territory of the Sverdlovsk Region” [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/document/6600201910310002>. (In Russ.)

9. Abdrakhmanova G. I., Vasilkovsky S. A., Vishnevsky K. O., et al (Eds.) Digital transformation: expectations and reality. Report by the Higher School of Economics Research Institute. Moscow: High School of Economics Publishing House, 2022. 221 p. (In Russ.)

10. Fateeva N. B. Features of personnel training for the agro-industrial complex of the Sverdlovsk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 8 (199): 80–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-80-89. (In Russ.)
11. Sotnikova S. I. Competitiveness of the labor market: the genesis of socio-economic content. *Marketing in Russia and Abroad*. 2006; 2: 95–107. (In Russ.)
12. Abdrakhmanova G. I., Bykovsky K. B., Veselitskaya N. N., et al. (Eds.) *Digital transformation of industries: starting conditions and priorities. Report by the Higher School of Economics Research Institute*. Moscow: Publishing House of the High School of Economics, 2021. 239 p. (In Russ.)
13. Timokhina O. A. Digital contour for improving the agro-industrial complex as an actor in increasing the competitiveness of the industry. *Modern problems of the agro-industrial complex and their solution 2021: materials of the IV national conference*. Belgorod, 2021. Pp. 354–356. (In Russ.)
14. Lovchikova E. I., Zvereva G. P. Prerequisites for the implementation of foresight in the agrarian personnel policy of the region. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020; 5 (80): 138–144. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.138. (In Russ.)
15. Vorotkov P. A. Analysis of investment trends and prospects for accelerated growth of the economy of the Sverdlovsk region. *Municipality: Economics and Management*. 2022; 4 (41): 64–73. DOI: 10.22394/2304-3385-2022-4-64-73. (In Russian.)
16. *On amendments to “road map” to promote the development of competition in the Sverdlovsk region for the period 2022–2025, approved by order of the Governor of the Sverdlovsk region dated December 28, 2021* [Internet] [cited 2024 May 27]. Available from: <https://mir.midural.ru> (In Russ.)
17. Gusmanov R. U., Stovba E. V. Strategic planning for the development of rural territories of the region based on the use of foresight technologies. *Rural territories in the spatial development of the country: potential, problems, prospects 2019: materials of the XXIV international scientific and practical conference “Nikonov Readings”*. Moscow, 2019. Pp. 338–340. (In Russ.)
18. Stovba E. V., Lukyanova M. T. Strategic analysis and assessment of the export potential of regional agricultural products based on the use of foresight technologies. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 9 (212): 93–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-93-102. (In Russ.)
19. Molotkova N. V., Khazanova D. L. Digitalized personnel management: concept, development prospects. *Creative Economy*. 2018; 11 (12): 1865–1876. DOI: 10.18334/ce.12.11.39560. (In Russ.)
20. Maslova E. V. Development of non-standard forms of employment as a vector for optimizing the regional labor market. *Labor Economics*. 2017; 2: 85–102. DOI: 10.18334/et.4.2.38134. (In Russ.)
21. Kiselitsa E. P., Shumilova Yu. A. *Increasing the efficiency of enterprises by managing uncertainty, risks and reliability*. Tyumen: Tyumen State University, 2005. 196 p. (In Russ.)
22. Kuz'min E. A. *Uncertainty and certainty in the management of organizational and economic systems*. Ekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012. 187 p. (In Russ.)
23. Nekrasov K. V. *Innovative activities of processing organizations of the dairy-product subcomplex of the region*. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural State Agrarian University, 2015. 224 p. (In Russ.)
24. Gorodnova N. V., Skipin D. L., Rozhentsov I. S. Application of SMART technologies: Assessing the impact on the development of human capital. *Creative Economy*. 2019; 10 (13): 1837–1858. DOI: 10.18334/ce.13.10.40965. (In Russ.)

Authors' information:

Dmitriy K. Stozhko, candidate of philosophy, associate professor of the department of creative management and humanities, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-3186-877X, AuthorID 709934. *E-mail: d.k.stozhko@mail.ru*

Konstantin P. Stozhko, doctor of historical sciences, candidate of economical sciences, professor, chief researcher of the Research Institute of Agrarian and Environmental Problems and Agricultural Management, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-6139-8030, AuthorID 443558. *E-mail: kostskp@mail.ru*

Модель выявления полюсов развития и точек роста в агропромышленном комплексе региона

Р. Р. Тимиргалеева^{1, 2✉}, В. С. Паштецкий¹, М. В. Вердыш¹

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

² Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия

✉ E-mail: renatimir@gmail.com

Аннотация. Социально-экономическое развитие регионов зависит от состояния и уровня развития его отраслей, среди которых важную роль играют динамично развивающиеся. Выступая полюсами развития, такие отрасли способны распространять эффект роста по всему региону за счет концентрации производства в точках роста. **Целью** исследования является углубление теоретико-методических основ формирования точек роста в агропромышленном комплексе региона в контексте обеспечения его устойчивого развития. В работе использованы такие **методы** исследования, как статистический и системный анализ, обобщение и синтез, монографический, абстрактно-логический. **Научная новизна.** Получили дальнейшее развитие исследования по выявлению и анализу тенденций развития сельского хозяйства Крыма. Предложены этапы и методика выявления точек роста с учетом региональных особенностей. **Результаты.** Обоснована необходимость определения и активизации точек роста в агропромышленном комплексе региона для выделения приоритетных отраслей. Показана роль теории полюсов развития и точек роста при формировании целевых программ и стратегий развития региона. Представлены актуальные направления и механизмы развития АПК Республики Крым, которые, являясь драйвером новаций и кластерного развития, могут стать основой выделения его точек роста. Предложены мероприятия по активизации действия инструментов развития точек роста, а также алгоритм их поэтапного выявления. Для оценки готовности потенциальных точек роста к цифровой трансформации в рамках формируемого кластерного образования АПК региона предложена комплексная модель, отражающая ключевые бизнес-процессы и их готовность к автоматизации, как стартовому этапу цифровой трансформации. **Практическая значимость** исследования заключается в анализе и систематизации параметров и показателей в соответствии с этапами выявления точек роста. Данная систематизация позволит разработать дорожную карту определения точек роста, в которой будут определены источники (статистические, научные, нормативно-правовые и другие) данных, полная последовательность расчетов и действий, что будет представлено в дальнейших исследованиях авторов.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс региона, полюс развития региона, точка роста, целевые показатели

Для цитирования: Тимиргалеева Р. Р., Паштецкий В. С., Вердыш М. В. Модель выявления полюсов развития и точек роста в агропромышленном комплексе региона // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1549–1564. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1549-1564>.

Дата поступления статьи: 07.08.2024, **дата рецензирования:** 09.09.2024, **дата принятия:** 01.10.2024.

Model for identifying development poles and growth points in the region's agro-industrial complex

R. R. Timirgaleeva^{1, 2✉}, V. S. Pashtetskiy¹, M. V. Verdysch¹

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

² V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

✉ E-mail: renatimir@gmail.com

ЭКОНОМИКА

Abstract. The socio-economic development of regions depends on the state and level of development of its industries, among which dynamically developing ones play an important role. Acting as development poles, such industries are able to spread the growth effect throughout the region by concentrating production in growth points.

The purpose of the study is to deepen the theoretical and methodological foundations for the formation of growth points in the region's agro-industrial complex in the context of ensuring its sustainable development. The work used such research **methods** as statistical and system analysis, generalization and synthesis, monographic, abstract-logical. **Scientific novelty.** Research to identify and analyze trends in the development of Crimean agriculture has received further development. The stages and methodology for identifying growth points are proposed, taking into account regional characteristics. **Results.** The need to identify and activate growth points in the region's agro-industrial complex to identify priority sectors is substantiated. The role of the theory of development poles and growth points in the formation of targeted programs and strategies for the development of the region is shown. Current directions and mechanisms for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Crimea are presented, which, being a driver of innovations and cluster development, can become the basis for identifying its growth points. Measures are proposed to enhance the action of tools for the development of growth points, as well as an algorithm for their step-by-step identification. To assess the readiness of potential growth points for digital transformation within the framework of the emerging cluster formation of the agro-industrial complex of the region, a comprehensive model is proposed that reflects key business processes and their readiness for automation as the starting stage of digital transformation. The practical significance of the study lies in the analysis and systematization of parameters and indicators in accordance with the stages of identifying growth points. This systematization will allow us to develop a roadmap for identifying growth points, which will identify sources (statistical, scientific, regulatory and other) data, a complete sequence of calculations and actions, which will be presented in further research by the authors.

Keywords: agro-industrial complex of the region, pole of development of the region, growth point, targets

For citation: Timirgaleeva R. R., Pashtetskiy V. S., Verdysch M. V. Model for identifying development poles and growth points in the region's agro-industrial complex. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1549–1564. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1549-1564>. (In Russ.)

Date of paper submission: 07.08.2024, **date of review:** 09.09.2024, **date of acceptance:** 01.10.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Социально-экономическое развитие регионов происходит в условиях формирования поляризованного экономического пространства, в котором большое значение играют отдельные точки экономического роста, выступающие своеобразными детерминантами его развития. Неравномерность развития регионов проявляется в наличии на его территории отраслей, имеющих различный потенциал развития. Так, есть динамично развивающиеся отрасли, выступающие не просто флагманами, а полюсами развития региональной экономики, которые распространяют эффект роста по всему региону за счет концентрации производства в так называемых точках роста.

Активизация точек социально-экономического роста регионов является сегодня необходимым процессом и актуальным направлением по ряду причин:

- стимулирует развитие отстающих отраслей и регионов;
- способствует формированию отраслевой и территориальной структуры экономики региона;
- повышает инвестиционную привлекательность той или иной отрасли и региона;
- создает источники инноваций во всех сферах жизни региона – экономической, технологической, социальной, управленческой;
- направляет усилия отраслей на освоение наукоемких производств и активизацию инноваций;
- способствует оптимизации управления затратами;

© Тимиргалева Р. Р., Паштетский В. С., Вердыш М. В., 2024

- позволяет концентрировать ограниченные ресурсы в пределах отдельной территории/региона;
- обеспечивает максимальный и длительный экономический эффект.

Вместе с тем в современных условиях функционирования экономики, наличия специфики развития отдельных отраслей и регионов очевидна необходимость выявления ключевых возможностей, за счет которых будут решаться проблемы социально-экономического развития регионов. Также необходимо пересмотр сформированных ранее приоритетов при выборе профилирующих видов экономической деятельности, исчерпавших свой потенциал и не способных обеспечить эффективный рост экономики региона.

Проблема устойчивого социально-экономического развития регионов, формирования и эффективной реализации процессов их ускоренного экономического роста представляет научный интерес и является предметом исследований многих ученых, раскрывающих различные аспекты. Так, известные ученые-экономисты Ф. Перру, Ж.-Р. Будвиль, Х. Ласуен в рамках теории кумулятивного роста исследовали модели полюсов роста. Модели роста городских агломераций в рамках теории пространственного развития исследовали Х. Ричардсон, Дж. Фридман и др. Основоположником теории полюсов роста признан Ф. Перру, который впервые предложил понятия «полюс роста» и «центр развития», а также представил классификацию отраслей производства по тенденциям их развития. Ж.-Р. Будвиль дал определение регионального полюса роста и предложил понимать не только совокупность лидирующих отраслей, но и конкретные территории, которые выступают источниками инноваций и развития. Ученый выделил виды экономических пространств – гомогенное, поляризованное и плановое, а также путем совмещения матриц отраслевого баланса, инвестиций и развития инфраструктуры составил комплексную структуру полюса и предложил иерархию центров роста. Х. Ласуен детализировал понятие полюса роста, указав на необходимость учета экспортного потенциала региона, считая при этом, что для экономического развития не обязательно требуется пространственная поляризация.

Известный экономист М. Портер, исследуя вопросы влияния связей между отраслями и уровнем развития региона, наряду с понятием «полюс роста» ввел в научный оборот понятие «кластер». Став основоположником теории кластеров, М. Портер обратил внимание на роль формируемых в кластерных образованиях устойчивых связей в развитии общей экономики региона. Дж. Фридман предложил концепцию «центр – периферия» и в своих исследованиях заменил понятие «полюс роста» понятием «центр роста», связывая его с географиче-

ским пространством. В результате появляется зависимость между неравномерностью экономического роста и процессом пространственной поляризации, что приводит к возникновению определенного разрыва между центром и периферией в рамках сформированных пространственных связей.

О необходимости формирования конкурентных преимуществ региона, основанных на инновационных достижениях, говорит в своем исследовании И. А. Новикова, которая вполне обоснованно указывает на взаимосвязь региональной инновационной политики и инновационных конкурентных преимуществ региона, предложив группировку по степени их сформированности [1]. Авторы работы [2] выявили главный критерий выделения точек роста (мультипликативный эффект) и предложили авторское понятие «полюс роста», обоснованно утверждая, что он «способен стать локомотивом развития региональной экономики». Кроме того, по мнению данных авторов, «полюс роста» должен демонстрировать устойчивые темпы роста, занимая «весомую часть в отраслевой структуре». Представляет интерес для нашего предмета исследования и разработанная А. А. Уруновым, М. М. Аvezовой, М. А. Насимовой авторская методика определения точек и полюсов роста.

Современную концепцию региональных точек экономического роста представили авторы работы [3], которые обосновали взаимосвязи между уровнем социально-экономического развития региона и реализацией концепции региональных «точек роста», основанной на «подходе поляризованного развития для обеспечения устойчивого экономического роста территории». Представляет интерес рассмотренный автором работы [4] подход к «идентификации прямых и обратных эффектов развития полюсов роста, позволяющего измерить масштаб того влияния, которое они оказывают на территории, сосредоточенные вокруг». Несмотря на возможность определять полюса развития региона только на основе двух переменных, данный подход может быть использован на начальном этапе выявления полюсов роста – центров развития региона.

В условиях Российской Федерации с учетом фактора неравномерности развития ее территорий идея создания драйверов регионального развития на основе отдельных зон или административно-территориальных единиц является особенно актуальной. Законодательной базой для реализации данного подхода к развитию регионов служат Федеральные законы № 166-ФЗ «Об особых экономических зонах» от 22.07.2015 г. и № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации» от 25.12.2014 г. Действие первого из них направлено на развитие обрабатывающих и высокотехнологичных отраслей экономики, туристической и транспортной ин-

фраструктуры, разработку новых технологий и расширение ассортимента производимой продукции. Закон № 473-ФЗ регулирует создание и функционирования особого правового режима на отдельных территориях, который обеспечивает благоприятные условия инвестиционной активности и ускорение социально-экономического развития.

Несмотря на то что теория полюсов развития / точек роста, является признанной специалистами в качестве основной теории инициации и распространения векторов развития регионов и отраслей, получила практическую реализацию при формировании целевых программ и стратегий социально-экономического развития регионов, она все еще остается относительно новым и актуальным направлением экономической науки.

Методология и методы исследования (Methods)

Решение поставленных задач основано на системно-структурном подходе, включающем такие общенаучные методы исследования, как статистический анализ, системный анализ, обобщение и синтез, монографический и абстрактно-логический методы.

Результаты (Results)

Как показало исследование, определение точек роста / полюсов развития / осей развития / центров развития является основой выделения приоритетных отраслей и направлений деятельности региона, его перспективной специализации и конкурентной стратегии в рамках развития точек роста, обеспечивающей инновационно-инвестиционное развитие, высокую динамику интенсификации и конкурентоспособности, эффективную реализацию программ развития за счет обеспечения замкнутого цикла производства [5–7].

Проблемы сельского хозяйства в контексте формирования точек роста для решения проблем программно-целевого управления исследовал А. А. Гончаров [8], доказав гипотезу о важном значении «замкнутого цикла производства в формировании точек роста». Поддерживая мнение автора, отметим, что сельское хозяйство обладает значительным потенциалом для реализации функций драйвера экономического роста региональной экономики. Это обусловлено количеством и структурой бизнес-связей сельскохозяйственного производства с другими отраслями экономики. Сельское хозяйство, с одной стороны, является потребителем продукции различных направлений машиностроения (сельскохозяйственного, транспортного), химической промышленности (производство минеральных удобрений и средство защиты растений), транспортных, логистических, посреднических, образовательных и других сопутствующих услуг. В то же время сельское хозяйство обеспечивает сырьем пищевую, текстильную, химическую и ряд других отраслей промышленности, что требует устойчи-

вого развития аграрного сектора экономики за счет регулирующего воздействия федеральных и региональных органов государственного управления [9].

В этой связи считаем необходимым рассмотреть инструментарий, позволяющий как можно более точно раскрыть точки роста для формирования дееспособных программ социально-экономического развития региона, а также выработки рекомендаций по совершенствованию институционально-правового обеспечения по созданию благоприятной инвестиционной среды по их развитию.

Решение проблем регионального развития отражено в основных задачах Стратегии развития региона на перспективный период. При этом типовыми задачами для всех регионов являются:

- повышение конкурентоспособности региона и развитие его ресурсного потенциала;
- обеспечение высоких стандартов качества жизни людей, их разностороннее развитие и непрерывное обучение, предоставление возможности реализации интеллектуального и творческого потенциала, гармоничного развития личности и самореализации;
- развитие межрегионального сотрудничества и кооперации;
- создание институциональных условий для социально-экономического развития региона.

Большое значение для экономики России занимает Республика Крым, представляющая собой «... уникальный и стратегически важный регион Российской Федерации в Азово-Черноморском регионе» [10]. В Стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года выделены перспективные отрасли специализации региона, среди которых отмечено «...растениеводство и животноводство, а также предоставление услуг в этих областях...» [10]. Одной из приоритетных отраслей и направлений деятельности региона, которая выделена в качестве «драйвера новаций и кластерного развития», является агропромышленный комплекс, объединивший в себе несколько отраслей хозяйственной системы региона, направленных на выпуск и переработку сельскохозяйственного сырья и получение из него различных видов продукции (рис. 1).

Структура АПК Крыма представлена юридическими лицами – участниками АПК согласно их основному направлению деятельности по классификации ОК 029-2014 (ОКВЭД 2) по состоянию на сентябрь 2023 года (без учета ликвидированных организаций) [11].

Аграрный сектор Крыма является одним из ключевых элементов в системе развития экономики региона, что обусловлено необходимостью обеспечения жизнеспособности его населения и продовольственной безопасности.

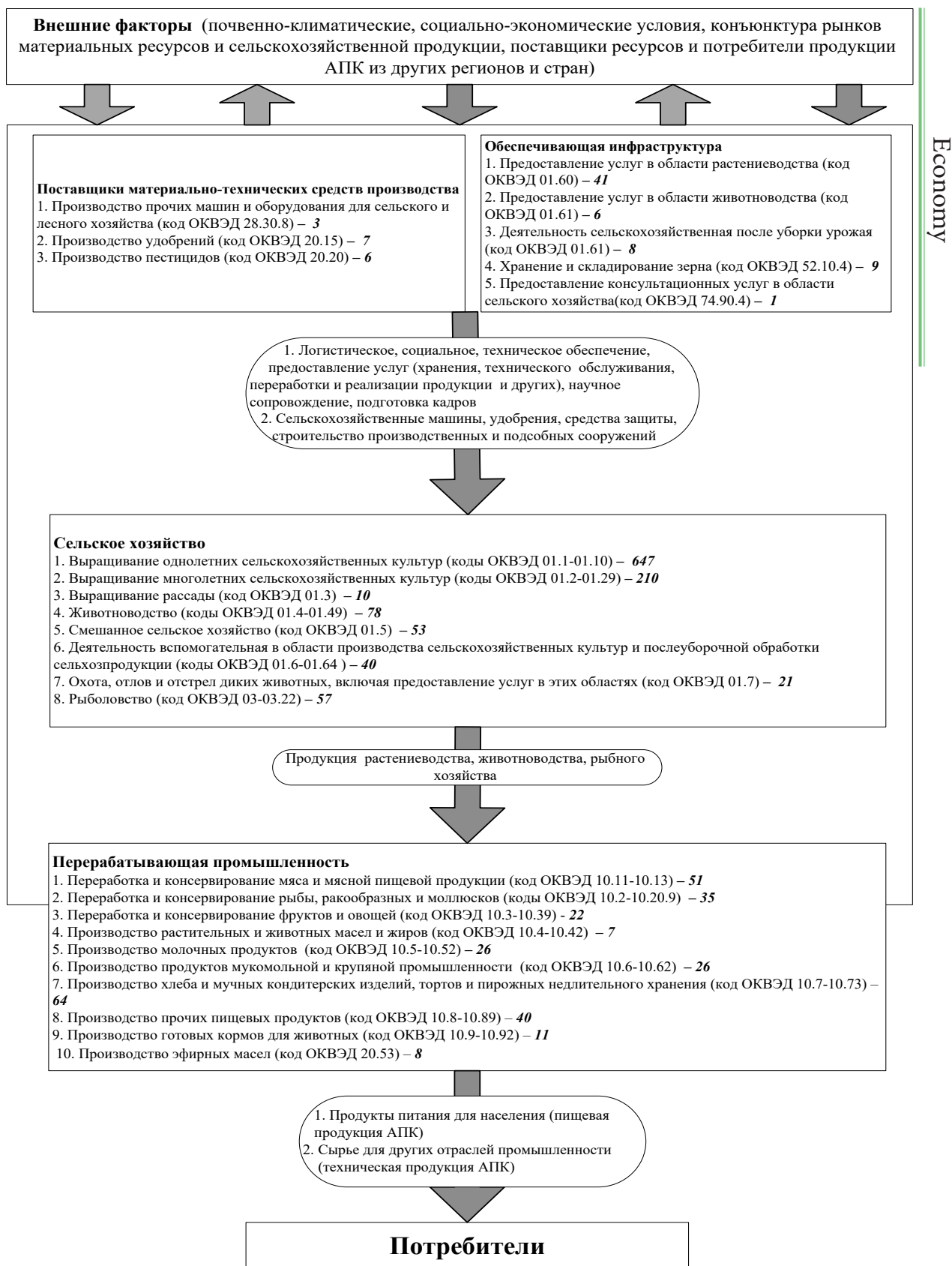


Рис. 1. Структура АПК Республики Крым

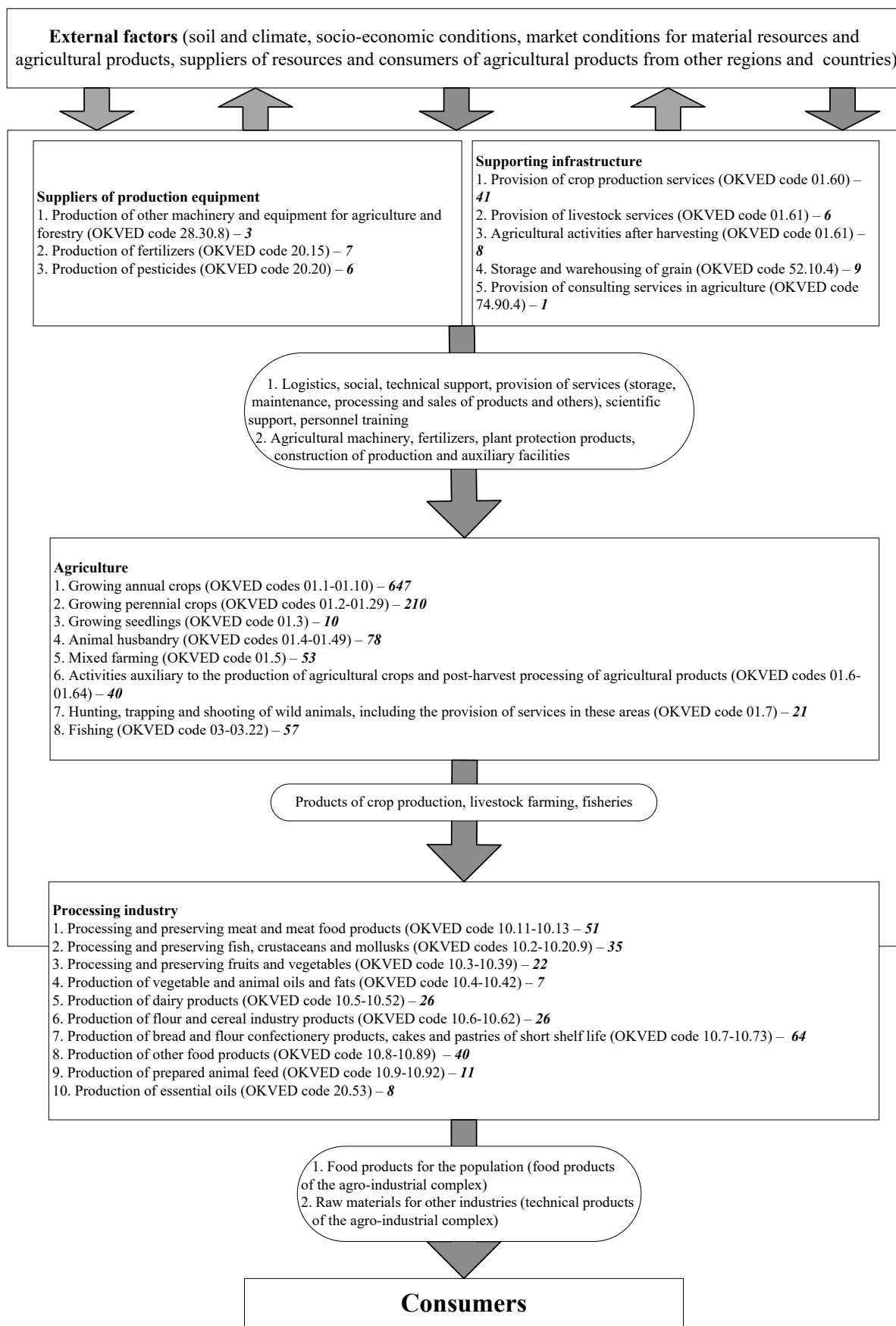


Fig. 1. Structure of the agro-industrial complex of the Republic of Crimea

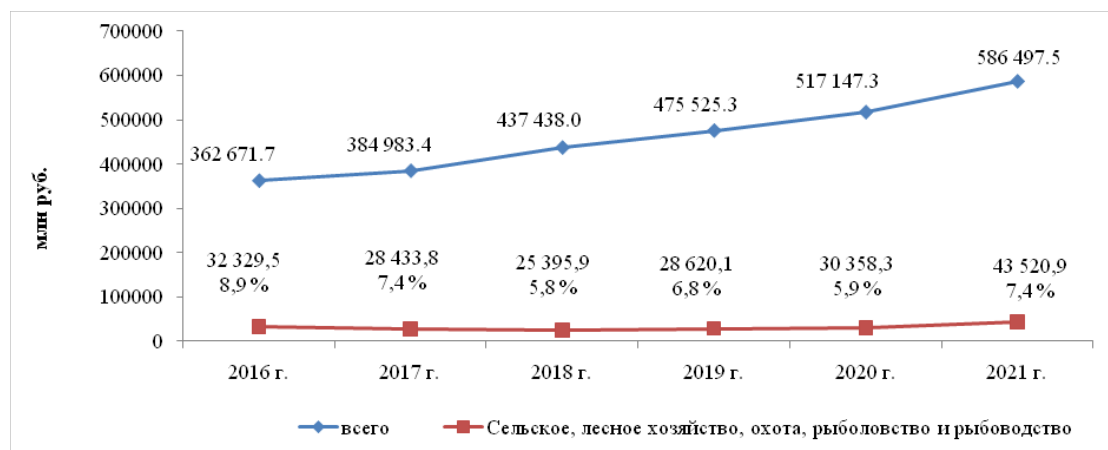


Рис. 2. Динамика ВРП Республики Крым и доли сельского хозяйства в нем

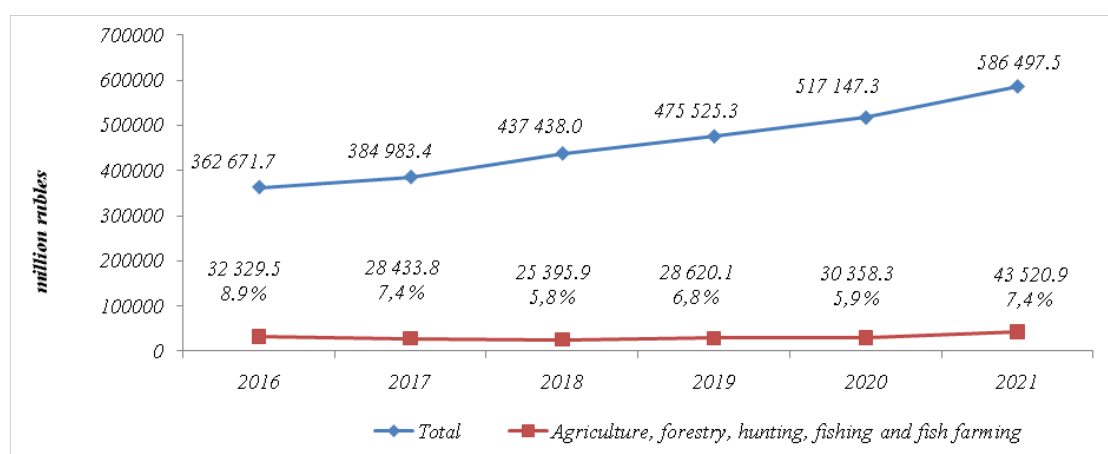


Fig. 2. Dynamics of gross regional product of the Republic of Crimea and the share of agriculture in it

О роли одной из ведущих составляющих АПК в экономике региона – сельского хозяйства – свидетельствуют результаты его деятельности. Так, в структуре валового регионального продукта Крыма отрасль в течение 2016–2021 гг. занимала от 5,9 до 8,9 % (рис. 2).

Для анализа динамики производства сельскохозяйственной продукции используем относительный показатель – индекс производства продукции сельского хозяйства, который рассчитан на основе сравнения показателей ее объема за текущий и предыдущий периоды в сопоставимых ценах предыдущего периода. Индексы производства продукции сельского хозяйства для Республики Крым в 2014–2022 гг. приведены на рис. 3.

По данным Министерства сельского хозяйства Республики Крым, в фактически действующих ценах за период 2014–2022 гг. в стоимости продукции сельского хозяйства 55–64 % составляет стоимость продукции растениеводства (рис. 4).

С учетом многообразия природных условий Крымского полуострова и специфики социально-экономического развития основными направлениями развития растениеводства региона являются:

- выращивание озимых зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) с использованием полученной продукции для пищевых и кормовых целей;
- выращивание технических культур, в том числе эфиромасличных;
- выращивание продукции многолетних насаждений для обеспечения потребностей населения и отдыхающих, а также для дальнейшей переработки.

Общая сумма инвестиций в агропромышленный комплекс Крыма за 2014–2021 гг. составил 25,5 млрд рублей, в том числе 15 млрд было вложено в отрасли растениеводства, животноводства, рыболовства, а 10,5 млрд – в перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию предприятия. Среди реализованных можно отметить инвестиционные проекты в ООО «Тепличный комбинат Белогорский», АО «Крымская фруктовая компания», ООО «Юг-Молоко», ООО «Фрукты старого Крыма» и ряд других. Основные направления использования инвестиций – закладка многолетних насаждений, а также модернизация имеющихся и строительство новых объектов производственной и вспомогательной инфраструктуры (перерабатывающих линий, теплиц, складских помещений и т. д.).

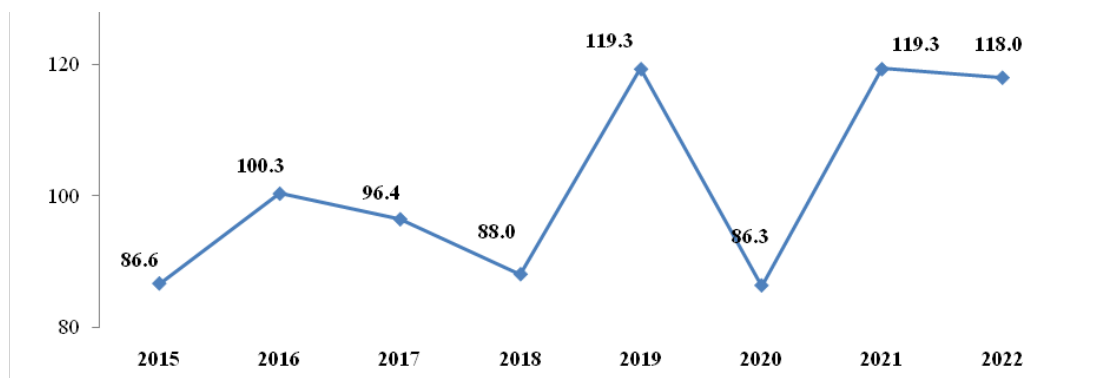


Рис. 3. Индексы производства продукции сельского хозяйства в Республике Крым (2015–2022 гг.)
Fig. 3. Agricultural production indices in the Republic of Crimea (2015–2022)

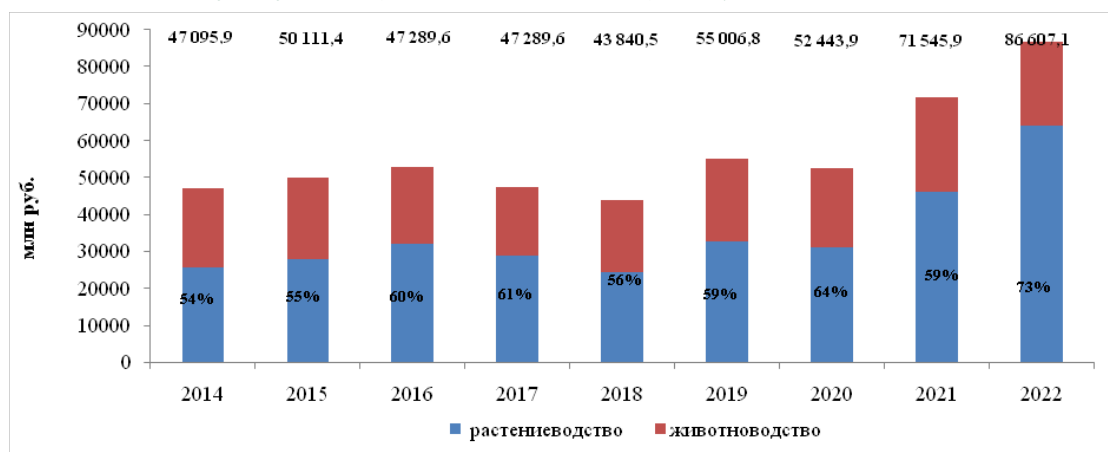


Рис. 4. Динамика стоимости продукции сельского хозяйства Республики Крым в фактически действовавших ценах и часть продукции растениеводства в общей стоимости, млн руб. (2014–2022 гг.)

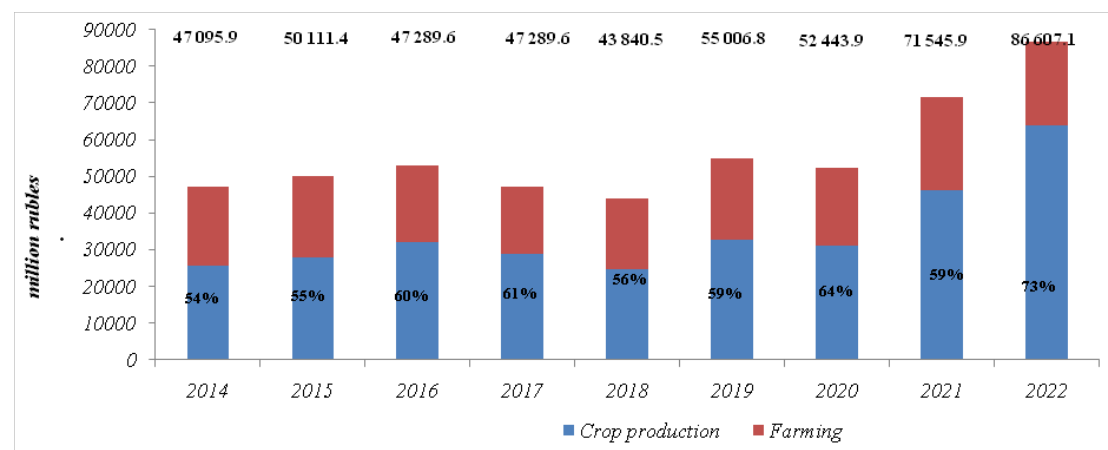


Fig. 4. Dynamics of the cost of agricultural products of the Republic of Crimea in actual prices and the share of crop production in the total cost, million rubles (2014–2022)

Начиная с 2015 года в Республике Крым действует государственная поддержка агропромышленного комплекса в рамках реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением **Правительства Российской Федерации от 14.07.2012 № 717 (с дальнейшими изменениями и дополнениями)**.

Она реализуется в форме предоставления субсидий из федерального бюджета, а также из реги-

онального бюджета Республики Крым в рамках реализации постановления Совета министров Республики Крым от 13.12.2019 № 732 «Об утверждении Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Республики Крым». Субсидии предоставляются сельскохозяйственным товаропроизводителям, зарегистрированным на территории Республики Крым по ряду ключевых направлений развития регионального агропромышленного комплекса.

Целевые показатели реализации Стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года (составлено авторами на основе [11])

| Целевой показатель по агропромышленному комплексу | 2015 г. (факт) | 2020 г. I этап | 2026 г. II этап |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Прогнозные значения целевых показателей по стратегическому направлению «Агропромышленный комплекс» | | | |
| Доля продукции сельского хозяйства сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в общем объеме сельхозпроизводства, % | 50 | 66,3 | 75 |
| Удельный вес неиспользуемых земель сельхозугодий в общем объеме сельхозугодий, % | 31 | 27,5 | 25 |
| Прогнозные значения целевых показателей по стратегическому направлению «Драйверы новаций и кластерного развития» | | | |
| Доля внутренних затрат на исследования и разработки в валовом региональном продукте, % | 0,46 | 0,5 | 0,8 |
| Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте, % | 22,3 | 19,0 | 22,5 |
| Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в отчетном году, в общем числе обследованных организаций, % | 4,3 | 15,2 | 16,7 |
| Удельный вес затрат на инновационную деятельность в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, % | 0,9 | 3,3 | 5,4 |
| Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, % | 1,2 | 1,8 | 3,8 |
| Коэффициент изобретательской активности, число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России, в расчете на 10 000 человек населения за год | 0,3 | 0,34 | 0,54 |
| Количество кластеров, ед. | 0 | 5 | 5 |

Table 1
Target indicators for the implementation of the Strategy for socio-economic development of the Republic of Crimea until 2030 (compiled by the authors based on [11])

| Target indicator for the agro-industrial complex | 2015 (fact) | 2020 I stage | 2026 II stage |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Forecast values of target indicators for the strategic direction "Agro-industrial complex" | | | |
| Share of agricultural products of agricultural organizations, peasant (farm) enterprises and individual entrepreneurs in the total volume of agricultural production, % | 50 | 66.3 | 75 |
| Share of unused farmland in the total volume of farmland, % | 31 | 27.5 | 25 |
| Forecast values of target indicators for the strategic direction "Drivers of innovation and cluster development" | | | |
| Share of domestic research and development costs in gross regional product, % | 0.46 | 0.5 | 0.8 |
| Share of products of high-tech and knowledge-intensive industries in the gross regional product, % | 22.3 | 19.0 | 22.5 |
| Share of organizations carrying out technological innovations in the reporting year in the total number of organizations surveyed, % | 4.3 | 15.2 | 16.7 |
| Share of costs for innovation activities in the total volume of goods shipped, work performed, and services, % | 0.9 | 3.3 | 5.4 |
| Share of innovative goods, works, services in the total volume of goods shipped, works performed, services, % | 1.2 | 1.8 | 3.8 |
| Inventive activity coefficient, the number of domestic patent applications for inventions filed in Russia, per 10,000 population per year | 0.3 | 0.34 | 0.54 |
| Number of clusters, units | 0 | 5 | 5 |

Стратегией социально-экономического развития РК до 2030 года, как и стратегиями социально-экономического развития всех регионов РФ, предусмотрена поэтапная реализация поставленных задач в достижении стратегических целей. Так, реализация стратегии предполагает три этапа: I этап (2017–2020 гг.), II этап (2021–2026 гг.), III этап

(2027–2030 гг.). Учитывая, что на данный момент идет реализация II этапа – «Широкое внедрение инноваций», в котором агропромышленный комплекс Крыма рассматривается, с одной стороны, как драйвер новаций и кластерного развития, а с другой – как отрасль роста, остановимся на его анализе более детально (таблица 1).

На основе анализа состояния агропромышленного комплекса Республики Крым, проведенного с использованием статистических данных, оперативной информации органов государственной власти

и литературных источников, выявлены основные проблемы на текущий момент времени, а также предложены направления и механизмы его развития (таблица 2).

Таблица 2

Актуальные направления и механизмы развития агропромышленного комплекса Республики Крым

Экономика

| Направления развития | Механизмы развития |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Развитие производственной и социальной инфраструктуры | Поддержка сельскохозяйственного производства в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. |
| Развитие орошаемого земледелия на основе местных водоисточников с целью расширения ассортимента выращиваемых сельскохозяйственных культур | Использование ресурсосберегающих способов орошения на отдельных участках выращивания наиболее рентабельных культур: овощных, некоторых технических, садов, виноградников, а также при выращивании семян сельскохозяйственных культур и в питомниках |
| Снижение зависимости отраслей сельского хозяйства от погодных условий | Внедрение в практику адаптированных для условий Крымского полуострова сортов и гибридов, технологий выращивания и переработки сельскохозяйственной продукции, включая цифровые, интродукция перспективных сельскохозяйственных культур, на которые имеется спрос на рынке |
| Вовлечение в оборот значительного массива неиспользуемых сельскохозяйственных угодий | Стимулирование использования дополнительных площадей сельскохозяйственных угодий в рамках Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения. Инвентаризация фонда неиспользуемых сельскохозяйственных угодий |
| Устранение диспаритета цен между материально-техническими средствами сельскохозяйственного производства и получаемой продукцией | Экономическое стимулирование землепользователей к возобновлению сельскохозяйственного производства на наиболее плодородных из ранее неиспользовавшихся угодий. Повышение уровня обеспеченности землепользователей в сельскохозяйственной технике |
| Развитие логистики и формирование логистических сетей | Формирование и развитие транспортно-логистического сектора АПК в рамках региональной логистической системы |
| Формирование стабильного спроса на эфиромасличное сырье | Разработка и принятие региональной программы развития эфиромасличного производства. Стимулирование на государственном уровне расширения использования эфиромасличного сырья и продукции в различных отраслях производства, (включая пищевую, фармацевтическую и химическую промышленность) в рамках импортозамещения |
| Поддержание устойчивого спроса на зерно, виноград, плодоовощная продукция, продукты рыбного хозяйства как в регионе, так и за его пределами | Расширение ассортимента сельскохозяйственной продукции, необходимой для обеспечения продовольственной безопасности страны. Стимулирование повышения объемов переработки сельскохозяйственной продукции внутри России, увеличение объемов и качества производимых продуктов питания. Обеспечение экспорта в дружественные страны, где имеется спрос |

*Table 2
Current directions and mechanisms for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Crimea*

| <i>Directions of development</i> | <i>Development mechanisms</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Development of industrial and social infrastructure</i> | <i>Support for agricultural production within the framework of the State program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food.</i> |
| <i>Development of irrigated agriculture based on local water sources to expand the range grown crops</i> | <i>The use of resource-saving irrigation methods in certain areas for growing the most profitable crops: vegetables, some industrial crops, orchards, vineyards, and also when growing seeds crops and nurseries</i> |
| <i>Reducing the dependence of agricultural sectors on weather conditions</i> | <i>Implementation of conditions-adapted Crimean peninsula varieties and hybrids, technologies for growing and processing agricultural products, including digital ones, introduction of promising crops for which there is demand in the market</i> |
| <i>Involving a significant amount of unused agricultural land into circulation</i> | <i>Encouraging the use of additional areas of agricultural land within State program for effective involvement of agricultural lands into circulation. Inventory of the fund of unused agricultural land</i> |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Elimination of price disparity between material and technical agricultural means production and received products</i> | <i>Economic incentives for land users to resume agricultural production on the most fertile previously unused land. Increasing the level of security of land users in agricultural machinery</i> |
| <i>Development of logistics and formation of logistics networks</i> | <i>Formation and development of the transport and logistics sector of the agro-industrial complex within the framework of the regional logistics system</i> |
| <i>Formation of stable demand for essential oil raw materials</i> | <i>Development and adoption of a regional program development of essential oil production. Incentives at the state level expanding the use of essential oil raw materials and products in various industries, (including food, pharmaceutical and chemical industry) within import substitution</i> |
| <i>Maintaining stable demand for grain, grapes, fruits and vegetables, fishery products both in the region and beyond</i> | <i>Expansion of the range of agricultural products necessary to ensure food security of the country. Stimulating increased processing volumes agricultural products within Russia, increasing the volume and quality of produced food products. Ensuring export to friendly countries where there is demand</i> |

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Как отмечалось выше, одним из подходов к решению проблемы социально-экономического развития региона является выявление точек роста и применение инструментария, способного раскрыть их потенциал для формирования мультипликативного эффекта социально-экономического развития на уровне региона. Данный подход должен стать своеобразной основой для укрепления производственно-кооперационных связей и стимулирования развития внутреннего рынка, что обеспечит повышение уровня социально-экономического развития Крыма и будет способствовать росту благосостояния населения.

Одним из эффективных инструментов является создание кластеров, которые авторы работы [12] совершенно обосновано представляют «эффективным средством для развития территорий», в том числе в виде вертикально интегрированных агропромышленных структур различного типа [13–15]. Как отмечено в работе [16], формирование данных структур ведет к появлению целого ряда преимуществ – от концентрации ограниченных финансовых средств субъектов кластерного образования и эффективного использования всех видов ресурсов региона в соответствии с его специализацией до создания в регионе на базе кластеров перспективных точек роста, оказывающих позитивное влияние на экономику региона и его социально-экономическое развитие.

Кроме основного позитивного эффекта, формирование и развитие агропромышленных кластеров предполагает обязательное вовлечение научных и образовательных организаций, использование научного потенциала региона для активизации инновационной деятельности, реализации структурно-инновационных сдвигов, заявленных в Стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года, где в соответствии со стратегическим направлением «Драйверы новаций и кла-

стерного развития» поставлена задача к 2026 году сформировать на территории региона пять кластеров. Это позволит создать новые рабочие места и реализовать структурно-инновационные сдвиги на уровне экономики Республики Крым на основе использования его потенциала [17; 18]. В этой связи считаем необходимым реализовать ряд мероприятий, направленных на активизацию действия инструментов выявления и развития точек роста (таблица 3).

Выявление точек роста региона предлагается осуществлять на основе последовательно реализуемых этапов, представляющих собой определенный алгоритм действий и методику определения необходимых для выявления «точек роста» параметров (таблица 4).

Как видно из таблицы 4, ключевым этапом является оценка готовности субъектов, определенных на предыдущих этапах как потенциальные точки роста, к цифровой трансформации в рамках формируемого кластерного образования. Для этой цели предлагаем использовать комплексную модель, отражающую состояние готовности субъекта – претендента на статус точки роста, к цифровой трансформации (ЦТ) [19]. Модель должна отражать все ключевые бизнес-процессы субъекта с параметрами: количество целей, общее количество бизнес-процессов, глубина модели, количество элементов организационной структуры, количество регламентирующих документов и т. п. (рис. 5).

Таким образом, на основе полученной модели оценивается готовность бизнес-процессов к автоматизации как стартовому этапу цифровой трансформации [20], формируются концепция формирования субъекта – точки роста и определение его места и роли в кластерном образовании. При этом бизнес-процессы, подлежащие автоматизации, необходимо предварительно декомпозировать до уровня процедур.

Таблица 3

Мероприятия по активизации действия инструментов выявления и развития точек роста

Экономика

| Сфера обеспечения социально-экономического развития региона | Механизмы и инструменты |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Институционно-правовое обеспечение | Включить отдельные территории Республики Крым, выявленные как точки роста, в перечень территорий опережающего социально-экономического развития РФ, что позволит им функционировать в соответствии с федеральным законом № 271-ФЗ от 14.07.2022 г. «О территориях опережающего развития в Российской Федерации» |
| | Расширить действие Крымского регионального фонда развития промышленности на предприятия АПК региона |
| Информационно-коммуникационное обеспечение | Регулярный мониторинг социально-экономических показателей развития региона для своевременного выявления проблемных и депрессивных территорий, а также изменения состояния территорий-флагманов, определенных в качестве точек роста |
| | Разработка методических рекомендаций по проведению комплексной оценки социально-экономического развития территорий региона |
| | Расширение возможностей инвестиционного портала Республики Крым научно-методическим инструментарием |
| | Разработка и внедрение комплекса мероприятий имиджевого характера для представления Крыма как территории, открытой и перспективной для системных инвестиций |
| | Обеспечение широкой информационной поддержки потенциальным инвесторам по инвестиционным проектам в приоритетных для региона сферах социально-экономического развития |

Table 3

Measures to activate tools for identifying and developing growth points

| Sphere of ensuring socio-economic development of the region | Mechanisms and tools |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Institutional and legal support | Include certain territories of the Republic of Crimea, identified as growth points, in the list of territories of advanced socio-economic development of the Russian Federation, which will allow them to function in accordance with Federal Law No. 271-FZ of July 14, 2022 "On territories of advanced development in the Russian Federation" |
| | Expand the action of the Crimean Regional Industrial Development Fund to agricultural enterprises in the region |
| Information and communication support | Regular monitoring of socio-economic indicators of regional development for the timely identification of problem and depressed areas, as well as changes in the condition of flagship territories identified as growth points |
| | Development of methodological recommendations for conducting a comprehensive assessment of the socio-economic development of regional territories |
| | Expanding the capabilities of the investment portal of the Republic of Crimea with scientific and methodological tools |
| | Development and implementation of a set of image-related measures to present Crimea as a territory open and promising for systemic investments |
| | Providing broad information support to potential investors on investment projects in priority areas of socio-economic development for the region |

Что же касается самой модели кластера, то нужно сформировать иерархию модулей и функций его будущей информационной системы и установить связь элементов информационной системы со всеми выделенными процессами. Полученная модель может применяться в качестве основы для принятия последующих управленческих решений относительно структуры и содержания кластера, а также регламентации деятельности его элементов.

Проектирование модели необходимо осуществлять в соответствии с принципом выделения процессов на ее различных уровнях, который отражен в Методике проектирования систем управления и заключается в выделении основных объектов управления бизнес-системы и проектировании процессов управления этими объектами на основе выделения процессов первого уровня.

Этапы и методика выявления точек роста региона

| Этап | Содержание этапа | Рекомендуемая методика определения параметров |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Определение предпосылок возникновения точек роста экономики региона | 1.1. Выявление особенностей развития территории 1.2. Выявление и анализ факторов, сдерживающих возникновение точек роста | PEST-анализ – оценка политических, экономических, социальных и технологических факторов, оказывающих влияние на уровень развития АПК региона |
| 2. Определение факторов влияния на возникновение и развитие точек роста экономики региона | 2.1. Анализ имеющихся ресурсов и оценка их потенциала в целях развития экономики региона на перспективу | Индексный метод, индикативный метод, метод денежной оценки элементов потенциала, ресурсно-регрессионный метод, метод приоритетной оценки ресурсов и т. д. с учетом качественных характеристик ресурсов позволят осуществить их количественную оценку с достаточной степенью точности |
| 3. Оценка потенциала и результативности развития точек роста | 3.1. Оценка экономических показателей и финансовых результатов деятельности субъекта, претендующего на статус точки роста | Оценка экономических показателей и финансовых результатов деятельности субъекта, претендующего на статус точки роста |
| 4. Оценка потенциала выявленных точек роста региона для возможности их перевода в статус ядра формируемого кластера | 4.1. Анализ научно-технического потенциала и оценка технико-технологического уровня развития субъектов – потенциальных точек роста 4.2. Оценка обеспеченности квалифицированными кадрами | Теория нечетких множеств, позволяющая выявить факторы, отражающие технико-технологическую составляющую (кадры, затраты на технологические новации и т. п.) и факторы, выступающие в качестве оценки результатов инновационного развития субъекта – потенциальной точки роста (количество созданных и используемых передовых технологий, патентов на изобретения и полезные модели) |
| 5. Оценка готовности субъектов – потенциальных точек роста к цифровой трансформации в рамках формируемого кластерного образования | | Комплексная модель оценки готовности субъекта – претендента на статус точки роста, к цифровой трансформации |

Table 4
Stages and methodology for identifying growth points in the region

| Stage | Contents of the stage | Recommended method for determining parameters |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Determining the prerequisites for the emergence of growth points in the regional economy | 1.1. Identification of features of territory development 1.2. Identification and analysis of factors limiting the emergence of growth points | PEST analysis – assessment of political, economic, social and technological factors influencing the level of development of the region's agro-industrial complex |
| 2. Determination of factors influencing the emergence and development of growth points of the regional economy | 2.1. Analysis of available resources and assessment of their potential for the development of the regional economy in the future | Index method, indicative method, method of monetary assessment of potential elements, resource-regression method, method of priority assessment of resources, etc. taking into account the qualitative characteristics of resources will allow for their quantitative assessment with a sufficient degree of accuracy |
| 3. Assessing the potential and effectiveness of development of growth points | 3.1. Assessment of economic indicators and financial results of an entity applying for the status of a growth point | Assessment of economic indicators and financial results of an entity applying for the status of a growth point |
| 4. Assessment of the potential of the identified growth points of the region for the possibility of their transfer to the status of the core of the cluster being formed | 4.1. Analysis of scientific and technical potential and assessment of the technical and technological level of development of subjects – potential growth points 4.2. Assessment of the supply of qualified personnel | The theory of fuzzy sets, which makes it possible to identify factors that reflect the technical and technological component (personnel, costs of technological innovations, etc.) and factors that serve as an assessment of the results of the innovative development of a subject - a potential growth point (the number of advanced technologies created and used, patents for inventions and utility models) |
| 5. Assessing the readiness of subjects – potential growth points for digital transformation within the framework of the emerging cluster formation | | A comprehensive model for assessing the readiness of a subject – a candidate for the status of a growth point – for digital transformation |



Рис. 5. Комплексная модель оценки готовности претендента на статус «точки роста» к цифровой трансформации

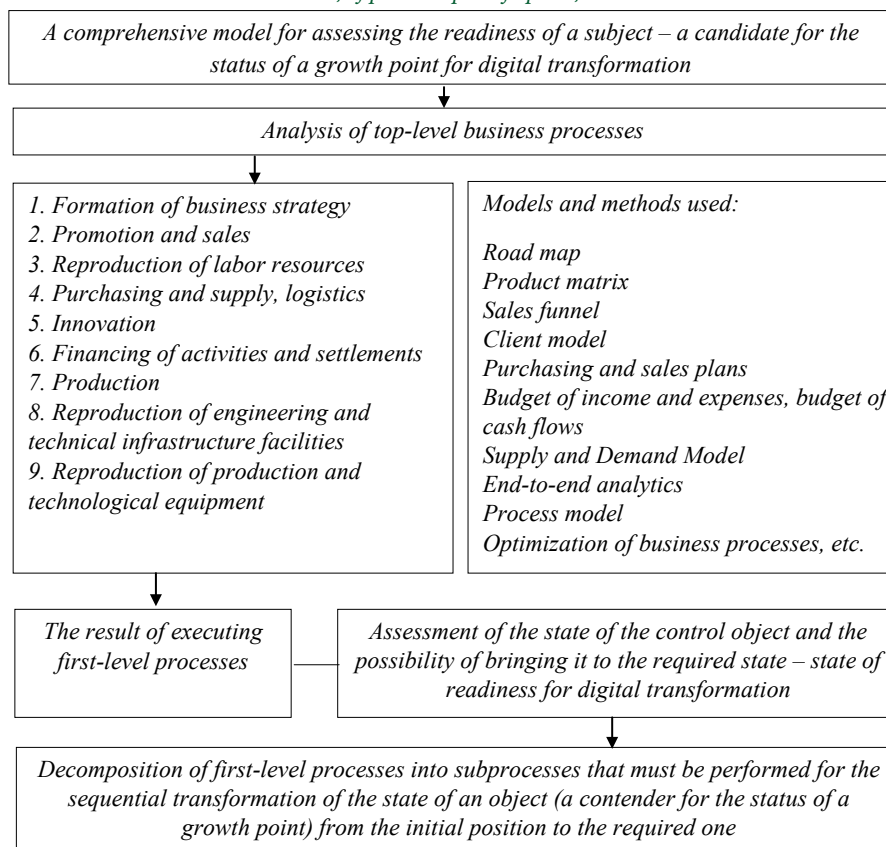


Fig. 5. A comprehensive model for assessing the readiness of an applicant for the status of a growth point for digital transformation

Библиографический список

1. Новикова И. А. Формирование конкурентных преимуществ региона, базирующихся на инновационных достижениях // Инновации и инвестиции. 2021. № 7. С. 147–151.
2. Урунов А. А., Авезова М. М., Насимова М. А. Методологические и практические аспекты выявления полюсов развития и точек роста в региональной экономике // Вестник университета. 2020. № 5. С. 161–168.
3. Полянин А. В., Проняева Л. И. Современная концепция региональных точек экономического роста // Регион: системы, экономика, управление. 2020. № 2 (49). С. 24–33.
4. Суворова А. В. Развитие полюсов роста в Российской Федерации: прямые и обратные эффекты // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 6. С. 110–128.
5. Новикова И. А. Предпосылки развития точек роста региональной конкурентоспособности в Челябинской области // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2020 № 5 С. 58–64.
6. Ванюшкин А. С., Друзин С. В. Алгоритм выбора типа конкурентной стратегии в рамках развития точек роста // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5, № 1. С. 68–77.
7. Аюпова С. Г., Силова Е. С. Точки роста промышленного региона в Уральском федеральном округе // Вестник Челябинского государственного университета. 2020. № 11 (445). Экономические науки. Вып. 71. С. 19–30.
8. Гончаров А. А. «Точки роста» в сельском хозяйстве как решение проблем программно-целевого управления // Наука без границ. 2021. № 2 (54). С. 64–73.
9. Аджигова А. С., Канцеров Р. А., Школьников Н. Н. Государственная поддержка развития сельского хозяйства региона с аграрным профилем экономики // Аграрный вестник Урала. 2022. № 02 (217). С. 60–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-60-70.
10. Стратегия социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <https://minek.rk.gov.ru/ru/structure/628> (дата обращения: 17.09.2023).
11. Бесплатный сервис проверки и анализа российских юридических лиц и предпринимателей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rusprofile.ru> (дата обращения: 17.09.2023).
12. Жаров А. В., Ткаченко А. О. Региональные кластеры как потенциальные точки роста экономики // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 5. С. 200–206.
13. Косинский Г. М., Вирко Г. П. Интегрированные структуры в АПК и сельском хозяйстве: экономические проблемы формирования // Экономика и социум. 2019. № 2 (57). С. 188–193.
14. Гончаров А. А. Определение «точек роста» сельского хозяйства в рамках пространственного развития Российской Федерации // Устойчивое и инновационное развитие в цифровую эпоху. Часть II: материалы международной научно-практической конференции. Москва, 2019. С. 110–113.
15. Носонов А. М. Агрохолдинги как форма организационно-управленческих инноваций в агропромышленном комплексе // Вестник РГУ имени С. А. Есенина. 2019. № 4 (65). С. 110–122.
16. Тимиргалеева Р. Р. Комплексный механизм формирования и развития вертикально-интегрированных агропромышленных структур // Вестник Академии знаний. 2023. № 3 (56). С. 236–242.
17. Концепция научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. URL: www.viapi.ru/download/2018/Цифровое%20сельское%20хозяйство.pdf (дата обращения: 01.09.2023).
18. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/614/events> (дата обращения: 09.09.2023).
19. Паштецкий В. С., Тимиргалеева Р. Р., Вердыш М. В. Формирование системы индикаторов оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации // Аграрный вестник Урала. 2023. № 5 (234). С. 108–120.
20. Шкарупа Е. А. Цифровизация АПК: результаты, проблемы, направления развития // Региональная экономика. Юг России. 2020. Т. 8, № 4. С. 144–153. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.4.13.

Об авторах:

Рена Ринатовна Тимиргалеева, доктор экономических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия; главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0002-3078-1050, AuthorID 814728. E-mail: renatimir@gmail.com

Владимир Степанович Паштецкий, доктор сельскохозяйственных наук, директор, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0002-3908-733X, AuthorID 849074. E-mail: pvs98a@gmail.com

Михаил Валериевич Вердыш, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия; ORCID 0000-0002-3202-6665, AuthorID 857189. E-mail: verdysh_m@niishk.site

References

1. Novikova I. A. Formation of competitive advantages of the region based on innovative achievements. *Innovation and Investment*. 2021; 7: 147–151. (In Russ.)
2. Urunov A. A., Avezova M. M., Nasimova M. A. Methodological and practical aspects of identifying development poles and growth points in the regional economy. *University Bulletin*. 2020; 5: 161–168. (In Russ.)
3. Polyaniin A. V., Pronyaeva L. I. Modern concept of regional points of economic growth. *Region: Systems, Economics, Management*. 2020; 2 (49): 24–33. (In Russ.)
4. Suvorova A. V. Development of growth poles in the Russian Federation: direct and reverse effects. *Economic and social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2019; 12/6: 110–128. (In Russ.)
5. Novikova I. A. Prerequisites for the development of growth points of regional competitiveness in the Chelyabinsk region. *Economics and Management: scientific and practical journal*. 2020; 5: 58–64. (In Russ.)
6. Vanyushkin A. S., Druzin S. V. Algorithm for choosing the type of competitive strategy within the framework of developing growth points. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2019; 5 (1): 68–77. (In Russ.)
7. Ayupova S. G., Silova E. S. Growth points of the industrial region in the Ural Federal District. *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2020; 11 (445). *Economic Sciences*. 71: 19–30. (In Russ.)
8. Goncharov A. A. “Growth points” in agriculture as a solution to the problems of program-target management. *Science without Borders*. 2021; 2 (54): 64–73. (In Russ.)
9. Adzhikova A. S., Kantserov R. A., Shkolnikova N. N. State support for the development of agriculture in a region with an agrarian profile of the economy. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 02 (217): 60–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-60-70. (In Russ.)
10. Strategy for socio-economic development of the Republic of Crimea until 2030 [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <https://www.rusprofile.ru>. (In Russ.)
11. Free service for checking and analyzing Russian legal entities and entrepreneurs [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <https://www.rusprofile.ru> (In Russ.)
12. Zharov A. V., Tkachenko A. O. Regional clusters as potential points of economic growth. *Interexpo Geo-Siberia*. 2019; 5: 200–206. (In Russ.)
13. Kosinskiy G. M., Virko G. P. Integrated structures in the agro-industrial complex and agriculture: economic problems of formation. *Economy and Society*. 2019; 2 (57): 188–193. (In Russ.)
14. Goncharov A. A. Definition of «growth points» of agriculture within the framework of spatial development of the Russian Federation. *Sustainable and Innovative Development in the Digital Age. Part II: proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Moscow, 2019: Pp. 110–113. (In Russ.)
15. Nosonov A. M. Agroholdings as a form of organizational and managerial innovations in the agro-industrial complex. *The Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin*. 2019; 4 (65): 110–122. (In Russ.)
16. Timirgaleeva R. R. A comprehensive mechanism for the formation and development of vertically integrated agro-industrial structures. *Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2023. 3 (56): 236–242. (In Russ.)
17. The concept of scientific and technological development of digital agriculture “Digital Agriculture” [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 01]. Available from: www.viapi.ru/download/2018/Cifrovoe%20sel'skoe%20hozjajstvo.pdf. (In Russ.)
18. National program “Digital Economy of the Russian Federation” [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 09]. Available from: <http://government.ru/rugovclassifier/614/events>. (In Russ.)
19. Pashtetskiy V. S., Timirgaleeva R. R., Verdysh M. V. Formation of a system of indicators for assessing the agro-industrial potential of a region in the direction of its digital transformation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 5 (234): 108–120. (In Russ.)
20. Shkarupa E. A. Digitalization of the agro-industrial complex: results, problems, directions of development. *Regional Economy. South of Russia*. 2020; 8/4: 144–153. (In Russ.)

Authors' information:

Rena R. Timirgaleeva, doctor of economic sciences, professor, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia; chief researcher, Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0002-3078-1050, AuthorID 814728. *E-mail: renatimir@gmail.com*

Vladimir S. Pashtetskiy, doctor of agricultural science, director, Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0002-3908-733X, AuthorID 849074. *E-mail: pvs98a@gmail.com*

Mikhail V. Verdysh, candidate of economic sciences, senior researcher, Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russia; ORCID 0000-0002-3202-6665, AuthorID 857189. *E-mail: verdysh_m@niishk.site*

Институциональные проблемы и направления развития земельных отношений в аграрной экономике

Р. Р. Хаметов[✉], И. А. Родионова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

[✉]E-mail: rymaschitkhametovhrr@mail.ru

Аннотация. Земельная реформа в России привела к трансформации сельского хозяйства и формированию многоукладной аграрной экономики. За более чем тридцатилетний период земельного реформирования обозначились новые институциональные проблемы, тормозящие развитие земельных отношений и негативно влияющие на состояние аграрной сферы. Институционализация земельных отношений на современном этапе развития предполагает формирование эффективного законодательного поля, обеспечение оптимальной структуры использования земли и равных конкурентных условий для всех форм собственности и хозяйствования. Соответственно, ключевой социально-экономической задачей при выборе стратегии и тактики развития земельных отношений в России является поиск методов и инструментов их совершенствования. **Цель исследования** состоит в изучении институциональных проблем и определении направлений развития земельных отношений в аграрной экономике. **Методы.** Методология исследования опиралась на анализ фундаментальных и прикладных работ как российских, так и зарубежных ученых-экономистов, касающихся институциональных преобразований в сельском хозяйстве, а также на нормативно-правовые и законодательные документы, регулирующие земельные отношения. В исследовании был применен системный подход к рассматриваемой предметной области; использовались диалектические, абстрактно-логические, графические, эмпирические, экономико-статистические и другие методы научного анализа. **Научная новизна** состоит в обосновании направлений совершенствования институциональных аспектов земельных отношений. **Результаты.** Проведен анализ современного этапа развития земельных отношений в России, определены основные институциональные проблемы. Выявленные проблемы обусловлены невостребованностью значительной части земельных долей, нецелевым использованием земель сельскохозяйственного назначения, отсутствием эффективного механизма перераспределения нефункционирующих земель, усилением концентрации земли в агрохолдингах. Предложены направления повышения рационального и эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: институт, институциональные преобразования, трансформация, земельные отношения, земли сельскохозяйственного назначения, земельная реформа, эффективность использования земли

Для цитирования: Хаметов Р. Р., Родионова И. А. Институциональные проблемы и направления развития земельных отношений в аграрной экономике // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1565–1574. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1565-1574>.

Дата поступления статьи: 15.02.2024, **дата рецензирования:** 24.06.2024, **дата принятия:** 30.07.2024.

Institutional problems and directions of land relations development in agrarian economy

P. R. Khametov✉, I. A. Rodionova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

✉E-mail: rymaschitkhametovhrr@mail.ru

ЭКОНОМИКА

Abstract. The land reform in Russia has led to the transformation of agriculture and the formation of a multi-structured agrarian economy. For more than thirty years of land reform, new institutional problems have emerged, which hinder the development of land relations and negatively affect the state of the agrarian sphere. Institutionalisation of land relations at the current stage of development implies the formation of an effective legislative field, ensuring an optimal structure of land use and equal competitive conditions for all forms of ownership and management. Accordingly, the key socio-economic task in the choice of strategy and tactics for the development of land relations in Russia is the search for methods and tools for their improvement. The **purpose of the research** is to study the institutional problems and determine the directions of land relations development in the agrarian economy. **Methods.** The research methodology was based on the analysis of fundamental and applied works of both Russian and foreign scientists-economists concerning institutional transformations in agriculture, as well as on normative-legal and legislative documents regulating land relations. The study applied a systematic approach to the subject area under consideration; dialectical, abstract-logical, graphical, empirical, economic-statistical and other methods of scientific analysis were used. **Scientific novelty** consists in substantiating the directions of improving the institutional aspects of land relations. **Results.** The current stage of land relations development in Russia has been analysed and the main institutional problems have been identified. The identified problems are caused by the unclaimed nature of a significant part of land shares, inappropriate use of agricultural land, lack of an effective mechanism for redistribution of non-functioning land, increasing land concentration in agricultural holdings. The directions for increasing the rational and efficient use of agricultural land are proposed.

Keywords: institution, institutional changes, transformation, land relations, agricultural land, land reform, land use efficiency

For citation: Khametov R. R., Rodionova I. A. Institutional problems and directions of development of land relations in the agrarian economy. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1565–1574. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1565-1574>. (In Russ.)

Date of receipt of article: 15.02.2024, **date of review:** 24.06.2024, **date of acceptance:** 30.07.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Научно обоснованная аграрная политика в сфере земельных отношений является одним из определяющих факторов рационального использования земельных ресурсов и эффективного функционирования агропромышленного комплекса Российской Федерации. Новый виток развития земельные отношения получили в 1990 году, когда был принят Закон РСФСР «О земельной реформе». В результате произошла институционализация новых форм хозяйствования, обеспечившая формирование института частной собственности и развитие многоукладной аграрной экономики.

При этом вопросы повышения эффективности использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения не были решены. Земельные преобразования проводились без существенного изменения производственных отношений, учета материальных и трудовых ресурсов, инженерного

и социального обустройства сельских территорий. Сформированные институты оказались крайне неэффективными. Накопился целый пласт проблем, тормозящих развитие земельных отношений и негативно влияющих на состояние аграрной сферы.

Институциональные вопросы развития земельных отношений в сельском хозяйстве широко исследованы в работах отечественных ученых, таких как Е. Ф. Заворотин [4], В. Г. Закшевский [6], А. О. Пашута [12], К. В. Томилин [15]. Научные исследования направлены на решение проблем совершенствования регулирования институционального механизма реализации интересов при купле-продаже земель сельскохозяйственного назначения, взаимодействия субъектов земельного рынка, устранения неэффективных институтов. При этом многие из них в настоящее время не решены, что требует их дальнейшего научного осмысления и обоснования.

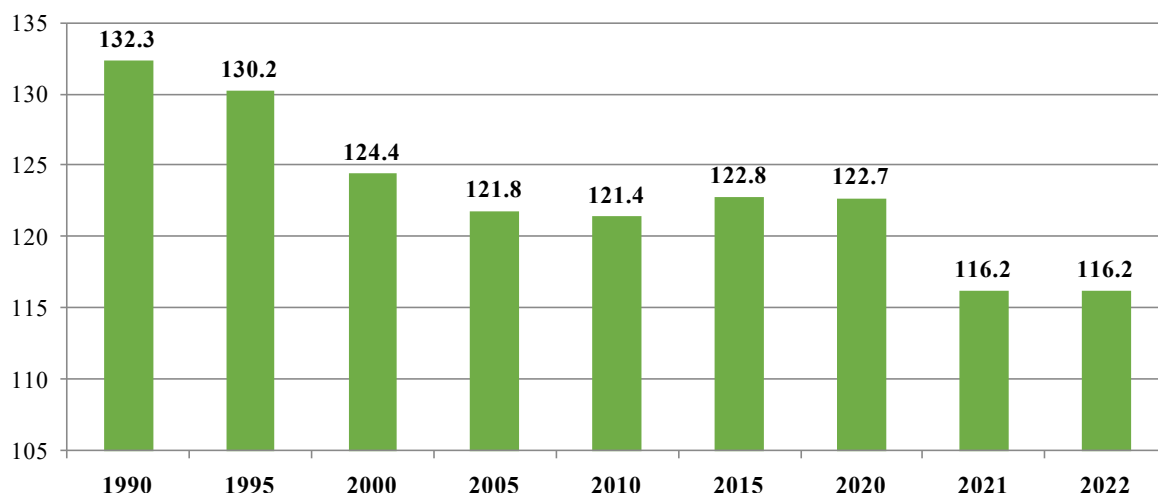


Рис. 1. Динамика площади пашни в РФ за 1990–2022 гг.
Fig. 1. Dynamics of arable land area in the Russian Federation for 1990–2022

Методология и методы исследования (Methods)

Методология исследования базировалась на использовании фундаментальных и прикладных трудов российских и зарубежных ученых-экономистов по вопросам институциональных преобразований в сельском хозяйстве, а также нормативно-правовых и законодательных документах, регулирующих вопросы земельных отношений.

Исследование основывалось на использовании системного подхода к изучаемой предметной области; применялись диалектический, абстрактно-логический, графический, эмпирический, экономико-статистический и иные методы научных исследований.

Результаты (Results)

В соответствии с новейшим институциональным подходом, ярким представителем которого является Д. Норт, в составе институтов выделяются три компонента: формальные правила (конституции, законы, административные акты); неформальные ограничения (традиции, обычаи, договоры, соглашения, неписаные кодексы чести и т. д.) и механизмы принуждения, обеспечивающие соблюдение этих правил [9]. То есть современный институционализм исследует прикладные вопросы принятия решений по работающим институтам в конкретных условиях на отраслевом уровне, в том числе и обоснование их замены.

Институционализация земельных отношений на современном этапе развития предполагает установление режима собственности, прав, обязанностей и ответственности владельцев и пользователей ресурсов, структуры, полномочий специализированных и внешних государственных и местных органов управления, контроля и охраны окружающей среды, регулирования участия общественности и неправительственных организаций. Как следствие, она направлена на формирование эффективного за-

конодательного поля в соответствии с требованиями времени, обеспечение оптимальной структуры и равных конкурентных условий для всех форм собственности [1].

В современных условиях проявлением зрелости земельных отношений является ориентация земельной политики на эффективные методы управления. Вместе с тем несовершенство системы управления земельными отношениями привело к определенным институциональным проблемам.

Одной из важнейших нерешенных проблем в настоящее время является снижение доли неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения. За период проведения земельных реформ площадь сельскохозяйственных угодий в стране сократилась на 24,7 млн га и составила в 2022 году 197,7 млн га. Наблюдается сокращение наиболее ценного вида сельскохозяйственных угодий – пашни. За период 1990–2022 гг. площадь пашни уменьшилась на 12,2 % (рис. 1). При этом площадь неиспользуемой пашни составляет примерно 20 млн га. [13].

Среди основных причин, которые обусловили данную негативную ситуацию, ученые называют следующие:

- произошли ликвидация в результате банкротства части сельхозорганизаций и усиление концентрации земли в агрохолдингах;
- остается невостребованной значительная часть земельных долей;
- не определены в установленном порядке местоположение границ и площади земель сельскохозяйственного назначения и отдельных видов сельскохозяйственных угодий;
- наблюдаются нецелевое использование земель сельскохозяйственного назначения и отсутствие эффективного механизма перераспределения нефункционирующих земель;
- происходят снижение естественного плодородия и деградация почв;

– проводится недостаточное качество работ, направленных на вовлечение в оборот ранее выбывших из производства сельскохозяйственных земель.

Аграрные преобразования в России способствовали становлению многоукладной экономики. В настоящее время в сельском хозяйстве устойчивое развитие получили предприятия различных форм собственности и хозяйствования. В то же время наметилась тенденция сокращения малого и среднего бизнеса в аграрном секторе экономики [14]. По основным итогам сельскохозяйственной микропереписи, в период с 2016 по 2021 год численность сельскохозяйственных организаций сократилась на 13,6 %, или на 4,9 тыс. ед., а крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей – на 26,8 %, или на 36,6 тыс. ед. [10]. В 2022 году самое большое снижение численности крестьянских (фермерских) хозяйств (на 490 ед.) произошло в Ростовской области. В настоящее время средняя земельная площадь, приходящаяся на одно крестьянское (фермерское) хозяйство, составляет 77,2 га.

Одновременно с этим одним из новых процессов институционального характера стал процесс концентрации земель у отдельных землепользователей, прежде всего у агрохолдингов. В. Я. Узун, Н. И. Шагайда придерживались мнения о том, что при преобладании агрохолдингов в обществе происходит выдавливание малого бизнеса с территории, что способствует возрастанию обязательства муниципалитета по созданию социальной инфраструктуры [16]. При этом роль малого и среднего аграрного бизнеса в экономике была и остается значительной. Именно малый бизнес способствует появлению новых рабочих мест, демонстрирует гибкость и мобильность в случае наступления негативных ситуаций на рынке, является главным источником налоговых поступлений.

На эту проблему ученые обратили внимание сразу же после кризиса 1998 года, когда в стране

стали появляться первые агрохолдинги. Процесс перераспределения земель между ними активно стал развиваться в период 2006–2016 гг. В 2016 году площадь сельскохозяйственных угодий холдингов составляла 4,8 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения, а в 2022 году – 6,2 % (23,6 млн га) (рис. 2).

Лидером рейтинга крупнейших землевладельцев России на протяжении многих лет остается «Агрокомплекс» им. Н. И. Ткачева. Стоимость земли агрохолдинга оценивается примерно в 152,1 млрд руб., что превышает стоимость земли компании «Продимекс» на 57,8 млрд руб. и стоимость земли агрохолдинга «Мираторг» на 75,0 млрд руб.

При всех преимуществах агрохолдинговых формирований, основанных на эффекте масштаба и экономии на трансакционных издержках, достаточно очевидными становятся проблемы сверхконцентрации. Т. Г. Нефедова отмечает, что излишний гигантизм основных агрохолдингов ведет к усложнению управлением такими структурами и проблемам рационального использования земель, поглощению дееспособных самостоятельных предприятий и сжатию сектора предприятий среднего звена [8]. Поэтому необходимо установить разумные ограничения на размер сельскохозяйственных угодий, чтобы предотвратить излишнюю концентрацию земель в руках отдельных лиц или компаний.

В настоящее время федеральным законодательством предусмотрено ограничение площади земельных участков, находящихся в собственности одного юридического лица, в размере 10,0 % общей площади сельскохозяйственных угодий, расположенных на рассматриваемой территории. Это ограничение не работает для агрохолдингов, так как владелец агрохолдинга может закрепить за одной из своих компаний любую площадь земли, и это не будет нарушением закона.

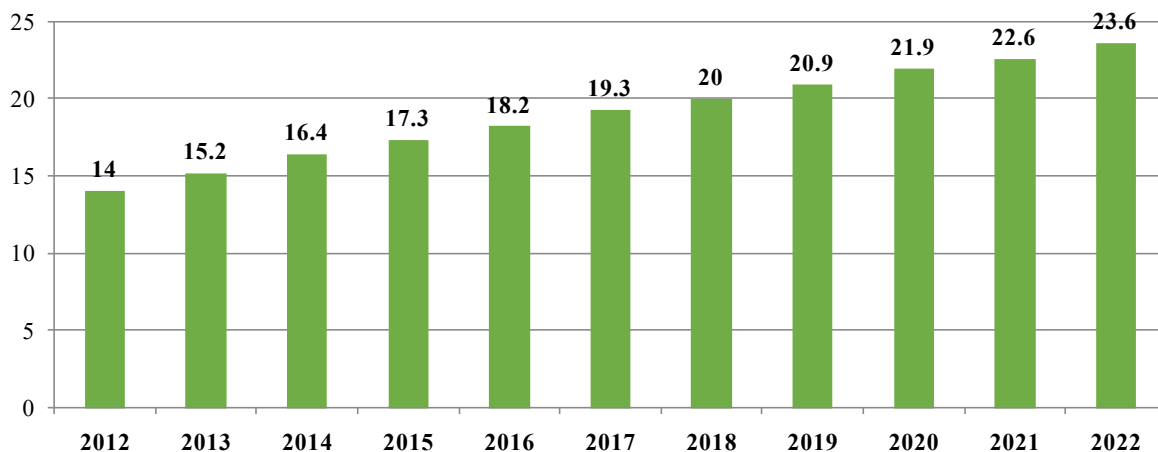


Рис. 2. Динамика изменения площади земель сельскохозяйственного назначения агрохолдингов России, млн га
Fig. 2. Dynamics of changes in the area of agricultural land of agricultural holdings in Russia, million hectares

Таблица 1
**Топ-10 крупнейших по используемым площадям агрохозяйств (агрохолдингов) России
 в 2023 году, тыс. га**

| № п/п | Наименование агрохолдинга | 2016 г. | 2022 г. |
|-------|----------------------------------------|---------|---------|
| 1 | Фирма «Агрокомплекс» им. Н. И. Ткачева | 649,0 | 660,0 |
| 2 | Агрохолдинг «Продимекс» | 892,0 | 900,0 |
| 3 | Агрохолдинг «Мираторг» | 1000,0 | 1047,0 |
| 4 | Агрохолдинг «Степь» | 412,0 | 577,9 |
| 5 | Концерн «Покровский» | – | 242,0 |
| 6 | Агрохолдинг «Русагро» | 649,0 | 600,0 |
| 7 | Агрохолдинг «Аваград-Агро» | 451,0 | 448,2 |
| 8 | Агрохолдинг «ЭкоНива-АПК» | 511,0 | 630,2 |
| 9 | Агрохолдинг «Волга-Дон Агроинвест» | 452,0 | 446,9 |
| 10 | Агрохолдинг «ГАП „Ресурс“» | – | 340,0 |

Table 1
**The Top-10 largest in terms of used areas of agricultural farms (agroholdings) in Russia in 2023,
 thousand hectares**

| No. | Name of the agricultural holding | 2016 y. | 2022 y. |
|-----|--------------------------------------------------|---------|---------|
| 1 | The firm "Agrocomplex" named after N. I. Tkachev | 649.0 | 660.0 |
| 2 | Agroholding "Prodimex" | 892.0 | 900.0 |
| 3 | Agroholding "Miratorg" | 1000.0 | 1047.0 |
| 4 | Agroholding "Steppe" | 412.0 | 577.9 |
| 5 | Concern "Pokrovskiy" | – | 242.0 |
| 6 | Agroholding "Rusagro" | 649.0 | 600.0 |
| 7 | Agroholding "Avagrad-Agro" | 451.0 | 448.2 |
| 8 | Agroholding "EkoNiva-APK" | 511.0 | 630.2 |
| 9 | Agroholding "Volga-Don Agroinvest" | 452.0 | 446.9 |
| 10 | Agroholding "Agribusiness Group "Resource" | – | 340.0 |

Вследствие этого вытекает еще одна проблема – несправедливое распределение субсидий исключительно в пользу сверхкрупных землевладений. В. Я. Узун отмечает, что распределение бюджетных субсидий происходит между избранными «крупными» заявителями, в то время как остальные заинтересованные лица из среднего и малого звена аграрного бизнеса не получают ничего или получают незначительные суммы поддержки [15]. Автор отмечает, что 1,2 % сельскохозяйственных организаций получают свыше 40,0 % субсидий на сумму от 1 до 6 млрд руб. Проводимая аграрная политика государства ведет к формированию исключительных преимуществ отдельных сверхкрупных предприятий и вытеснению с аграрного рынка среднего и малого бизнеса.

Для сравнения приведем данные профильного доклада «О ходе и результатах реализации в 2022 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия», где отмечено, что малые формы хозяйствования получили грантовую поддержку в размере 6,2 млрд руб., или 30,6 % средств федерального бюджета, в рамках стимулирующей субсидии (таблица 2). По сравнению с 2021 годом объем финансирования мероприятий по грантовой поддержке сократился на 563,7 млн руб. [7].

Сократилось общее число получателей грантовой поддержки по всем видам мероприятий.

В 2022 году гранты на развитие семейных ферм получили 546 крестьянских (фермерских) хозяйств, в то время как в 2021 году – 632 хозяйства. Грант «Агропрогресс» был предоставлен только 7 организациям, и 122 получили гранты на развитие материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов.

Невостребованные земельные доли граждан также осложняют процесс вовлечения в оборот сельскохозяйственных земель. В соответствии с земельным законодательством земельная доля не относится к объектам недвижимости и не является объектом земельных отношений вследствие отсутствия закрепленных границ на местности. Поэтому земельные доли не могут быть поставлены на кадастровый учет, что затрудняет их правовой и хозяйственный оборот. Адаптированных к реальной ситуации нормативных регламентов нет, а имеющиеся, по мнению А. А. Петрова, неэффективны, поэтому с каждым годом возрастает актуальность вопросов рационального использования сельскохозяйственных земель [6]. Отсутствие идентификации земельных долей граждан требует немедленного вмешательства для демаркации, кадастрового учета и регистрации в Едином государственном реестре недвижимости. Невыполнение обязательств по проведению кадастровых работ может привести к неопределенности в правах собственности и усилению социальных напряжений.

Таблица 2
Финансовый результат реализации мероприятий грантовой поддержки

| Мероприятия | 2021 г. | | | 2022 г. | | |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| | Объем консолидированных средств, направленных на реализацию мероприятия, млн руб. | Число получателей, ед. | Средний размер гранта, млн руб. | Объем консолидированных средств, направленных на реализацию мероприятия, млн руб. | Число получателей, ед. | Средний размер гранта, млн руб. |
| Гранты К(Ф)Х на развитие семейных ферм | 5979,7 | 632 | 9,5 | 5629,1 | 546 | 10,3 |
| Грант «Агропрогресс» | 201,6 | 16 | 12,6 | 97,0 | 7 | 13,9 |
| Гранты на развитие материально-технической базы СПоК | 1903,3 | 136 | 14,0 | 1794,2 | 122 | 14,7 |

Table 2
Financial result of the implementation of grant support measures

| Events | 2021 | | | 2022 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| | The volume of consolidated funds allocated for the implementation of the event, million rubles | Number of recipients, units | The average grant amount, million rubles | The volume of consolidated funds allocated for the implementation of the event, million rubles | Number of recipients, units | The average grant amount, million rubles |
| Farm grants for the development of family farms | 5979.7 | 632 | 9.5 | 5629.1 | 546 | 10.3 |
| Agroprogress Grant | 201.6 | 16 | 12.6 | 97.0 | 7 | 13.9 |
| Grants for the development of the material and technical base of agricultural consumer cooperatives | 1903.3 | 136 | 14.0 | 1794.2 | 122 | 14.7 |

Таблица 3
Динамика разграничения государственной собственности на землю в федеральную собственность, в собственность субъектов Российской Федерации и муниципальную собственность, млн га

| Показатель | 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. |
|----------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Всего | 33,8 | 35,3 | 35,4 |
| Федеральная собственность | 5,8 | 6,2 | 6,2 |
| Собственность субъектов Российской Федерации | 10,8 | 11,0 | 11,3 |
| Муниципальная собственность | 17,2 | 18,1 | 17,9 |

Table 3
Dynamics of differentiation of state ownership of land into federal ownership, ownership of subjects of the Russian Federation and municipal ownership, million hectares

| Indicator | 2020 | 2021 | 2022 |
|----------------------------------------------------|------|------|------|
| Total | 33.8 | 35.3 | 35.4 |
| Federal property | 5.8 | 6.2 | 6.2 |
| Property of the subjects of the Russian Federation | 10.8 | 11.0 | 11.3 |
| Municipal property | 17.2 | 18.1 | 17.9 |

Таблица 4
Динамика деградации сельскохозяйственных земель в РФ

| Годы | Ветровая эрозия | | Водная эрозия | | Засоление почв | | Переувлажнение почвы | |
|------|-----------------|------|---------------|------|----------------|-----|----------------------|-----|
| | тыс. га | % | тыс. га | % | тыс. га | % | тыс. га | % |
| 2015 | 551,93 | 18,9 | 591,31 | 15,8 | 101,48 | 3,5 | 149,25 | 4,3 |
| 2016 | 1403,35 | 21,1 | 1512,51 | 24,2 | 108,88 | 2,6 | 234,45 | 4,4 |
| 2018 | 1252,79 | 9,1 | 2048,08 | 14,8 | 241,53 | 1,7 | 722,51 | 5,2 |
| 2019 | 1643,76 | 12,9 | 2467,92 | 19,3 | 277,52 | 2,2 | 816,95 | 6,4 |
| 2020 | 1136,94 | 8,8 | 1996,43 | 15,5 | 235,86 | 1,8 | 830,73 | 6,4 |

Table 4
Dynamics of degradation of agricultural lands in the Russian Federation

| Years | Wind erosion | | Water erosion | | Soil salinization | | Waterlogging of the soil | |
|-------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|-----|--------------------------|-----|
| | Thousand hectares | % | Thousand hectares | % | Thousand hectares | % | Thousand hectares | % |
| 2015 | 551.93 | 18.9 | 591.31 | 15.8 | 101.48 | 3.5 | 149.25 | 4.3 |
| 2016 | 1403.35 | 21.1 | 1512.51 | 24.2 | 108.88 | 2.6 | 234.45 | 4.4 |
| 2018 | 1252.79 | 9.1 | 2048.08 | 14.8 | 241.53 | 1.7 | 722.51 | 5.2 |
| 2019 | 1643.76 | 12.9 | 2467.92 | 19.3 | 277.52 | 2.2 | 816.95 | 6.4 |
| 2020 | 1136.94 | 8.8 | 1996.43 | 15.5 | 235.86 | 1.8 | 830.73 | 6.4 |

Правительством РФ была принята государственная программа от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации», где в качестве ключевой задачи определено возвращение 13,2 млн га неиспользуемых сельскохозяйственных земель в оборот. В год планируется ввести в оборот около 1,2 млн га.

В рамках данной программы Минсельхоз России должен подготовить проекты межевания участков, находящихся в муниципальной собственности, которые будут выделены в счет невостребованных земель. По итогам программы также планируется осуществить государственный кадастровый учет неразграниченных земельных участков сельскохозяйственного назначения.

Важнейшей институциональной проблемой остается отсутствие разграничения госсобственности на сельскохозяйственные земли. В 2022 году 66,3 %, или 251,5 млн га земель сельскохозяйственного назначения, находилась в государственной и муниципальной собственности, 27,4 % (104,1 млн га) – в собственности граждан, 6,3 % (23,6 млн га) – в собственности юридических лиц [2].

Разграничение земли, находящейся в государственной и муниципальной собственности, на федеральную собственность, собственность субъектов Российской Федерации и муниципальную собственность происходит медленными темпами. Так, в 2022 году было распределено 35,4 млн га, большая часть которой (50,6 %, или 17,9 млн га) перешла в муниципальную собственность (таблица 3).

Неразграниченность значительной части площадей земель сельскохозяйственного назначения способствует развитию криминализации земельных отношений. В аграрных регионах страны с высокими ценами на землю коррупционные преступления чиновников занимают лидирующие позиции в их общем объеме. Мы солидарны с мнением Б. С. Джабраиловой, которая считает, что активизация процесса разграничения государственной собственности будет способствовать дальнейшему развитию рынка земли и вовлечению земель сельскохозяйственного назначения в оборот [3].

Актуальной институциональной проблемой является нецелевое использование земель сельскохозяйственного назначения и отсутствие эффективного механизма перераспределения нефункционирующих земель. В настоящее время в отношении нарушителей правового режима применяются различные меры юридической ответственности. В 2022 году основные нарушения (94,7 %, или 1883,0 тыс. га) были связаны с неиспользованием сельскохозяйственных земель. В этом же году было устранено нарушений на площади 266,2 тыс. га. И, несмотря на проводимые государством меры, данный показатель по сравнению с 2021 годом увеличился в 3,3 раза. Снижение плодородия наблюдается на площади 51,1 тыс. га, а порча, в том числе уничтожение плодородного слоя земель, зафиксировано на участках площадью 19,2 тыс. га.

Согласно национальному докладу Росреестра о состоянии и использовании земель в РФ в 2022 году, на всей территории страны наблюдается деградация земель в результате водной и ветровой эрозия, селей, подтопления, заболачивания и т. п. [2]. Общая площадь земель, подверженная наличию негативных процессов, составляет 2,3 тыс. га (таблица 4).

Как отмечает В. Н. Хлыстун, ключевыми юридическими и организационными причинами развития негативных тенденций стали неопределенность земельной политики, аморфность системы

управления земельными ресурсами и разрушение ряда ее институтов. В результате в настоящее время отсутствует эффективный механизм перераспределения нефункционирующих земель, проводится недостаточное количество работ по вовлечению выбывших земель в аграрное производство. Такого же мнения придерживается Е. Ф. Заворотин, который прямо указывает, что вялотекущая трансформация земельных отношений является следствием низкоэффективной работы действующих институтов и отсутствия ощутимого синергетического эффекта от их деятельности [4].

Таким образом, проблема институционализации земельных отношений требует дальнейшего совершенствования в целях создания благоприятных условий эффективного ведения сельскохозяйственного производства.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Приведенный перечень проблем не является исчерпывающим, но их решение позволит повысить эффективность институциональных преобразований. Первоочередные меры должны быть направлены на решение проблемы вовлечения в оборот неиспользуемых земель за счет формирования единой информационной базы, установления предельно допустимых долей в размере, не превышающем 20,0 % от площади земельных фондов муниципальных районов в собственности одного юридического лица; разработку механизма передачи не востребуемых земельных долей в собственность сельских муниципальных образований; определение мер ответственности и стимулирования правообладателей земельных участков в сфере защиты сельскохозяйственных земель от деградации.

Предложенные меры не охватывают все необходимые шаги, которые требуется предпринять органам государственного регулирования сельскохозяйственного землепользования, но они направлены на устранение очевидных пробелов институциональных преобразований.

Библиографический список

1. Барсукова Г. Н. Рынок земель сельскохозяйственного назначения в Краснодарском крае // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 93. С. 89–94.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2022 году. Москва: Росинформагротех, 2023. 188 с.
3. Джабраилова Б. С. Возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 56–66. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66.
4. Заворотин Е. Ф. Институт управления земельными отношениями в сельском хозяйстве // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 5 (62). С. 21–26. DOI: 10.33938/205-21.
5. Закшевский В. Г. Котелевская Н.К. Становление и современное состояние земельных отношений в сельском хозяйстве // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2018. Т. 15, № 4. С. 24–30.
6. Петров А. А., Асаул А. Н., Асаул М. А., Щербина Г. Ф. К вопросу упорядочения использования земель сельскохозяйственного назначения на основе реализации комплекса землеустроительных работ // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8, № 5. С. 22–38.

7. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2022 году государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». Москва: Росинформагротех, 2023. 120 с.
8. Нефедова Т. Г. Агропромышленная концентрация в российских регионах // ЭКО. 2014. № 4 (478). С. 64–82.
9. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. Москва: Фонд экономической книги «Начала», 1997. 180 с.
10. Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года. Статистический сборник. Москва: ИИЦ «Статистика России», 2022. 420 с.
11. Пашута А. О. Научные основы повышения эффективности земельных отношений в сельском хозяйстве // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2018. № 3 (36). С. 36–43.
12. Говорунова Т. В., Родионова И. А., Долматов И. В., Киреева Е. С. Повышение эффективности управления земельными ресурсами на основе государственно-частного партнерства // Аграрный научный журнал. 2018. № 7. С. 73–79.
13. Родионова И. А., Дудникова Е.Б., Бородастова Е.В. Устойчивое развитие сельского хозяйства на основе органического земледелия // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 101. С. 61–66.
14. Томилини К. В. Формирование организационно-экономического механизма развития земельных отношений в сельском хозяйстве региона. Воронеж: ООО «ДИАМАТ», 2022. 158 с.
15. Узун В. Я. Ограничение размера субсидий одному сельхозпроизводителю: необходимость, механизмы, последствия // АПК: экономика, управление. 2017. № 11. С. 12–31.
16. Холдингизация агробизнеса России / В. Я. Узун, Н. И. Шагайда, Е. А. Гатаулина, Е. А. Шишкина. Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2022. 344 с.

Об авторах:

Ряшит Рифкатович Хаметов, аспирант кафедры экономики агропромышленного комплекса, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, Саратов, Россия; ORCID 0009-0000-0747-4311, AuthorID 1233228. E-mail: rymaschitkhametovhrr@mail.ru

Ирина Анатольевна Родионова, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики агропромышленного комплекса, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, Саратов, Россия; ORCID 0000-0003-0902-4837, AuthorID 645771. E-mail: rodionov56@yandex.ru

References

1. Barsukova G. N. Agricultural land market in Krasnodar Territory. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021; 93: 89–94. DOI: 10.21515/1999-1703-93-89-94. (In Russ.)
2. *State (national) report on the state and use of agricultural lands of the Russian Federation in 2022*. Moscow: Rosinformagrotech, 2023, 188. (In Russ.)
3. Dzhabrailova B. S. Opportunities to involve unused agricultural land in the turnover in the regions of the Northwestern Federal District. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 11 (214): 56–66. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66. (In Russ.)
4. Zavorotin E. F. Institution of land relations management in agriculture. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2020; 62: 21–26. DOI: 10.33938/205-21. (In Russ.)
5. Zakshevskiy V. G., Kotelevskaya N. K. The current state of formation of land relations in agriculture. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2018; 15 (4): 24–30. (In Russ.)
6. Petrov A. A., Asaul A. N., Asaul M. A., Shcherbina G. F. On the issue of the streamlining the use of agricultural land based on the implementation of a complex of land management works. *Moscow Economic Journal*. 2023; 8 (5): 22–38. (In Russ.)
7. *National report “On the progress and results of the implementation in 2022 of the state program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food”*. Moscow: Rosinformagrotech, 2023. 120 p. (In Russ.)
8. Nefedova T. G. Agroindustrial concentration in Russian regions. *ECO*. 2014; 4 (478): 64–82. (In Russ.)
9. North D. *Institutions, institutional change and economic performance*. Moscow: Foundation of the economic book “Nachala”, 1997. 200 p. (In Russ.)
10. *The main results of the agricultural micro-census of 2021*. Statistical collection. Moscow: Information and publishing center “Statistics of Russia”. 2022. 420 p. (In Russ.)

11. Pashuta A. O. Scientific bases of increase of efficiency of the land relations in agriculture. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2018; 3 (36): 36–43. (In Russ.)
12. Govorunova T. V., Rodionova I. A., Dolmatov I. V., Kireeva E. S. Enhancing the effectiveness of land resources management on the basis of public-private partnership. *The Agrarian Scientific Journal*. 2018; 7: 73–79. (In Russ.)
13. Rodionova I. A. Dudnikova E. B., Borodastova E. V. Sustainable development of agriculture based on organic farming. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022; 101: 61–66. (In Russ.)
14. Tomilin K. V. Formation of an organizational and economic mechanism for the development of land relations in agriculture in the region. Voronezh: “DIAMAT” LLC, 2022. 158 p. (In Russ.)
15. Uzun V. Ya. Restriction of the size of subsidies to one agricultural producer: need, mechanisms, consequences. *AIC: Economics, Management*. 2017; 11: 12–31. (In Russ.)
16. Uzun V. Ya., Shagayda N. I., Gataulina E. A., Shishkina E. A. *Holdingization of agribusiness in Russia*. Moscow: Publishing house “Delo” of RANEPА, 2022. 344 p.

Authors' information:

Ryashit R. Khametov, postgraduate of the department of economics of the agro-industrial complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia; ORCID 0009-0000-0747-4311, AuthorID 1233228. *E-mail: ryaschitkhametovhrr@mail.ru*

Irina A. Rodionova, doctor of economic sciences, associate professor, head of the department of economics of the agro-industrial complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia; ORCID 0000-0003-0902-4837, AuthorID 645771. *E-mail: rodionov56@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. Liebkecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

В. С. Кухарь – кандидат экономических наук, шеф-редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

V. S. Kukhar – candidate of economic sciences, chief editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Издательский Дом «Ажур».

620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, д. 54.

Дата выхода в свет: 10.11.2024 г. Усл. печ. л. 21,0. Авт. л. 16,8.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.



**ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ
(ВАК)**

При Министерстве образования и науки



**Food and Agriculture Organization
of the United Nations**



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

