



Уральский государственный  
аграрный университет

# АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN  
OF THE URALS**

**2023**

**T. 23, № 09**

**Vol. 23, No. 09**

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

**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 ГАУ (Екатеринбург, Россия)

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

**Члены редакционной коллегии**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**В. С. Мымрин**, ОАО «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. Самodelкин**, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)

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

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

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

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

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

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

**Editorial board**

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

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

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

**Editorial Team**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Bauyrzhan S. Yessengeldin**, Pavlodar Pedagogical University Republic of Kazakhstan

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Содержание

**Агротехнологии**

*Х. Т. Дзедаев, И. О. Газданова, Б. В. Бекмурзов* 2  
Биологическая борьба с фитофторозом картофеля,  
вызываемым *Phytophthora infestans*

*М. Ю. Карпукхин, Л. Н. Тымченко* 11  
Разработка элементов технологии возделывания  
малораспространенных видов многолетних луков  
на Среднем Урале

*А. С. Кузнецова, М. Г. Ерунова,  
О. Э. Якубайлик* 29  
Обеспечение оперативного мониторинга  
сельскохозяйственных посевов  
спутниковыми данными

*А. М. Ленточкин* 41  
Слагаемые продуктивности сортов  
яровой пшеницы

*З. Е. Ожерельева, А. А. Гуляева,  
А. А. Галькова* 52  
Изучение зимостойкости абрикоса  
в контролируемых условиях

**Биология и биотехнологии**

*К. В. Лавриненко* 65  
Использование подкислителей и бутиратов  
в составе рационов – путь к реализации  
биоресурсного потенциала цыплят-бройлеров

*С. В. Лебедев, О. В. Шошина, Б. С. Нуржанов,  
Н. М. Ширнина, Е. В. Шейда* 76  
Пиколинат хрома и его действие  
на метаболические процессы, а также  
продуктивность бычков мясного типа

*Л. Р. Михайлова, А. Ю. Лаврентьев* 87  
Отечественный ферментный препарат  
в комбикормах для молодняка свиней на откорме

*Л. Л. Седельникова* 97  
Биологически активные вещества в цветках  
и листьях сортов сибирских ирисов

**Экономика**

*Л. А. Калинина, С. В. Труфанова* 108  
Роль аграрного образования в повышении  
устойчивости развития сельских территорий

*Е. Н. Криулина, Л. Р. Оганян, К. А. Катков* 119  
Индексный подход к сравнительной оценке  
устойчивости сельского хозяйства субъекта  
федерального округа

*Л. Б. Медведева, О. Н. Гончаренко* 130  
Состояние и тенденции развития  
личных подсобных хозяйств региона

*А. Н. Семин, О. А. Рушчичкая,  
Р. У. Гусманов, Е. В. Стомба* 138  
Комплексная оценка продовольственного  
обеспечения населения Республики Башкортостан  
в условиях новых системных вызовов

Contents

**Agrotechnologies**

*Kh. T. Dzedaev, I. O. Gazdanova, B. V. Bekmurzov*  
Biological control  
of *Phytophthora infestans* in potatoes

*M. Yu. Karpukhin, L. N. Tymchenko*  
Development of technology elements  
for the cultivation of rare species  
of perennial onions in the Central Urals

*A. S. Kuznetsova, M. G. Erunova,  
O. E. Yakubaylik*  
Provision of operational monitoring  
of agricultural crops with satellite data

*A. M. Lentochkin*  
Productivity components  
of spring wheat varieties

*Z. E. Ozherelieva, A. A. Gulyaeva,  
A. A. Galkova*  
Study of apricot winter hardiness  
under controlled conditions

**Biology and biotechnologies**

*K. V. Lavrinenko*  
The use of acidulants and butyrates  
in diets is a way to realize  
the bioresource potential of broiler chickens

*S. V. Lebedev, O. V. Shoshina, B. S. Nurzhanov,  
N. M. Shirmina, E. V. Sheyda*  
The effect of chromium picolinate  
on the metabolism in the body  
and the productive qualities of young cattle

*L. R. Mikhaylova, A. Yu. Lavrentyev*  
Domestic enzyme preparation  
in compound feeds for young pigs on fattening

*L. L. Sedelnikova*  
Biologically active substances  
in flowers and leaves of Siberian irises

**Economy**

*L. A. Kalinina, S. V. Trufanova*  
The role of agrarian education in increasing  
the sustainable development of rural territories

*E. N. Kriulina, L. R. Oganyan, K. A. Katkov*  
Index approach to comparative assessment  
of agricultural sustainability  
of the subject of the federal district

*L. B. Medvedeva, O. N. Goncharenko*  
The state and development trends  
of personal subsidiary farms in the region

*A. N. Semin, O. A. Rushchitskaya,  
R. U. Gusmanov, E. V. Stovba*  
Comprehensive assessment of the food supply  
of the population of the Republic of Bashkortostan  
in the context of new systemic challenges



## Биологическая борьба с фитофторозом картофеля, вызываемым *Phytophthora infestans*

Х. Т. Дзедаев<sup>1</sup>✉, И. О. Газданова<sup>1</sup>, Б. В. Бекмурзов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия

✉ E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

**Аннотация.** Фитофтороз картофеля, вызываемый *Phytophthora infestans*, представляет собой серьезное заболевание картофеля и распространен во всех картофелеводческих районах России. Успешное выращивание картофеля требует от агронома высокого уровня знаний и навыков. Чтобы избежать потерь урожая и качества, ежегодно проводится в среднем 7–8 обработок фунгицидами против этого заболевания. Обработка клубней химическими веществами эффективна для снижения инфекций, передающихся через клубни, но использование химических веществ опасно, вредно для полезных микроорганизмов. Кроме того, зараженные клубни нельзя хранить, так как они гниют. Если с заражением не бороться, существует риск полной гибели урожая. Было вложено много средств в исследование и селекцию, однако фитофтороз по-прежнему остается самым важным заболеванием при выращивании картофеля. С другой стороны, в сельском хозяйстве с ним борются с помощью комплексной стратегии, которая также включает широкий спектр культурных и профилактических мер, таких как биологический метод. Упомянутый биологический метод использует специальные микроорганизмы, которые характеризуются сильной антагонистической реакцией по отношению к конкретным патогенам. **Научная новизна** заключается в том, что биологические препараты показали отличные полевые показатели против фитофтороза в предгорной зоне РСО-Алания. **Цель исследования** заключалась в том, чтобы проверить, подходит ли метод биологической защиты против *Phytophthora infestans* в Предгорной зоне РСО-Алания. **В задачи** входило получение данных о влиянии протравливания клубней и опрыскивание растений биопрепаратами на зараженность фитофторозом период вегетации. Исследования проводили по **методикам**, принятым в картофелеводстве по рекомендациям ВНИИКХ, ВИР и ВИЗР. **Результаты** полевых экспериментов показывают, что за все годы исследований биопрепараты значительно снизили зараженность клубней фитофторозом. Биопрепарат «БисолбиСан», который использовался четыре раза в течение вегетационного периода для маринования клубней и полива растений, показал наилучший защитный эффект от фитофтороза по сравнению с другими лекарственными средствами.

**Ключевые слова:** *Phytophthora infestans*, биологический контроль, фитофтороз, картофель, биопрепараты, *Bacillus subtilis*.

**Для цитирования:** Дзедаев Х. Т., Газданова И. О., Бекмурзов Б. В. Биологическая борьба с фитофторозом картофеля, вызываемым *Phytophthora infestans* // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10.

**Дата поступления:** 03.03.2023, **дата рецензирования:** 27.04.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.

## Biological control of *Phytophthora infestans* in potatoes

Kh. T. Dzedaev<sup>1</sup>✉, I. O. Gazdanova<sup>1</sup>, B. V. Bekmurzov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia

✉ E-Mail: Dzedaev.kh@mail.ru

**Abstract.** Potato late blight caused by *Phytophthora infestans* is a serious disease of potatoes (*Solanum tuberosum*) and is a common disease in all potato growing regions of Russia. However, successful cultivation of potatoes re-

quires a high level of knowledge and skills from the agronomist. To avoid losses in yield and quality, an average of seven to eight fungicide treatments against this disease are carried out annually. It costs time and money and pollutes the environment. In traditional cultivation, the disease is controlled with the costly application of chemical pesticides. Treatment of tubers with chemicals is effective in reducing tuber-borne infections, but the use of chemicals is dangerous, harmful to beneficial microorganisms, and expensive. In addition, infected tubers should not be stored as they will rot. If the infection is not dealt with, there is a risk of complete loss of the crop. A lot of money has been invested in research and breeding, however, late blight is still the most important disease in potato cultivation. If in some years or regions the disease manifests itself slowly and not very aggressively, in other regions it causes significant crop losses. On the other hand, in agriculture, it is controlled with a comprehensive control strategy, which also includes a wide range of cultural and preventive measures, such as the biological method. Among the various methods in the protection of plants from diseases, the biological method is currently an important share. The mentioned biological method among the means uses special microorganisms, which are characterized by a strong antagonistic reaction in relation to specific pathogens. **Scientific novelty** lies in the fact that biological preparations showed excellent field performance against late blight in the foothill zone of North Ossetia-Alania. **The aim of the study** was to test whether the biological defense method against *Phytophthora infestans* is suitable in the Piedmont zone of the Republic RNO-Alania. **Researches** were carried out according to the methods accepted in potato breeding according to the recommendations of the All-Russian Institute of Plant Industry, VIR and VIZR. **According to the results** obtained in field experiments show that in all years of research biopreparations significantly reduced infestation of tubers of *phytophthora infestans*. Biopreparation “BisolbiSan”, which was used for tubers dressing and spraying of plants four times during the growing season, showed the best protective effect against *phytophthora infestans* in comparison with other preparations.

**Keywords:** *phytophthora infestans*, biological control, *phytophthorosis*, potato, biopreparations, *Bacillus subtilis*.

**For citation:** Dzedayev Kh. T., Gazdanova I. O., Bekmurzov B. V. Biologicheskaya bor'ba s fitoforozom kartofelya, vyzyvaemym *Phytophthora infestans* [Biological control of *Phytophthora infestans* in potatoes] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 03.03.2023, **date of review:** 27.04.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Картофель (*Solanum tuberosum L.*) является важной продовольственной культурой. Основными препятствиями для производства картофеля в стране являются заболеваемость, а также отсутствие сертифицированных здоровых от болезней семян. Фитофтороз (*Phytophthora infestans*) – одна из наиболее серьезных передающихся через семена болезней при производстве картофеля во всем мире. Фитофтороз картофеля, вызываемый оомицетным грибом *Phytophthora infestans (Mont.) de Bary*, является самым разрушительным заболеванием картофеля и вызывает огромные потери урожая [1, с. 33; 3, с. 15]. Инфекция фитофтороза начинается с заражения растущих материнских клубней. При высокой влажности и температуре от 18 до 23 °C начинается полет спор, которые заражают листья соседних растений. Фитофтороз можно распознать по желтовато-темно-зеленым, позже шоколадно-коричневым пятнам на листьях или стебле. При высокой влажности (утренние/вечерние часы) пятна на нижней стороне листа отграничиваются от здоровой ткани белой плесневой дерниной [10, с. 698]. Заражение клубней происходит главным образом во время и после уборки путем заражения мазков либо спорами в почвенном потоке, с поврежденными или неочищенными клубнями, либо зараженными клубнями, соприкасающимися с поврежденными

ми клубнями. Реже заражение происходит во время вегетационного периода. Затем споры смываются с листьев дождевой водой и попадают в почву, где проникают в клубни через незакрытую кожуру [18, с. 375; 19, с. 356]. Бурые гнилые клубни можно узнать по свинцово-серым, слегка впалым пятнам на внешней стороне. При высокой влажности почвы споруляция также возможна на непосредственно зараженных клубнях. Теперь споры могут заражать побеги соседних материнских клубней через почвенную воду. Появившиеся растения затем проявляют симптомы заражения на стебле. Особенно в случае быстрого развития эпидемии может наблюдаться значительное снижение урожайности клубней, а также снижение содержания крахмала в картофеле [15, с. 562].

Последствия фитофтороза для продовольственной безопасности существенны, поскольку смертельная инфекционная болезнь может снизить урожайность до 80 %. Потери урожая, связанные с появлением фитофтороза, происходят в результате преждевременной потери фотосинтетической активной поверхности листьев, снижая образование важных ассимилянтов, тем самым уменьшая накопления крахмала и рост клубней. Кроме того, инфекции клубней могут привести к потерям при хранении или снижению качества семенного картофеля [16, с. 49]. При высокой влажности и силь-

ных ночных и дневных температурах явления в виде частых туманов происходят почти каждый год в июле и августе [7, с. 163]. В России это заболевание встречается во всех картофелеводческих регионах страны, и без химической защиты урожай в основной сезон дождей получить крайне сложно [6, с. 311]. Пищевой картофель по ГОСТ 7176-85 не допускает наличия клубней, пораженных фитофторозом, в массовой доле клубней; исключением может быть согласование с торговыми организациями, где пораженность клубней не должна превышать 2 % [13, с. 2]. Однако чрезмерное применение химических фунгицидов приводит к ряду негативных последствий, в том числе к ухудшению качества урожая картофеля [8, с. 249; 9, с. 1481]. Решению этих проблем может способствовать использование натуральных препаратов, стимулирующих рост и развитие растений в процессе выращивания. Поэтому все большее внимание уделяется биопрепаратам как новым сельскохозяйственным технологиям для защиты и повышения урожайности [4, с. 45; 5, с. 60]. Биопрепараты могут использовать в качестве раствора для семян, повышая всхожесть и снижая зараженность семян патогенными возбудителями [10, с. 698; 11, с. 202].

Применение биологических препаратов позволяет исключить или уменьшить количество химических средств защиты растений, улучшить качество сырья, особенно используемого для экологического производства продуктов питания, защитить окружающую среду благодаря меньшему взаимодействию указанных средств и более легкому биоразножению в окружающей среде [12, с. 76; 13, с. 2]. Биологизация сельского хозяйства в дополнение к различным методам восстановления и поддержания плодородия обеспечивает снижение пестицидной нагрузки. Сельскохозяйственные системы должны быть ориентированы на широкое использование биологических методов и средств для воспроизводства плодородия почвы и защиты сельскохозяйственных культур. Почвенное подавление – это сочетание биологических, физико-химических и агрохимических свойств почвы, которые ограничивают выживание почвенных фитопатогенов и обогащают их полезными микробами [9, с. 1481].

Цель данного исследования состояла в том, чтобы заложить основу для разработки биологических методов защиты картофеля от *Phytophthora infestans* с применением биологических препаратов «БисолбиСан», «Альбит» и «Бактофит» в предгорной зоне Республики Северная Осетия – Алания.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Полевой эксперимент проводили три года подряд (2020–2022 гг.) в течение основного сезона дождей для разработки интегрированных вариантов борьбы с фитофторозом картофеля в Пригород-

ном районе Республики Северная Осетия – Алания. Район расположен на 43°05'58" с. ш. 44°37'59" в. д., годовая сумма осадков 600–700 мм, среднегодовая температура 15,5 °С. Высота – 605 м над уровнем моря. Предгорная зона Республики Северная Осетия – Алания относительно увлажненная, умеренно жаркая, с гидротермическим коэффициентом 1,5.

Опытное поле расположено в предгорной зоне Республики Северная Осетия – Алания. Среднегодовая температура составляет 6,3 °С, средняя многолетняя сумма положительных температур за год – 3345 °С.

Количество дней с температурой выше 0 °С составляет 234, с температурой воздуха 5 °С и выше составляет 228 дней, а сумма отрицательных температур – 3165 °С. Начало эксперимента было начато на выщелоченном черноземе с pH 0–6,1. В период исследования использовался среднеранний сорт картофеля Фарн. Обработка почвы, культивация и внесение удобрений проводились в соответствии с рекомендациями надлежащей агротехнологии [17, с. 329]. Все учеты и наблюдения проводили по методикам, принятым в картофелеводстве по рекомендациям ВНИИКХ, ВИР и ВИЗР. Исследования по изучению эффективности биологических препаратов были проведены согласно «Методике исследований по культуре картофеля» (1987 г.).

Объектом изучения в проведенных исследованиях является сорт местной селекции Горского государственного аграрного университета (ФГБОУ ВО «Горский ГАУ», г. Владикавказ) Фарн. Исследования проводились в учебно-опытном поле ВНЦ РАН, Пригородного района Республики Северная Осетия – Алания в 2020–2022 гг.

Характеристика сорта Фарн: среднеранний, столового назначения. Растение средней высоты, прямостоячее. Лист среднего размера, открытого типа. Венчик среднего размера, белого цвета. Антоциановая окраска внутренней стороны венчика отсутствует. Урожайность 48–53 т/га. Клубень округло-овальный, слегка приплюснутый, с мелкими глазками. Кожура с едва заметной розовой окраской. Мякоть белая. Масса товарного клубня 80–100 г. Содержание крахмала 15–16 %. Вкус отличный. Товарность 90–98 %. Лежкость отличная. Устойчивость к раку картофеля и к золотистой картофельной нематоде. Отзывчивость на минеральные и органические удобрения.

При рассмотрении болезней растений в соответствии с разработанной шкалой тип заболевания и степень повреждения в образце определялись по шкале Рихтера (таблица 1).

В процентном соотношении определяли распространенность болезнями и вычисляли их по формуле:

$$P = a \cdot 100 / N,$$

Таблица 1

## Оценка ботвы картофеля по фитофторе (полевая устойчивость по шкале Рихтера)

Балл	Степень устойчивости	Фитофторозные пятна
9	Очень высокая	Отсутствуют
8	Высокая	Единичные пятна на отдельных листьях
7	Относительная высокая	Поражено до 25 % листьев куста
5	Средняя	Поражено от 25 до 50 % листьев
3	Низкая	Поражено более 50 % листьев куста
1	Очень низкая	Все листья куста полностью поражены

Table 1

## Evaluation of potato tops by phytophthora (field resistance on the Richter scale)

Score	Degree of stability	Phytophthora spots
9	Very high	Missing
8	High	Single spots on individual leaves
7	Relative high	Affected up to 25 % of the leaves of the bush
5	Medium	25 to 50 % of leaves affected
3	Low	More than 50 % of the leaves of the bush are affected
1	Very low	All leaves of the bush are completely affected

Таблица 2

## Схема опыта по испытанию биопрепаратов «БисолбиСан», «Альбит» и «Бактофит» в полевом опыте

Срок применения препарата, норма расхода препарата вегетирующих растений, 1 га						
Варианты опыта	Клубни перед посадкой, 05.05	Полные всходы, 14.06	Смыкание ботвы в рядах и через 10–12 дней	Бутонизация, 27.06	Цветение	
					Начало, 01.07	Конец, 12.07
Контроль	–	–	–	–	–	–
БисолбиСан	3 г/л	4 г/л,	Ридомил Голд, 2.5 кг	4 г/л	–	4 г/л
Альбит	0,5 л/т	0,5 л/т		0,5 л/т	–	0,5 л/т
Бактофит	5 г/л	10 г/л		10 г/л	–	10 г/л

Table 2

## Schematic of the experiment for testing biological preparations "BisolbiSan", "Al'bit" and "Baktofit" in a field experiment

The period of application of the drug, the consumption rate of the drug vegetative plants, 1 ha						
Experience options	Tubers before planting, 05.05	Full shoots, 14.06	Closing tops in rows and after 10–12 days	Budding, 27.06	Bloom	
					Start, 01.07	End, 12.07
Control	–	–	–	–	–	–
BisolbiSan	3 g/l	4 g/l,	Ridomil Gold, 2.5 kg	4 g/l	–	4 g/l
Al'bit	0.5 l/t	0.5 l/t		0.5 g/l	–	0.5 l/t
Baktofit	5 g/l	10 g/l		10 g/l	–	10 g/l

где  $P$  – распространенность болезни (количество больных растений, %);

$a$  – число больных растений в пробах, шт.;

$N$  – общее количество растений в пробах, шт.

Посадка картофеля проводилась 5 мая, а уборка – с 27 августа. Технология возделывания картофеля традиционная для Северного Кавказа. Агрометеорологические условия в целом были благоприятными для формирования урожая.

Схема проведения полевых испытаний препаративных форм в период вегетации картофеля представлена в таблице 2.

Способ расположения делянок рендомизированный с общей площадью 28 м<sup>2</sup> и учетной 25 м<sup>2</sup>. При

каждом повторении производились необходимые наблюдения и записи на 20 постоянных растениях картофеля.

Варианты опыта изучали на общем фоне минерального удобрения: (N:P:K – 90:90:90). Посадка картофеля проводилась в предварительно срезанные гряды, схема посадки 75 × 30 см. Сельскохозяйственная техника на опытном поле общепринятая для региона с нормой посадки 44 000 клубней с 1 га. Датой посадки считается начало и массовые всходы. Начало и массовое цветение, начало увядания ботвы, начало фазы учитывается, когда 25 % растений достигают развития этой фазы, и полное, когда 75 % вступают в эту фазу.



Таблица 3  
Количество осадков, температура воздуха в период вегетации картофеля в предгорной зоне РСО-Алания, 2020–2022 гг.

Месяц	Количество осадков (мм)			Температура воздуха (°C)		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Апрель	59,7	54,8	90,0	12,2	8,8	11,2
Май	81,2	82,3	48,5	14,8	13,9	15,4
Июнь	60,6	55,7	56,2	16,7	16,8	19,3
Июль	76,6	75,8	69,8	21,3	19,6	21,5
Август	84,0	57,9	43,6	20,2	21,6	19,6
Сентябрь	89,0	89,4	88,3	14,7	15,7	15,7
Всего	451,1	415,9	396,4	99,9	96,4	102,7

Table 3  
Amount of precipitation, air temperature during the growing season of potatoes in the foothill zone of North Ossetia-Alania, 2020–2022

Month	Amount of precipitation (mm)			Air temperature (°C)		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
April	59.7	54.8	90.0	12.2	8.8	11.2
May	81.2	82.3	48.5	14.8	13.9	15.4
June	60.6	55.7	56.2	16.7	16.8	19.3
July	76.6	75.8	69.8	21.3	19.6	21.5
August	84.0	57.9	43.6	20.2	21.6	19.6
September	89.0	89.4	88.3	14.7	15.7	15.7
Total	451.1	415.9	396.4	99.9	96.4	102.7

Состояние клубней на предмет заражения фитофторозом оценивалось непосредственно после сбора урожая (по 100 клубней с каждой делянки).

В таблице 3 показаны метеорологические условия во время вегетационного периода в течение трех лет исследования (2020–2022 гг.).

Метеорологические условия в годы исследований были разнообразными. Наименее благоприятное распределение осадков зафиксировано в 2022 г. (таблица 3). Весна 2022 г. (за исключением первой декады мая) была немного теплее, средняя температура мая за три года составила 14,7 °C. График осадков был очень изменчив в течение вегетационного периода в 2020–2022 гг. С мая по август в 2020 г. сумма осадков составила 302,4 мм, а в 2021 г. – 271,4 мм соответственно. Однако в 2022 г. сумма осадков была наименьшей и в аналогичный период этого года составила 218,1 мм. Наименьшее количество осадков было отмечено в мае 2022 г. – 48,5 мм.

#### Результаты (Results)

В 2020–2022 гг. на картофеле сорта Фарн проводилось изучение эффективности влияния биологических препаратов на устойчивость к фитофторозу. Величина заражения фитофторозом была различной в течение трех лет исследования. В первый год анализа наибольшая зараженность клубней *Phytophthora infestans* наблюдалась в контрольном варианте (24,3 %), а наименьшая – в варианте, где клубни были протравлены, а растения опрысканы четыре раза биопрепаратом «БисолбиСан» (15,0 %). Средняя степень заражения клубней составила 1,8 и 2,6 % соответственно (таблица 4).

На второй год исследований было отмечено увеличение пропорционального заражения клубней фитофторозом в контрольной комбинации на 25,4 %. По-видимому, это связано с относительно наибольшим количеством осадков в мае – июле 2021 г. В этом году картофель оказался наиболее эффективным против фитофтороза: заражено было 11,3 % проанализированных клубней. На третий год исследования в контрольной комбинации наблюдалось снижение заболеваемости фитофторозом на 22,5 %. Наименьшая доля клубней с симптомами фитофтороза наблюдалась в комбинации, где был протравлен картофель, а растения четыре раза опрысканы биопрепаратом «БисолбиСан» (12,1 %). Результаты трехлетних исследований показали, что применение органических препаратов в качестве профилактических мер позволяет сдерживать развитие фитофтороза на ранних стадиях его возникновения. Аналогичные результаты были получены соавтором в предыдущей исследовательской работе [12, с. 76]. Доказано, что биопрепараты с органической активностью не только подавляют развитие патогенных микроорганизмов, но и повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам, а также сильно стимулируют ростовую активность и антистрессовую активность [5, с. 59; 19, с. 357].

Основной характеристикой эффективности новых агроприемов, применяемых при культивировании картофеля, в том числе в виде и использования новых биопрепаратов, является урожайность. Результаты учета структуры и урожайности сортов картофеля при использовании биопрепаратов представлены в таблице 5.



Таблица 4

Влияние испытанных биопрепаратов на зараженность клубней картофеля *Phytophthora infestans*

Варианты опыта	% , зараженных клубней			Среднее	Средняя степень заражения по шкале от 1 до 9			Среднее
	Год				Год			
	2020	2021	2022		2020	2021	2022	
Контроль	24,3	26,4	22,6	24,4	2,6	2,5	2,6	2,6
БисолбиСан	15,0	12,6	12,3	13,3	1,9	1,8	1,8	1,9
Альбит	15,9	11,1	14,4	13,8	2,2	2,0	1,9	2,0
Бактофит	16,5	15,3	13,1	15,0	2,0	1,8	1,6	1,8

Table 4

Effect of tested biological preparations on infestation of potato tubers with *Phytophthora infestans*

Experience options	%, of infected tubers			Average	The average degree of infection on a scale from 1 to 9			Average
	Year				Year			
	2020	2021	2022		2020	2021	2022	
Control	24.3	25.4	22.5	24.4	2.6	2.5	2.6	2.6
BisolbiSun	15.0	12.6	12.1	13.2	1.9	1.8	1.8	1.9
Al'bit	15.9	11.3	14.4	13.8	2.2	2.0	1.9	2.0
Baktofit	16.5	15.3	13.1	15.0	2.0	1.8	1.6	1.8

Таблица 5

## Влияние биопрепаратов «БисолбиСан», «Альбит» и «Бактофит» на урожайность и содержание нитратов в клубне картофеля сорта Фарн

Варианты опыта	Урожайность, г/куст	Масса клубней с 1 куста, г			Число клубней с 1 куста			Нитраты, мг/кг
		< 80	50–80	> 50	< 80	50–80	> 50	
Контроль	477,2	84,6	107,5	285,1	0,8	1,4	5,8	200,0
БисобилСан	584,4	233,7	142,1	208,6	2,3	2,1	4,3	173,0
Альбит	564,0	167,5	138,9	257,6	1,5	1,9	5,4	188,0
Бактофит	521,9	144,8	124,4	252,7	1,5	1,8	5,4	191,0

Table 5

## Influence of BisolbiSan, Albit and Baktofit biological preparations on the yield and nitrate content in the potato tuber of the Farn variety.

Experience options	Productivity, g/bush	Weight of tubers from 1 bush, g			The number of tubers from 1 bush			Nitrates, mg/kg
		< 80	50–80	> 50	< 80	50–80	> 50	
Control	477.2	84.6	107.5	285.1	0.8	1.4	5.8	200.0
BisolbiSan	584.4	233.7	142.1	208.6	2.3	2.1	4.3	173.0
Al'bit	564.0	167.5	138.9	257.6	1.5	1.9	5.4	188.0
Baktofit	521.9	144.8	124.4	252.7	1.5	1.8	5.4	191.0

Приобретенные экспериментальные данные показывают, что в эксперименте все варианты использования органических продуктов оказались более продуктивными по сравнению с контрольным вариантом. При использовании биопрепаратов более предпочтительные результаты демонстрировал «БисолбиСан» (584,4 г/куст). Ему незначительно уступал «Альбит» (564,0 г/куст). Наименьший результат отмечен при использовании биопрепарата «Бактофит» (521,9 г/куст), что тем не менее превышает контроль на 9,2 %, в контрольном варианте урожайность составила 477,8 г/куст.

Максимальное превышение уровня продуктивности контроля при использовании биопрепаратов составляет 41,9 %, что обуславливает необходи-

мость применения данного типа препаратов при культивировании картофеля сорта Фарн.

Биологическая ценность картофеля зависит от содержания и соотношения в клубнях не только полезных, но и вредных веществ. К последним относятся остатки пестицидов и нитратов. Помимо положительного воздействия на урожайность и качество продукции, использование органических продуктов может иметь и негативные последствия. Нитриты в организме человека могут подвергаться метаболическим процессам, приводящим к образованию токсичных веществ: например, метгемоглобина, блокирующего транспорт кислорода в крови, канцерогенных азотно-нитросоединений – нитрозаминов [1, с. 28; 13, с. 9].

Поэтому содержание нитратов в клубнях картофеля не должно превышать предельно допустимых концентраций. В настоящее время максимально допустимая концентрация составляет 300 мг/кг для промышленного картофеля. В нашем исследовании содержание нитратов было ниже ПДК во всех вариантах. Эффект от биопрепаратов был другим. Наименьшее содержание нитратов в картофеле сорта Фарн наблюдалось в варианте биопрепарата «БисолбиСан» – 173 мг/кг, «Альбит» – 188 мг/кг, «Бактофит» – 191 мг/кг. Содержание нитратов в контрольной группе составляло 200 мг/кг в каждой.

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

1. Результаты трехлетних полевых испытаний свидетельствуют о благоприятном эффекте при протравливании клубней, а также при четырехкратном опрыскивании растений пробными препаратами для заражения клубней фитофторозом. Статистический анализ показывает, что за весь экспериментальный период как доля инфицированных клубней, так и средний уровень заражения фитофторозом были значительно ниже, чем при комбинированном контроле, при котором использование биологических препаратов было эффективным.

2. Среди рассматриваемых биологических препаратов наилучший защитный эффект показал био-препарат «БисолбиСан», применяемый в виде протравливания клубней и опрыскивания растений. Средний процент пораженных клубней составил 13,2 %, а степень заражения – в среднем 1,9 % за три года исследований.

3. Аналогичная реакция наблюдалась в комбинации, где «Альбит» и «Бактофит» использовались для протравливания клубней и опрыскивания растений четыре раза.

4. Таким образом, использование местных органических препаратов на картофеле в качестве профилактической меры позволяет, прежде всего, защитить от появления фитофтороза за счет получения более экологически чистых продуктов и снижения химического воздействия, связанного с использованием химических фунгицидов.

5. Как показали результаты исследования, для сохранения растений в условиях интенсивного развития фитофтороза достаточно провести 3–4 обработки биологическими фунгицидами. Это также позволяет сократить количество процедур с использованием дорогостоящих химикатов.

#### **Библиографический список**

1. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 9 (87). Ч. 2. С. 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031.
2. Жевора С. В. Применение регуляторов роста и орошения на картофеле в регионах с неустойчивым увлажнением // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротехнологии и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373.
3. Моляк А. А., Борисова Н. П., Марухленко А. В., Белоус Н. М., Ториков В. Е. Стимуляторы роста и фунгициды при возделывании и хранении картофеля // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 15–19.
4. Васильева В., Зейрук В., Деревягина К., Белов Л., Барков А. Эффективность применения регуляторов роста растений на картофеле // Агротехнологии. 2019. № 7. С. 45–47. DOI: 10.1134/S0002188119070135.
5. Сердеров В. К., Караев М. К., Атамов Б. К. Возделывание сортов картофеля для промышленной переработки // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 3. С. 59–61. DOI: 10.30850/vrsn/2020/3/59-61.
6. Goutam U., Thakur K., Salaria N., Kukreja S. Recent Approaches for Late Blight Disease Management of Potato Caused by *Phytophthora infestans* // Fungi and their Role in Sustainable Development: Current Perspectives. Springer, Singapore. 2018. Pp. 311–325.
7. Dekker J. The fungicide resistance problem: current status and the role of systemics // Pesticide Interactions in Crop Production: Beneficial and Deleterious Effects. Springer, Malaysia. 2018. Pp. 163–164. DOI: 10.1007/978-3-319-27455-3.
8. Carillo P., Colla G., El-Nakhel C., Bonini P., D'Amelia L., Dell'Aversana E., Dell'Aversana E. Biostimulant Application with a Tropical Plant Extract Enhances *Corchorus olitorius* Adaptation to SubOptimal Nutrient Regimens by Improving Physiological Parameters // Agronomy. 2019. No. 9. Pp. 9–11. DOI: 10.3390/agronomy9050249.
9. Uromova I. P., Kuposova N. N., Dabahova E. V., Shtyrlina O. V., Shtyrlin D. A. Brassinosteroids as a factor of photosynthetic activity increase of improved potatoes biosci // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12. No. 2. Pp. 1481–1485.
10. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants application: a low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables // Biomolecules. 2021. Vol. 11 (5). Article number 698. DOI: 10.3390/biom11050698.

11. Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I., Sikorska A. Changes in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants // *Plant, Soil and Environment*. 2021. No. 67. Pp. 202–207. DOI: 10.17221/622/2020-PSE.
12. Газданова И. О., Дзедаев Х. Т., Моргоев Т. А. Биологическая защита картофеля в Республике Северная Осетия-Алания // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 1 (178). С. 76–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82.
13. Гериева Ф. Т., Газданова И. О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 3 (206). С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9.
14. Деревягина М. К., Белов Г. Л., Васильева С. В., Зейрук В. Н. Влияние различной пестицидной нагрузки на развитие фитофтороза и альтернариоза картофеля в центральном регионе России // *Аграрный научный журнал*. 2022. № 9. С. 18–23.
15. Basiev S. S., Bekmurzov A. D., Bekuzarova S. A., Dulaev T. A., Sokolova L. B., Bolieva Z. A., Datieva M. Ch., Khodova L. D. Phytoinsecticides to fight against colorado beetle // *International Scientific and Practical Conference “AgroSMART Smart Solutions for Agriculture”*. Series “KnE Life Sciences”. Tyumen, 2019. Pp. 562–569. DOI:10.18502/ks.v4i14.5643.
16. Кожевников И. С. Влияние фунгицидов на развитие фитофтороза картофеля // *Студенческая наука и XXI век*. 2020. Т. 17. № 2-1 (20). С. 49–51.
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. Общая часть. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2019. 329 с.
18. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality // *Plant, Soil and Environment*. 2022. No. 8 (68). Pp. 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
19. Huang G., Liu Z., Gu B., Zhao H., Jia J., Fan G. et al. An RXLR effector secreted by *Phytophthora parasitica* is a virulence factor and triggers cell death in various plants // *Molecular Plant Pathology*. 2019. No. 20. Pp. 356–371. DOI: 10.1111/mpp.12760.

#### Об авторах:

Хетаг Тотразович Дзедаев<sup>1</sup>, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, ORCID 0000-0001-5688-9564, AuthorID 1095112; +7 919 421-10-06, [Dzedaev.kh@mail.ru](mailto:Dzedaev.kh@mail.ru)

Ирина Олеговна Газданова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581; +7 909 473-98-08, [Gazdanovaira2020@gmail.com](mailto:Gazdanovaira2020@gmail.com)

Батраз Валерьевич Бекмурзов<sup>1</sup>, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943; +7 989 135-72-54

#### References

1. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. Effektivnost' deystviya biopreparatov i fungitsidov protiv bolezney rasteniy, klubney kartofelya i ikh vliyanie na urozhaynost' [The effectiveness of action of biological preparation and fungicidal agents against plant diseases, potatoes tuber and their influence on productivity of land] // *International Research Journal*. 2019. No. 9 (87). Ch. 2. Pp. 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031. (In Russian.)
2. Zhevora S. V. Primenenie regulyatorov rosta i orosheniya na kartofele v regionakh s neustoychivym uvlazhneniem [The application of growth and irrigation regulators on potatoes in regions with unstable moisture] // *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019. Vol. 14. No. 4. Pp. 362–373. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-362-373. (In Russian.)
3. Molyavko A. A., Borisova N. P., Marukhlenko A. V., Belous N. M., Torikov V. E. Stimulyatory rosta i fungitsidy pri vozdeleyvanii i khranении kartofelya [Growth stimulants and fungicides during cultivation and storage of potatoes] // *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2020. No. 2 (78). Pp. 15–19. (In Russian.)
4. Vasil'eva V., Zeyruk N., Derevyagina K., Belov L., Barkov A. Effektivnost' primeneniya regulyatorov rosta rasteniy na kartofele [Efficiency of application of plant growth regulators on potatoes] // *Agrochemistry*. 2019. No. 7. Pp. 45–47. DOI: 10.1134/S0002188119070135. (In Russian.)
5. Serderov V. K., Karaev M. K., Atamov B. K. Vozdeleyvanie sortov kartofelya dlya promyshlennoy pererabotki [Potatoes varieties cultivation for industrial processing] // *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2020. No. 3. Pp. 59–61. DOI: 10.30850/vrsn/2020/3/59-61. (In Russian.)
6. Goutam U., Thakur K., Salaria N., Kukreja S. Recent Approaches for Late Blight Disease Management of Potato Caused by *Phytophthora infestans* // *Fungi and their Role in Sustainable Development: Current Perspectives*. Springer, Singapore. 2018. Pp. 311–325.

7. Dekker J. The fungicide resistance problem: current status and the role of systemics // *Pesticide Interactions in Crop Production: Beneficial and Deleterious Effects*. Springer, Malaysia. 2018. Pp. 163–164. DOI: 10.1007/978-3-319-27455-3.
8. Carillo P., Colla G., El-Nakhel C., Bonini P., D'Amelia L., Dell'Aversana E., Dell'Aversana E. Biostimulant Application with a Tropical Plant Extract Enhances *Corchorus olitorius* Adaptation to SubOptimal Nutrient Regimens by Improving Physiological Parameters // *Agronomy*. 2019. No. 9. Pp. 9–11. DOI: 10.3390/agronomy9050249.
9. Uromova I. P., Kuposova N. N., Dabahova E. V., Shtyrlina O. V., Shtyrlin D. A. Brassinosteroids as a factor of photosynthetic activity increase of improved potatoes biosci // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 2015. Vol. 12. No. 2. Pp. 1481–1485.
10. Shahrajabian M. H., Chaski C., Polyzos N., Petropoulos S. A. Biostimulants application: a low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables // *Biomolecules*. 2021. Vol. 11 (5). Article number 698. DOI: 10.3390/biom11050698.
11. Zarzecka K., Gugała M., Mystkowska I., Sikorska A. Changes in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants // *Plant, Soil and Environment*. 2021. No. 67. Pp. 202–207. DOI: 10.17221/622/2020-PSE.
12. Gazdanova I. O., Dzedaev Kh. T., Morgoev T. A. Biologicheskaya zashchita kartofelya v Respublike Severnaya Osetiya – Alaniya [Biological protection of potatoes in the Republic of North Ossetia – Alania] // *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2022. No. 1 (178). Pp. 76–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82. (In Russian.)
13. Gerieva F. T., Gazdanova I. O. Effektivnost' primeneniya perspektivnykh biopreparatov novogo pokoleniya v usloviyah Severo-Kavkazskogo regiona [The effectiveness of promising new generation biopreparations in the North Caucasus region] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 3 (206). Pp. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9 (In Russian.)
14. Derevyagina M. K., Belov G. L., Vasilieva S. V., Zeyruk V. N. Vliyanie razlichnoy pestitsidnoy nagruzki na razvitie fitoftoroza i al'ternarioza kartofelya v tsentral'nom regione Rossii [The influence of various pesticide loads on the development of late blight and potato alternariosis in the Central region of Russia.] // *Agrarian Scientific Journal*. 2022. No. 9. Pp. 18–23. DOI: 10.28983/asj.y2022i9pp18-23. (In Russian.)
15. Basiev S. S., Bekmurzov A. D., Bekuzarova S. A., Dulaev T. A., Sokolova L. B., Bolieva Z. A., Datieva M. Ch., Khodova L. D. Phytoinsecticides to fight against colorado beetle // *International Scientific and Practical Conference "AgroSMART Smart Solutions for Agriculture"*. Series "KnE Life Sciences". Tyumen, 2019. Pp. 562–569. DOI:10.18502/cls.v4i14.5643.
16. Kozhevnikov I. S. Vliyanie fungitsidov na razvitie fitoftoroza kartofelya [The effect of fungicides on the development of late blight of potatoes] // *Student science and the XXI century*. 2020. Vol. 17. No. 2-1 (20). Pp. 49–51. (In Russian.)
17. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Vypusk pervyy. Obshchaya chast' [Methods of state variety testing of crops. Issue 1. General part]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo GAU, 2019. 329 p. (In Russian.)
18. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality // *Plant, Soil and Environment*. 2022. No. 8 (68). Pp. 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
19. Huang G., Liu Z., Gu B., Zhao H., Jia J., Fan G. et al. An RXLR effector secreted by *Phytophthora parasitica* is a virulence factor and triggers cell death in various plants // *Molecular Plant Pathology*. 2019. No. 20. Pp. 356–371. DOI: 10.1111/mp.12760.

#### Authors' information:

Khetag T. Dzedaev<sup>1</sup>, junior researcher at the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, ORCID 0000-0001-5688-9564, AuthorID 1095112; +7 919 421-10-06, [Dzedaev.kh@mail.ru](mailto:Dzedaev.kh@mail.ru)

Irina O. Gazdanova<sup>1</sup>, candidate of the agricultural sciences, researcher at the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581; +7 909 473-98-08, [Gazdanovaira2020@gmail.com](mailto:Gazdanovaira2020@gmail.com)

Batraz V. Bekmurzov<sup>1</sup>, junior researcher at the laboratory of molecular genetic studies of agricultural plants, ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943; +7 989 135-72-54

<sup>1</sup> Federal Scientific Center "Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Vladikavkaz, Russia



## Разработка элементов технологии возделывания малораспространенных видов многолетних луков на Среднем Урале

М. Ю. Карпухин<sup>1</sup>, Л. Н. Тымченко<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: lu1210@mail.ru

**Аннотация.** В опытах, проведенных в 2021–2022 гг. на базе учебно-опытного хозяйства Уральского государственного аграрного университета, исследовалось влияние площади питания и сроков посадки на продуктивность и биохимический состав многолетних луков. Территория Среднего Урала находится в сложной климатической зоне – с суровыми зимами и теплым летом, в связи с чем для выращивания на Среднем Урале должны подбираться растения, которые легко будут переносить капризы погоды, в том числе и зеленые культуры. Этим характеристикам соответствуют многолетние луки, которые способны давать высокие урожаи зеленых листьев даже в условиях рискованного земледелия. **Цель исследования** – изучить биологические особенности многолетних луков, а также выяснить влияние площади питания на их урожайность и биохимический состав. **Методы.** В опытах исследовали следующие факторы, влияющие на урожайность многолетних луков: длина листа, число листьев на растении, появление цветоносов, индивидуальную продуктивность растений. **Результаты.** В ходе исследования было установлено, что наибольшая урожайность отмечается у всех видов лука при выращивании с расстоянием в рядке 5 см, наибольшую индивидуальную продуктивность показали растения лука-батуна при выращивании в рядке с расстоянием между растениями 15 см и лука-слизуна с расстоянием между растениями в рядке 25 см. Кроме того, было отмечено ухудшение биохимического состава листьев всех исследуемых видов лука при посадке 2022 г. по сравнению с 2021 г. и увеличение концентрации, электропроводимости и кислотности клеточного сока в 2022 г. по сравнению с 2021 г. **Научная новизна.** Лук Ледебур – наименее изученный из представленных в исследовании видов лука, однако обладающий хорошими товарными и питательными свойствами. Ранее данный вид лука не исследовался на Среднем Урале в качестве овощного растения.

**Ключевые слова:** многолетние луки, *Allium fistulosum*, *Allium nutans*, *Allium schoenoprasum*, *Allium odorum*, *Allium ledebourianum*, площадь питания.

**Для цитирования:** Карпухин М. Ю., Тымченко Л. Н. Исследование влияния площади питания и сроков посадки на урожайность некоторых видов многолетних луков в условиях Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 11–28. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-11-28.

**Дата поступления статьи:** 24.03.2023, **дата рецензирования:** 19.04.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.

## Development of technology elements for the cultivation of rare species of perennial onions in the Central Urals

M. Yu. Karpukhin<sup>1</sup>, L. N. Tymchenko<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: lu1210@mail.ru

**Abstract.** In experiments conducted in 2021–2022. on the basis of the educational and experimental farm of the Ural State Agrarian University, studies were carried out on the influence of the feeding area and planting dates on the productivity and biochemical composition of perennial onions. The territory of the Middle Urals is located in a difficult climatic zone, with severe winters and warm summers. The weather in this area can change very quickly, and therefore, for cultivation in the Middle Urals, plants should be selected that will easily endure the

vagaries of the weather, including green crops. These characteristics correspond to perennial onions, which are able to produce high yields of green leaves even in risky farming. Good resistance to pathogens, less susceptibility to pests compared to onions, as well as a wide variety of species that differ in external characteristics and taste make perennial onions excellent plants for obtaining valuable vitamin greens. **The purpose** of the study: to study the biological characteristics of perennial onions, as well as to find out the effect of the feeding area on their yield and biochemical composition. **Methods.** In the experiments, the following factors affecting the yield of perennial onions were investigated: leaf length, number of leaves per plant, the appearance of flower stalks, individual plant productivity. **Results.** In the course of the study, it was found that the highest yield is observed in all types of onions when grown with a distance in a row of 5 cm, the highest individual productivity was shown by batun onion plants when grown in a row with a distance between plants of 15 cm and slime onion with a distance between plants in a row of 25. In addition, there was a deterioration in the biochemical composition of the leaves of all the studied types of onions when planting in 2022 compared to 2021 and an increase in the concentration, electrical conductivity and acidity of cell sap in 2022 compared to 2021. **Scientific novelty.** Ledebur onion is the least studied of the onion species presented in the study, but it has good commercial and nutritional properties. Previously, this type of onion was not studied in the Middle Urals as a vegetable plant.

**Keywords:** perennial onions, *Allium fistulosum*, *Allium nutans*, *Allium schoenoprasum*, *Allium odorum*, *Allium ledebourianum*, feeding area.

**For citation:** Karpukhin M. Yu, Tymchenko L. N. Issledovaniye vliyaniya ploshchadi pitaniya i srokov posadki na urozhaynost' nekotorykh vidov mnogoletnikh lukov v usloviyakh Srednego Urala [Research of the influence of the feeding area and planting time on the yield of some types of perennial onions in the conditions of the Central Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 11–28. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-11-28. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 24.03.2023, **date of review:** 19.04.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

#### Постановка проблемы (Introduction)

Луковые растения используются человеком в пищу с древнейших времен. Сложно переоценить их значение в повседневной жизни каждого из нас. Род *Allium* объединяет в своем составе, по некоторым данным, до 900 видов растений [1]. География распространения луковых растений очень широка, они произрастают в самых разных частях земного шара: на Крайнем Севере, в горных местностях, на побережьях [2].

Многие из видов луков подходят для получения урожая зеленых листьев, употребление в пищу которых оказывает на организм благотворное воздействие. Наиболее исследованный и распространенный на сегодняшний день – это лук репчатый (*Allium sepa*), он подходит для получения луковиц, которые могут длительно храниться в зимний период. Многолетние же виды лука, такие как батун (*Allium fistulosum*), слизун (*Allium nutans*), шнитт (*Allium schoenoprasum*), лук душистый (*Allium odorum*), лук Ледебура (*Allium ledebourianum*) и другие, более подходят для получения сочных зеленых листьев, которые могут использоваться как приправа, а также для обогащения нашего рациона витаминами и биологически активными веществами. Данные виды также имеют и другие преимущества по сравнению с репчатым луком, например, более раннее отрастание листьев, большая устойчивость поражению возбудителями болезней и вредителями, а также возможность несколько раз за сезон давать урожай.

Многолетние виды лука в нашей стране нельзя отнести к культурам, получившим значительное распространение в овощеводстве, но иногда их можно встретить на дачных участках. Однако в таких странах, как Китай, Япония, Южная Корея, для выращивания многолетних видов лука используются значительные площади, что свидетельствует о том, что данные культуры достаточно урожайны при выращивании их в промышленных масштабах и востребованы у населения [3].

Ранее многолетние луки активно исследовались учеными нашей страны, но в последние десятилетия публикаций по многолетним лукам в литературе встречается не так много. Большое внимание уделяется луку репчатому как важной продовольственной культуре, а исследованию многолетних видов придается меньше значения, хотя это относительно малотребовательные растения, способные выживать даже в очень сложных и тяжелых условиях, а соответственно, требовать меньше времени и средств на уход за ними. Соответственно, для того чтобы в нашей стране эти виды получили более широкое распространение необходимо информировать население о их пользе для организма человека и параллельно изучать их биологические особенности и совершенствовать технологии выращивания с учетом природно-климатических особенностей.

Многолетние виды лука обладают богатым биохимическим составом, который не уступает луку репчатому, а по некоторым показателям превосходит его. Эти луки содержат в своем составе та-

кие важные для организма человека витамины, как С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, Е, каротин и другие [4; 5]. Кроме того, установлено, что эфирные масла лука репчатого обладают сильным бактерицидным действием, что с успехом использовалось многими поколениями людей начиная с глубокой древности. Также следует отметить, что некоторые многолетние виды лука, такие как лук-слизун (*Allium nutans*), шнитт-лук (*Allium schoenoprasum*) могут быть использованы, как сырье для фармацевтической промышленности, т. к. содержат в своем составе стероидные гликозиды, сапонины которых используются в качестве сырья для получения стероидных гормональных препаратов [6]. Однако биохимический состав многолетних луков сильно различается, в зависимости от условий выращивания и возраста растений [7; 8]. Данный факт еще раз показывает необходимость детального изучения многолетних луков при выращивании их в конкретной местности.

В своих опытах мы использовали не только относительно распространенные виды луков на Среднем Урале, такие как батун, шнитт, слизун, но и почти не известные виды в нашем регионе – лук душистый и лук Ледебура. Все эти луки с давних времен используются для получения зелени и каждый из этих видов уникален.

Лук-батун (*Allium fistulosum*), или татарка, пожалуй, наиболее известный среди своих сородичей многолетних луков. Это один из наиболее ранних луков, который выпускает свои дудчатые листья сразу после схода снега. Растения батун крупнее, хорошо приспособленные переносить суровые русские зимы [9]. Вкус листьев у батун приятный, острый. Все растения лука-батун относятся к трем разновидностям: китайской, русской и японской. В России, конечно же, более распространена именно русская разновидность, но две другие тоже представляют немалый интерес. Однако у них есть один значительный недостаток – пониженная зимостойкость. Хотя, например, японская разновидность может выращиваться в однолетней культуре и составить конкуренцию луку-порею. При соблюдении должной агротехники (а именно окучевания) японский подвид лука-батун может образовывать длинный отбеленный ложный стебель [10].

Лук-слизун (*Allium nutans*), или лук поникающий, формирует мощный куст, состоящий из плоских листьев шириной 1–3 см. Особенность лука-слизуна состоит в том, что листья его сохраняют свои товарные качества на протяжении всего периода вегетации и даже в период цветения они остаются мягкими и сочными. Слизун обладает хорошей морозостойкостью и сопротивляемостью к неблагоприятным факторам среды [3]. Высокое содержание в листьях лука-слизуна сухих веществ обеспечивают ему после срезки достаточно дли-

тельное хранение в охлажденном виде с сохранением всех товарных качеств. Необычная форма и слабоострый вкус листьев лука-слизуна делают это растение перспективным для применения в кулинарной отрасли.

Шнитт-лук (*Allium schoenoprasum*), пожалуй, второй по распространенности вид многолетнего лука, имеет тонкие шиловидные трубчатые листья. Произрастая на одном месте несколько лет, может образовывать плотную дернину, напоминающую траву. Этот вид лука также морозостойчив и способен давать хороший урожай зелени. Прежде всего, его урожайность связана со способностью корневищ сильно ветвиться и образовывать новые луковицы [11]. За один сезон шнитт-лук может образовывать до нескольких десятков новых луковиц. К недостаткам можно отнести, то, что в период цветения листья у него становятся грубыми, но после срезки листьев и цветочных стрелок, за короткий период времени отрастают новые нежные листья [12].

Наименее изученный из представленных видов лука – это лук Ледебура (*Allium ledebourianum*), данный вид очень похож на шнитт-лук, однако его немного более жесткие листья имеют большую длину, на них есть небольшой сизый налет. Этот вид также склонен к интенсивному ветвлению, но все же в меньшей степени, чем шнитт-лук. Цветение лука Ледебура начинается позже, чем у лука-батун и шнитт-лука, в связи с чем он представляет особый интерес с точки зрения получения свежих зеленых листьев [13].

Душистый лук (*Allium odorum*), или джусай, также представляет собой уникальное растение, которое изучалось достаточно ограниченно и литературе. Он не имеет развитых луковиц и относится скорее к корневищным лукам. Его листья, так же как и у слизуна, не теряют своих качеств до конца вегетации и сохраняют мягкость и приятный вкус в период цветения, который наступает немного позже, чем у остальных, описанных видов и растут на достаточно длительное время. Листья у лука душистого плоские, но более узкие, длинные и мягкие, по сравнению с луком-слизуном. Внешне листья душистого лука похожи на травинки, а цветение его очень декоративно. Данный вид лука обладает приятным чесночным вкусом [14]. К недостаткам душистого лука можно отнести разве что несколько меньшую зимостойкость по сравнению с описанными выше видами.

Кроме того, что луки – это важные пищевые растения, имеющие богатый биохимический состав, они еще с успехом могут выполнять декоративную функцию. Так, слизун, шнитт, Ледебура и душистый лук вполне могут использоваться в ландшафтном дизайне для оформления территории [15].

**Методология и методы исследования (Methods)**

Цель данной работы – изучить биологические особенности некоторых многолетних луков при выращивании их в условиях Среднего Урала, а также установить влияние площади питания на биохимический состав и урожайность, исследуемых видов многолетних луков.

В опыте проводилось исследование следующих видов лука: лук-батун (*Allium fistulosum*), лук-слизун (*Allium nutans*), шнитт-лук (*Allium schoenoprasum*), лук душистый (*Allium odorum*), лук Ледебур (*Allium ledebourianum*). Опыты проводились в 2021–2022 гг. на базе учебно-опытного хозяйства «Учхоз „Уралец“» Уральского государственного аграрного университета.

Постановку опытов, проведение учетов и наблюдений осуществляли по методикам [16]. Опыт однофакторный, повторность трехкратная. Размещение вариантов рандомизированное. В качестве контроля использовался лук-батун (*Allium fistulosum*).

Посадку производили рядовым способом, расстояние между рядками составляло 25 см, а расстояние между растениями в ряду составляло 5 см, 15 см, 25 см.

В 2021 г. посадка была произведена в начале летнего сезона, а в 2022 г. проводилась подзимняя посадка растений. В качестве посадочного материала послужили луковицы перечисленных выше видов лука. Предварительной обработки луковиц не проводилось. В опыте использовался материал от растений, не имеющих признаков поражения болезнями и вредителями.

В опыте отмечали дату посева, появления первого и последующих листьев, появление цветоноса, дату уборки. Проводили измерения самого длинного листа на растении, подсчет числа листьев. В ходе проведения опыта были проведены измерения концентрации и электропроводимости клеточного сока зеленых листьев лука.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали по рекомендуемой методике с использованием компьютерной программы Excel.

**Результаты (Results)**

В 2021 г. посадку луковиц исследуемых видов лука провели 7 июня. Через неделю, 20.06.2021 г., у всех видов лука уже имелись входы. Для следующего опыта посадку произвели осенью (15.09.2021 г.). За время осеннего периода луки укоренились, поэтому вышли из-под снега уже с небольшими зелеными листьями.

После того как были зафиксированы даты появления первых листьев, велись наблюдения за скоростью нарастания зеленой массы растений, в частности за изменением длины листьев и их числа.

На рис. 1 и 2 наглядно представлена динамика роста длины листа в течение сезона 2021 г. и 2022 г.

В 2021 г. наибольшая длина листьев была отмечена в посадках с расстояниями между растениями 5 см, за исключением шнитт-лука (15 см). В 2022 г. при подзимней посадке многолетних луков показатели длины зеленых листьев растений были отличны от данных 2021 г. Так, наибольшая длина листа была отмечена в вариантах с расстоянием между растениями 15 и 25 см, исключение составил также шнитт-лук, длина листа которого была больше при посадке с расстоянием 5 см.

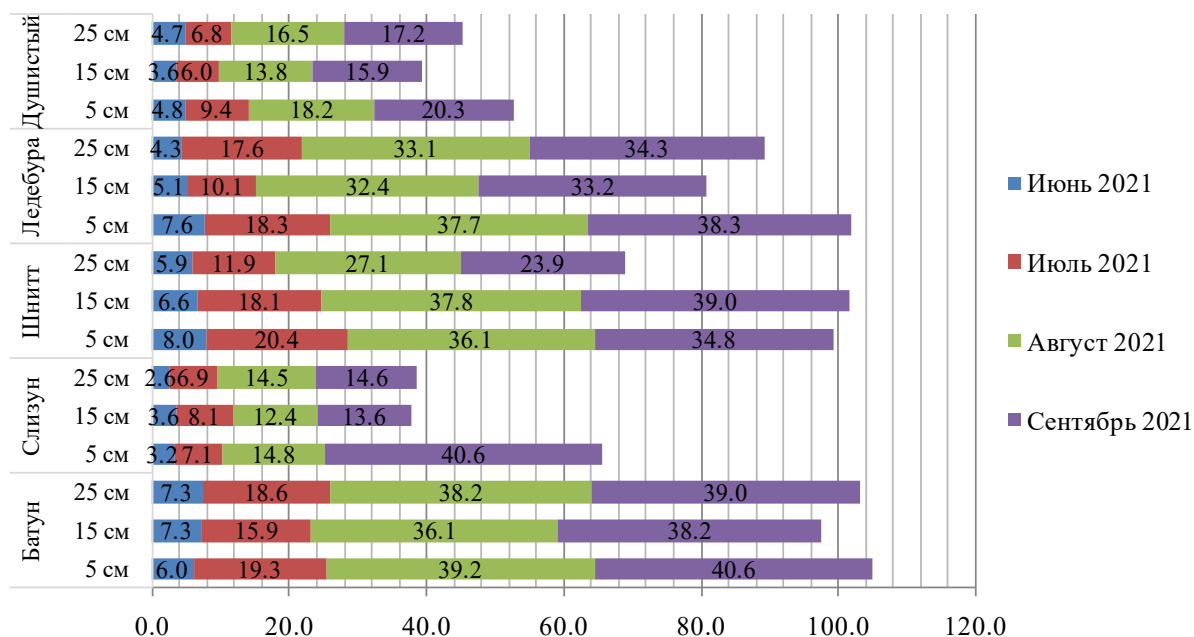


Рис. 1. Динамика роста длины листа в 2021 г.



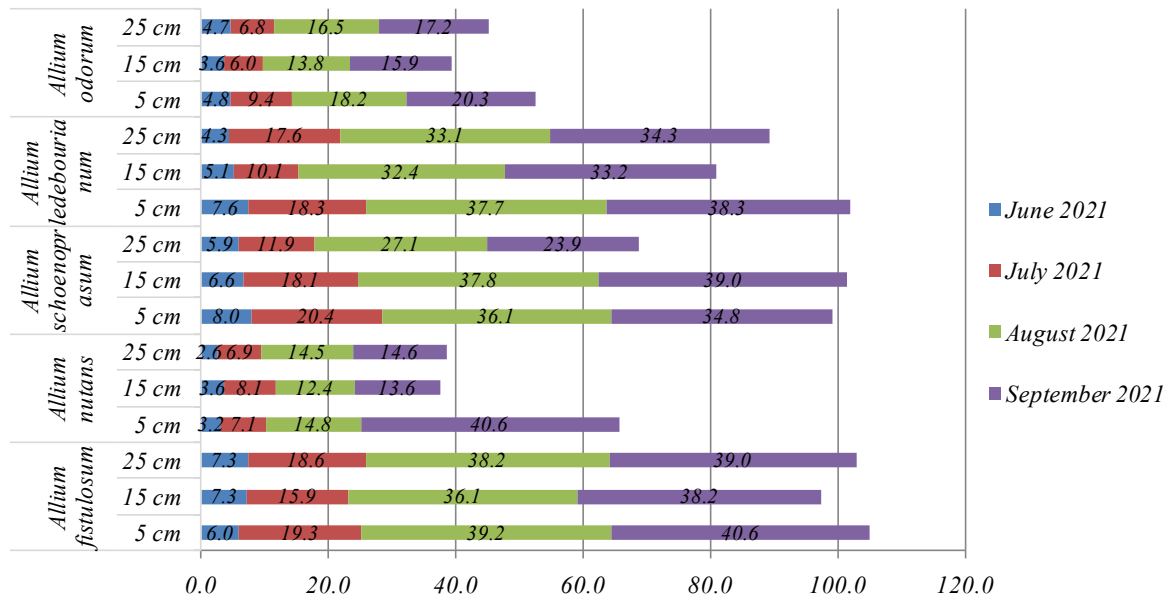


Fig. 1. Dynamics of leaf length growth in 2021

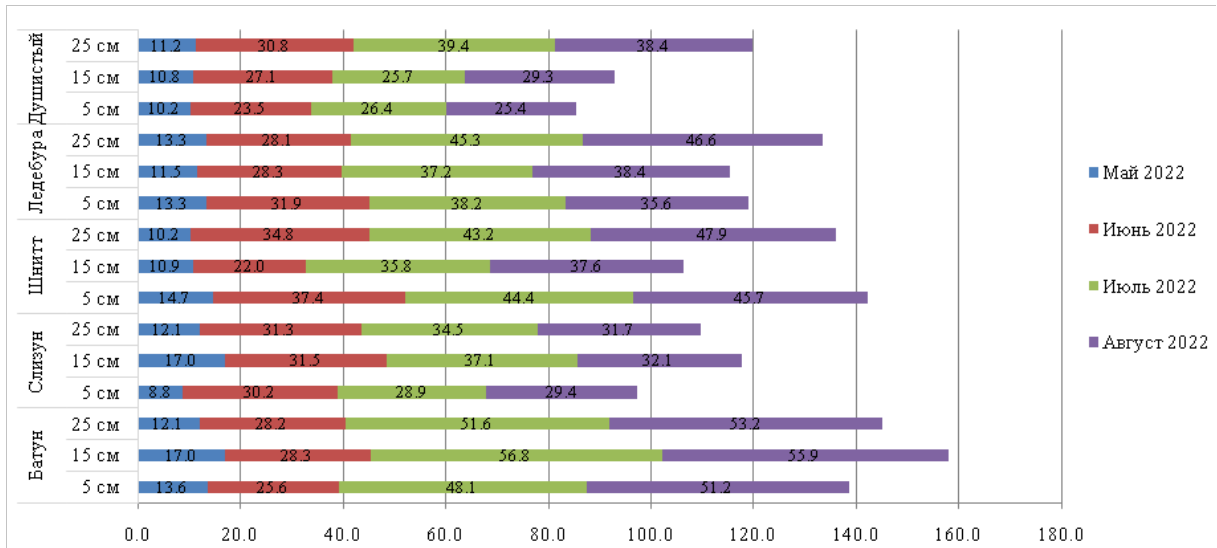


Рис. 2. Динамика роста длины листа в 2022 г.

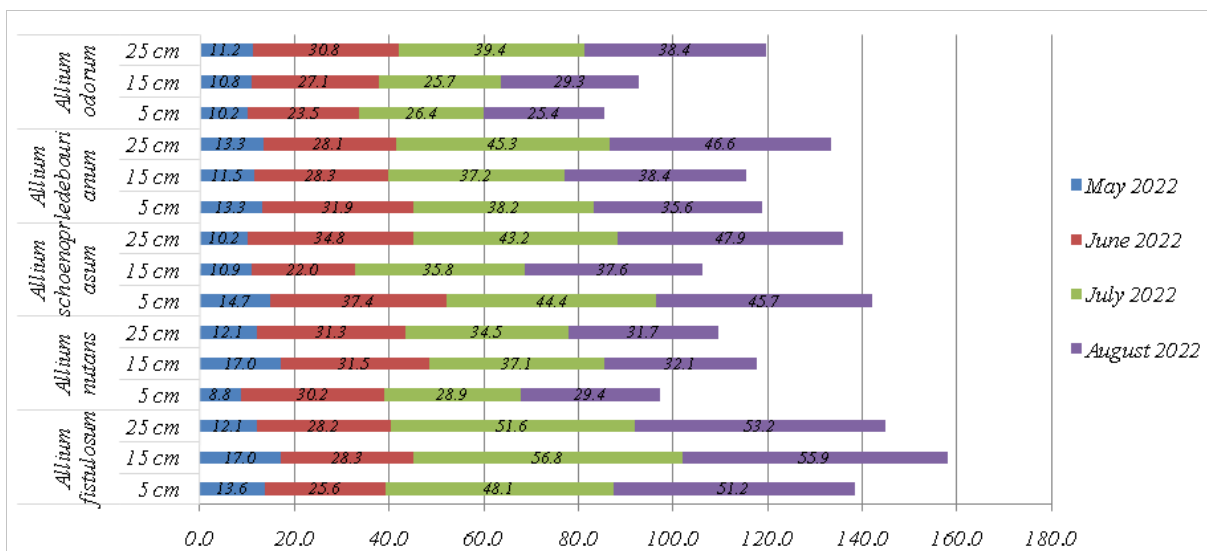


Fig. 2. Dynamics of leaf length growth in 2022

Число листьев на растении – также важный показатель урожайности многолетних луков. На представленных ниже диаграммах (рис. 3 и 4) можно отметить, что при подзимней посадке многолетних луков число листьев на растении было значительно больше, чем при летней посадке.

На представленных изображениях видно, что одинаковые тенденции на протяжении двух лет наблюдений были отмечены у лука-слизуна, и шнитт-лука, то есть более высокие показатели по числу листьев отмечены в рядах с максимальным расстоянием между растениями в ряду (25 см). У лука-батуна урожайность в 2021 г. и 2022 г. в посадках с расстоянием 15 и 25 см была практически одинаковой – возможно, это связано с тем, что корневая система растений еще недостаточно развилась и при дальнейшем выращивании данный параметр может поменяться. Разными оказались данные по луку душистому: в 2021 г. наибольшую урожайность показали растения, которые развивались с большей площадью питания, а в 2022 г. урожайность во всех вариантах была на низком уровне и примерно одинаковой. Можно предположить, что это связано с более низкой зимостойкостью лука душистого, т. к. природные очаги его распространения – это более

южные широты, чем территории Среднего Урала [17]. Требуемыми исследования также стали данные по шнитт-луку при посадке его с расстоянием 5 см между растениями. Если в 2021 г. число листьев в рядах с расстоянием 5 и 15 см незначительно отличалось, то в 2022 г. ряды с более плотным расположением растений имели гораздо большее число листьев, чем ряды с расстоянием между растениями 15 см.

В ходе проведения опытов, кроме показателей нарастания зеленой массы растений, отслеживали и образование на растениях цветоносов, т. к. при цветении у многих видов лука ухудшается качество зелени, она становится грубой, а также на некоторое время прекращается рост листьев. Лук-слизун и лук душистый являются исключением: зеленые листья данных растений не теряют своих вкусовых и товарных качеств, но у них, как и у других видов лука, отмечается более медленное образование зеленой массы в период цветения. Это связано с тем, что для образования цветоноса растению требуются значительные запасы энергии. На рис. 5 представлены данные, отражающие время появления цветочных стрелок на расстояниях.

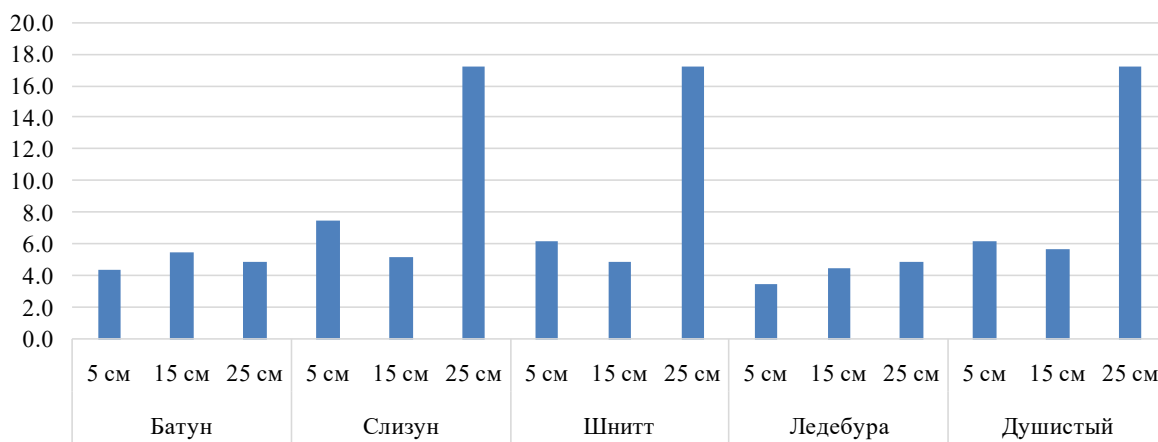


Рис. 3. Среднее число листьев на растении в 2021 г.

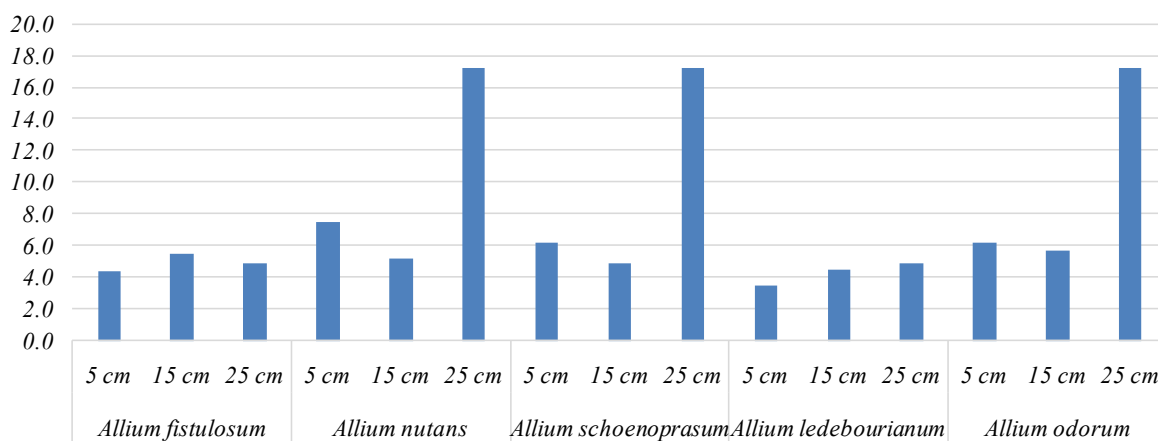


Fig. 3. Average number of leaves per plant in 2021

На основании представленных данных можно говорить о том, что при подзимней посадке лук зацветал позже, однако зависимости образования цветочных стрелок от площади питания растений выявлено не было. Также следует отметить, что при посадке в 2021 г. погода в летний период стояла

жаркая и засушливая, что могло способствовать образованию цветочных стрелок на растениях в более ранние сроки. В 2022 г. в июне было достаточно дождливо и прохладно, что, в свою очередь, могло привести к более позднему формированию генеративных органов.

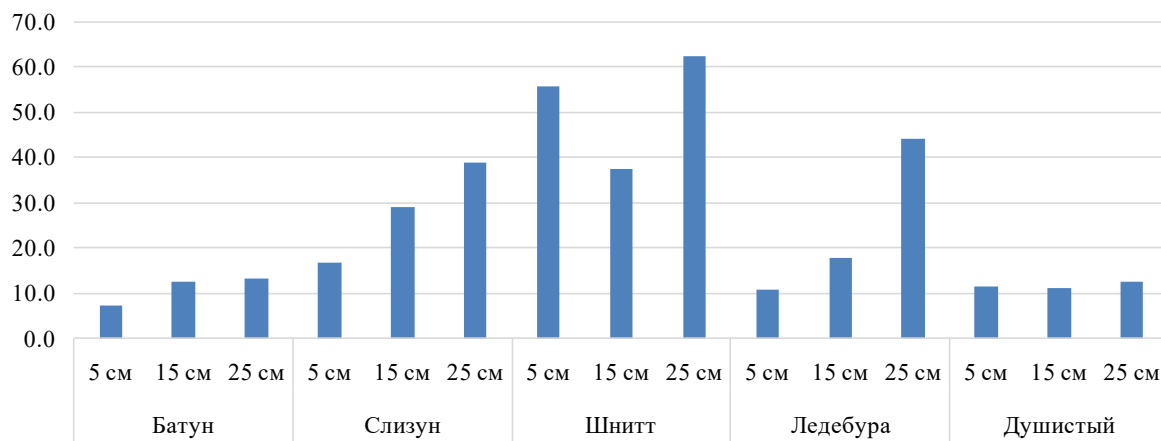


Рис. 4. Среднее число листьев на растении в 2022 г.

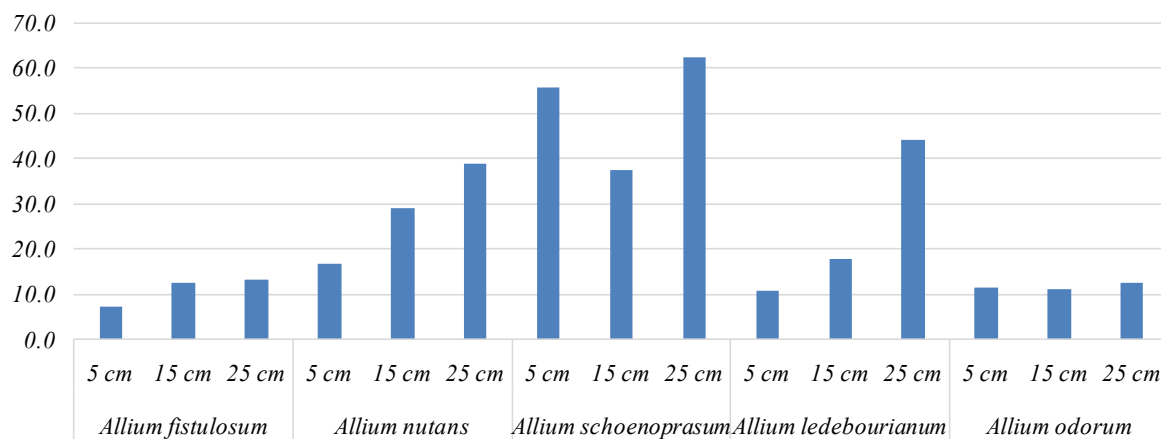


Fig. 4. The average number of leaves per plant in 2022

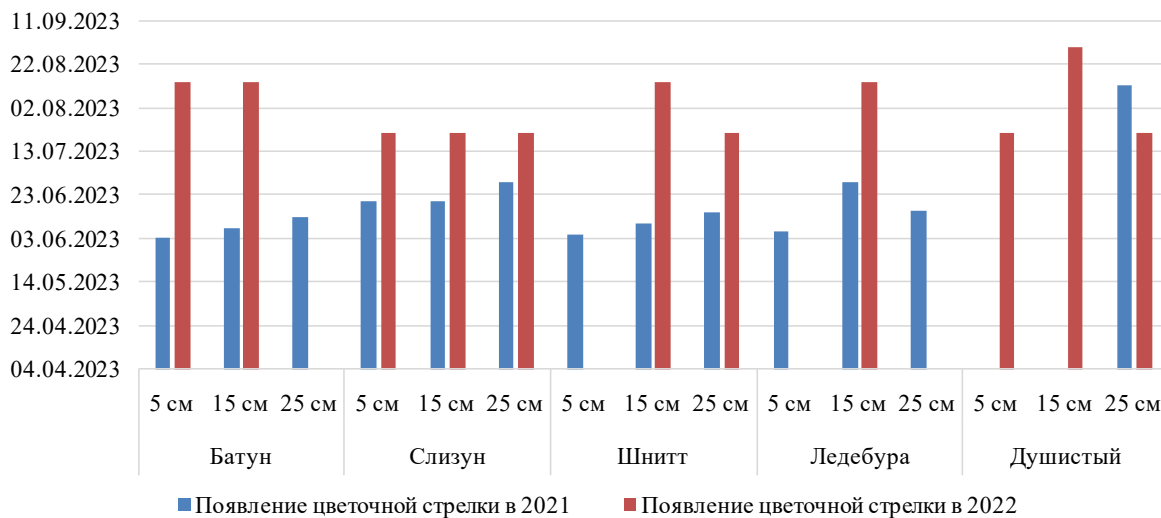


Рис. 5. Формирование цветочных стрелок на растениях многолетнего лука в 2021–2022 гг.

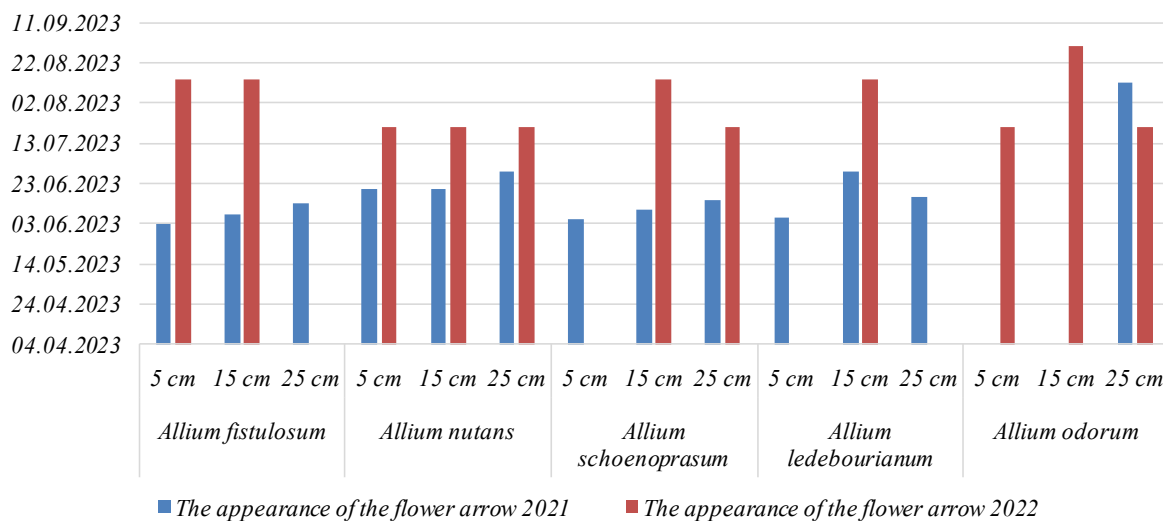


Fig. 5. Formation of flower arrows on perennial onion plants in 2021–2022

В качестве характеристики приспособляемости растений к факторам внешней среды были проведены исследования клеточного сока в 2021 г. при сборе урожая, а в 2022 г. клеточный сок исследовался на протяжении всего периода вегетации растений.

Клеточный сок – это жидкость, которую выделяют живые растительные клетки. Она часто представляет собой коллоидный раствор и состоит из воды и различных веществ. Вязкость его, как правило, больше, чем у воды. Состав клеточного сока индивидуален для каждого вида растений. На него также влияют возраст растения, условия произрастания и прочие факторы. В составе клеточного сока есть углеводы (глюкоза, фруктоза), инулин, пектины, гликозиды, дубильные вещества, аминокислоты, алкалоиды, органические и неорганические вещества. Иногда могут быть включения микроэлементов. Клеточный сок листьев многолетних луков мутный, имеет светло-зеленую окраску. В составе клеточного сока содержатся в основном вода и вещества, которые служат для обмена веществ в растении, что предопределяет упругость тканей растений, их осмотические свойства и тургор [18].

На рис. 6 изображены графики, отражающие изменение клеточного сока растений в 2022 г.

На представленных графиках видно, что у всех без исключения видов лука наблюдается увеличение концентрации клеточного сока в конце вегетации по сравнению с началом сезона. Также у всех видов лука наблюдались значительные колебания в середине вегетационного периода, а в августе в период формирования цветочных стрелок колебания были незначительными.

На следующем графике можно оценить отличия в концентрации клеточного сока за два года выращивания (рис. 7). Заметно, что практически у всех видов лука концентрация клеточного сока в период уборки урожая в 2021 г. году была ниже. Учитывая, что концентрация клеточного сока является важным

показателем влагообеспеченности растений, можно сделать вывод о том, что в 2022 г. многолетний лук в большей степени страдал от дефицита влаги [19]. Менее всего, судя по графику, это было отмечено у таких видов, как батун и Ледебура, т. е. можно сделать вывод о том, что, скорее всего, они в большей степени приспособлены к недостатку влаги.

В ходе опытов проводилось исследование электропроводности клеточного сока как основного показателя растворенных в нем минеральных веществ. В 2021 г. показатели электропроводности измерялись при уборке урожая, а в 2022 г. показатели фиксировались в течение сезона. Результаты представлены на графиках (рис. 8).

Из графиков видно, что наибольшие колебания электропроводности происходили в середине вегетации. Исключение составил только лук Ледебура, изменения в электропроводности клеточного сока которого происходили на протяжении всего времени выращивания. По всем видам можно отметить, что электропроводность в начале вегетации была ниже, чем в конце. Показатели электропроводности сока листьев лука при уборке урожая, так же как и показатели концентрации клеточного сока, в 2022 г. оказались выше, чем в 2021 г. (рис. 9).

Показатель pH клеточного сока – также один из вариантов выявления реакции растений на факторы внешней среды. Измерения pH осуществлялись в 2021 г. во время срезки листьев, в 2022 г. – начиная с середины периода вегетации.

Динамика изменения pH сока растений представлена на графиках (рис. 10). На данных изображениях видно, что в июле у всех растений лука наблюдались колебания кислотности сока в сторону ее увеличения, но затем происходило восстановление, ближе к осени кислотность сока стала все же несколько больше у всех видов лука. Незначительные отклонения были зафиксированы только у лука Ледебура с расстоянием между растениями в ряду 25 см.



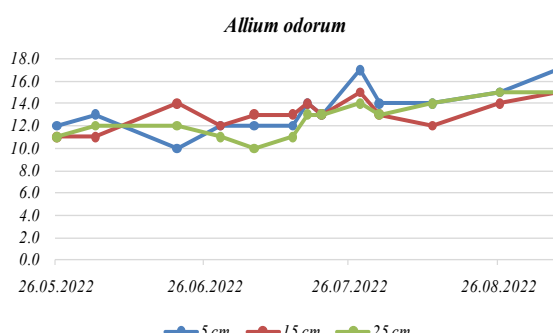
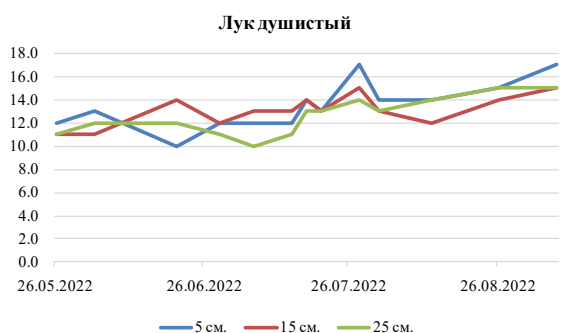
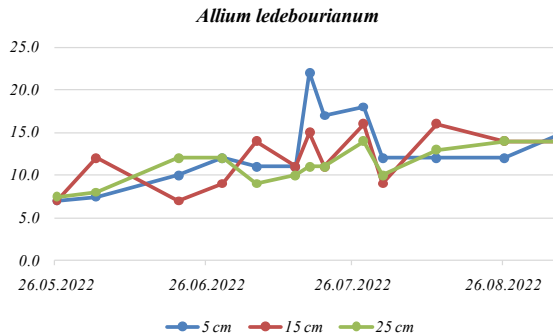
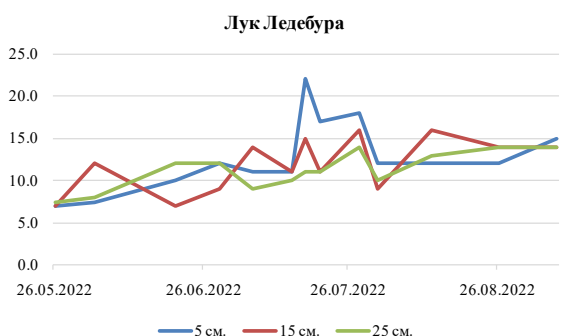
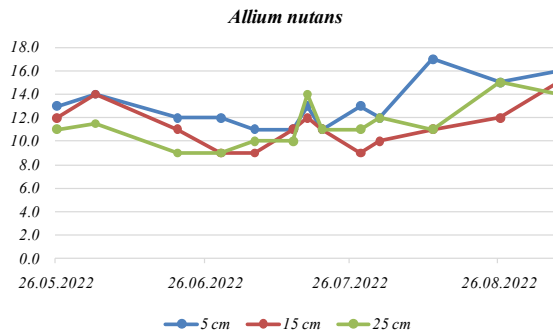
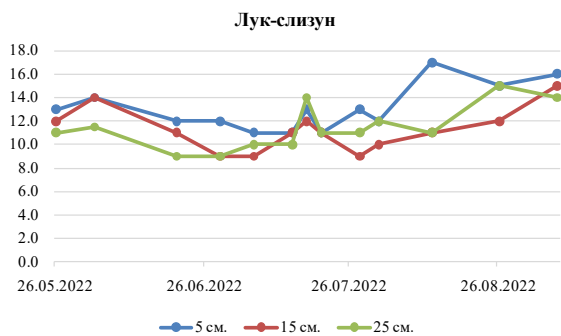
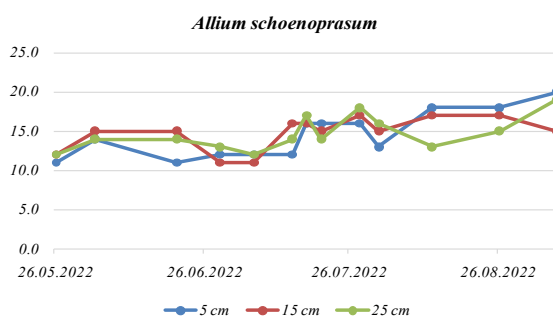
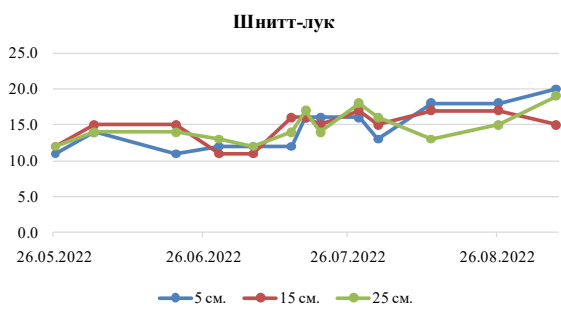
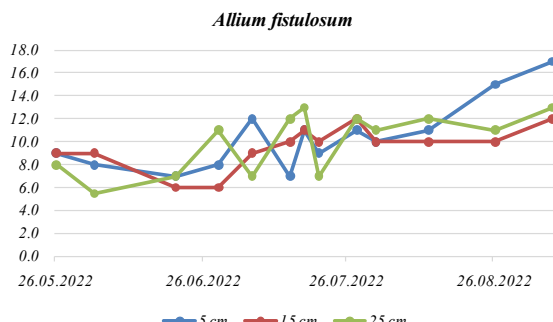
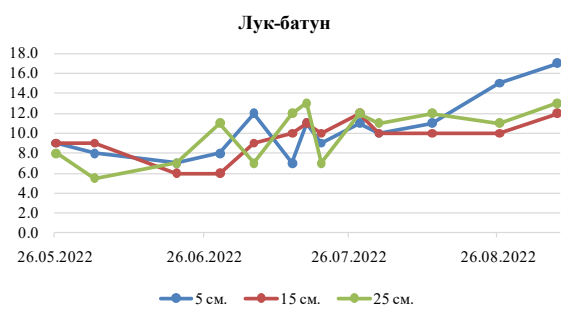


Рис. 6. Динамика изменения концентрации клеточного сока листьев многолетних луков по видам в 2022 г.

Fig. 6. Dynamics of changes in the concentration of cellular juice of leaves of perennial onions by species in 2022

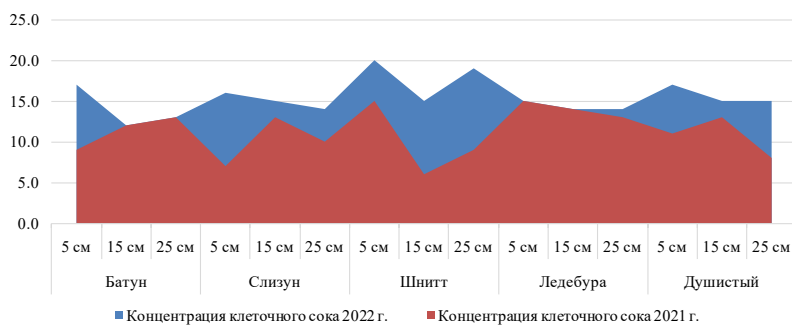


Рис. 7. Концентрация клеточного сока листьев многолетнего лука при уборке урожая в 2021–2022 гг.

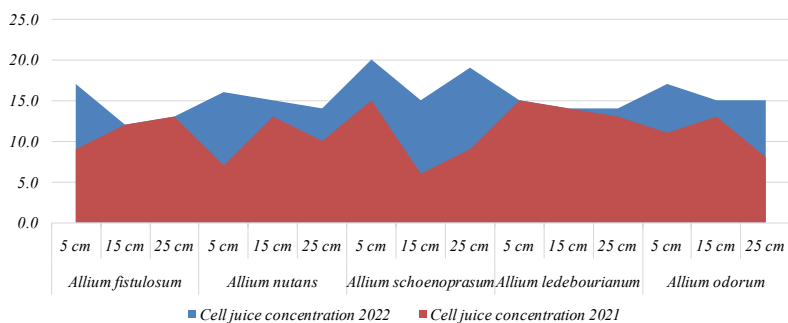
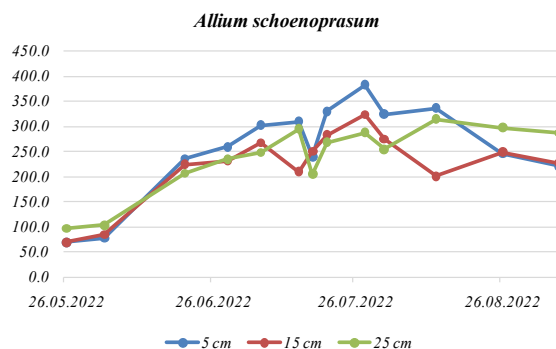
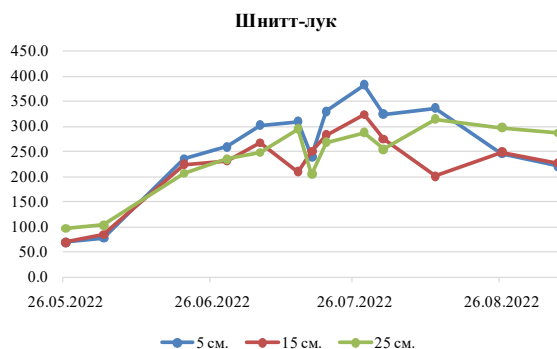
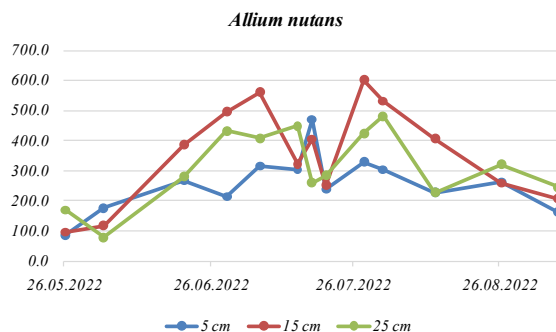
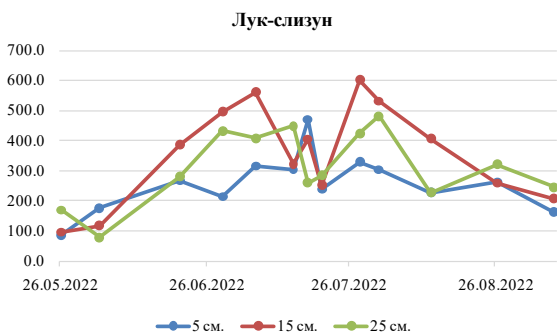
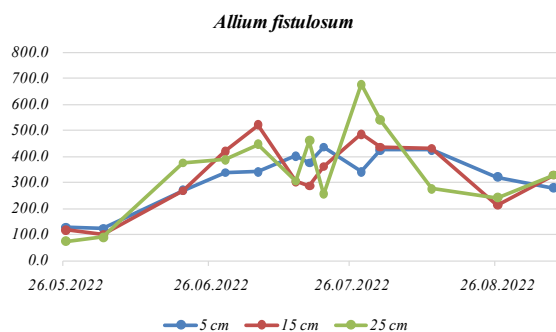
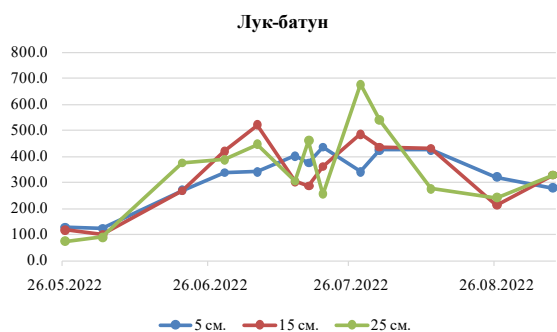


Fig. 7. Concentration of cellular juice of perennial onion leaves during harvesting in 2021–2022



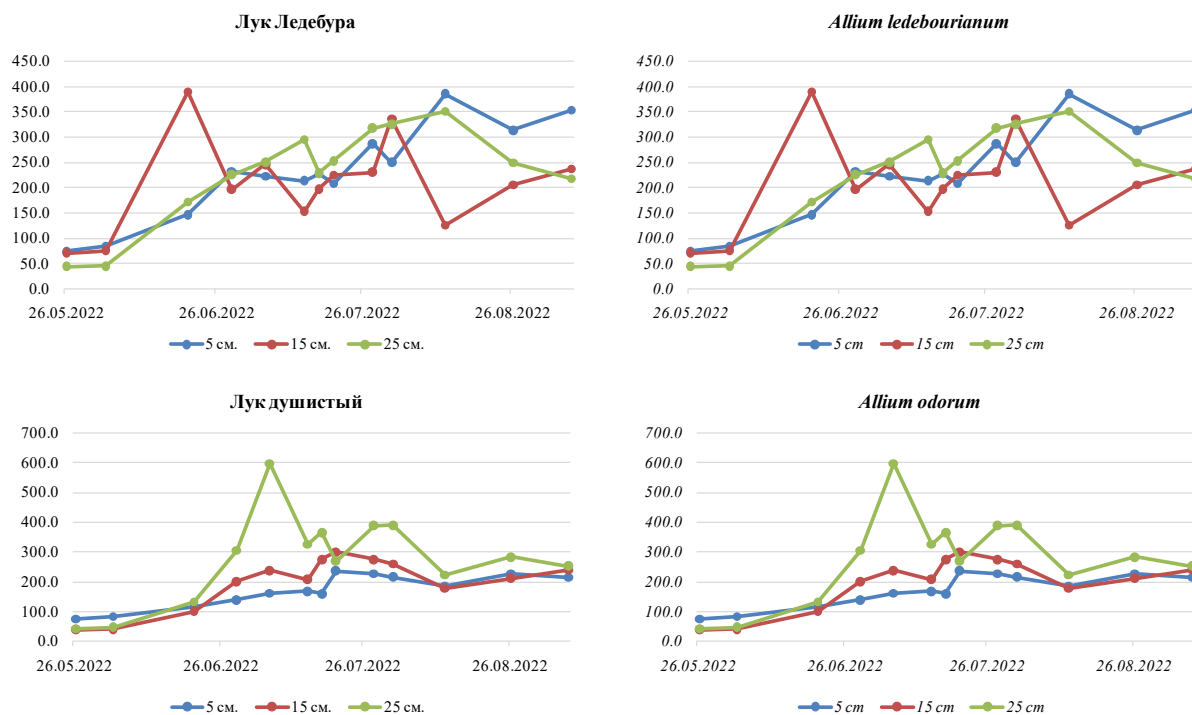


Рис. 8. Динамика изменения электропроводности листьев многолетних луков в 2022 гг., мкг/мл

Fig. 8. Dynamics of changes in the electrical conductivity of perennial onion leaves in 2022, mkg/ml

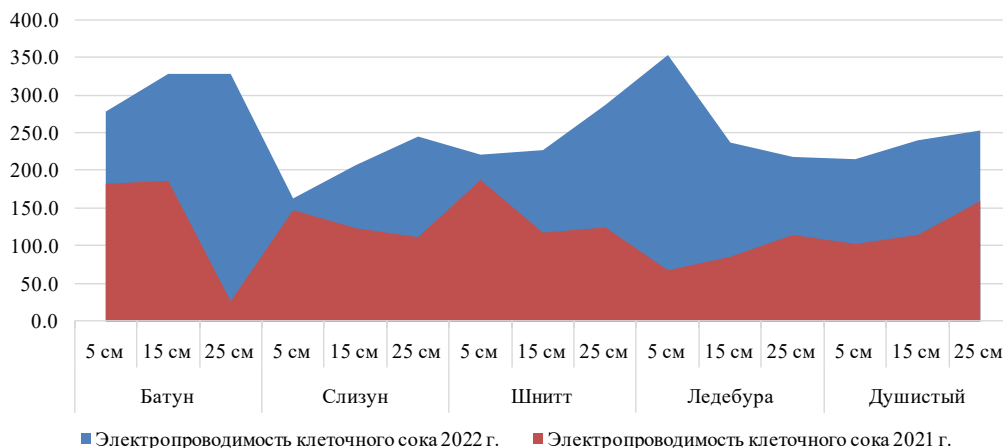


Рис. 9. Электропроводность клеточного сока листьев многолетних луков при уборке урожая в 2021–2022 гг., мкг/мл

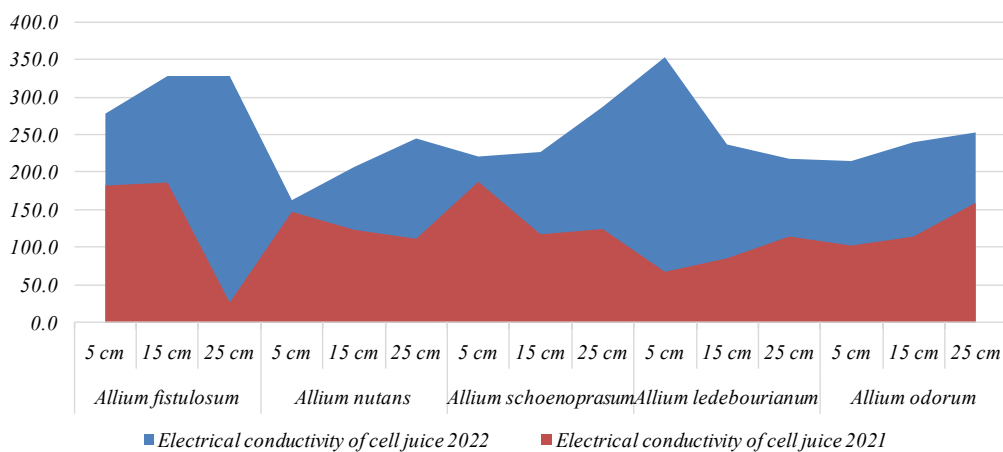


Fig. 9. Electrical conductivity of the cellular juice of the leaves of perennial onions during harvesting in 2021–2022, mkg/ml

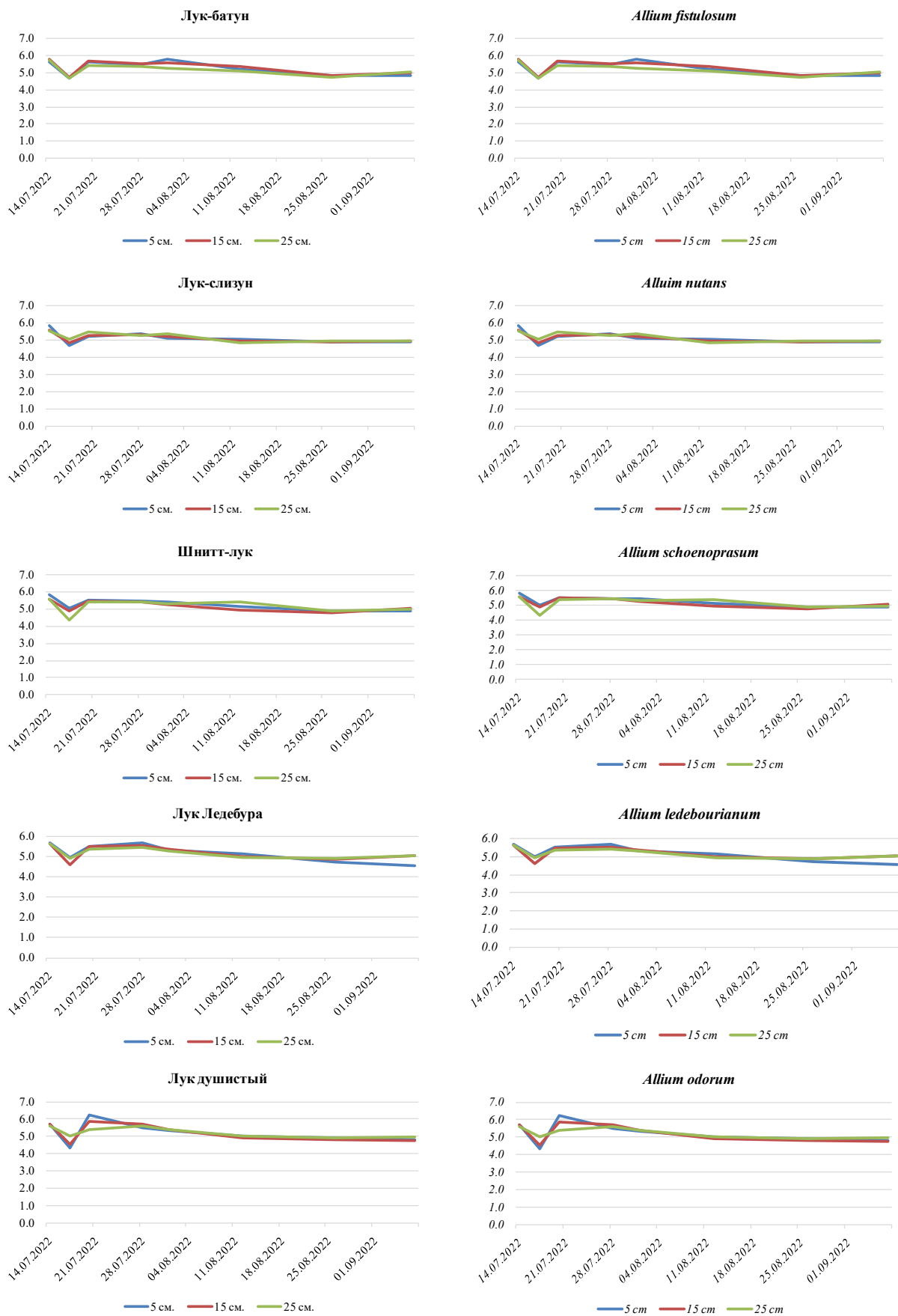


Рис. 10. Динамика изменения рН клеточного сока многолетних луков в 2022 г.

Fig. 10. Dynamics of pH changes in the cell juice of perennial onions in 2022



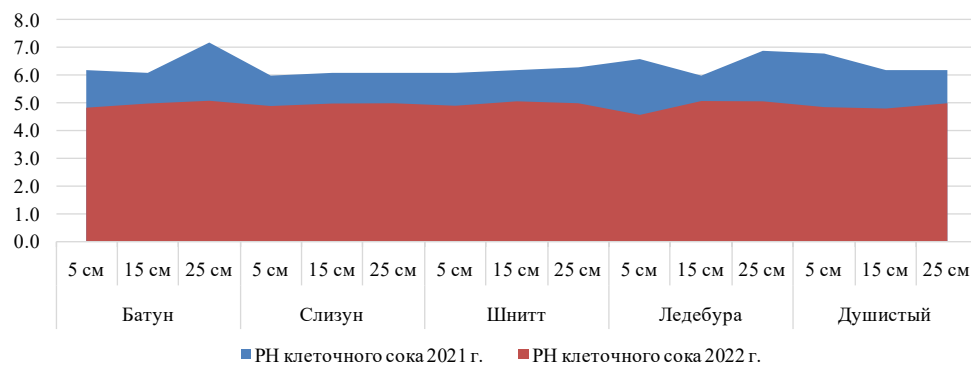


Рис. 11. pH клеточного сока листьев многолетних луков при уборке урожая в 2021–2022 гг.

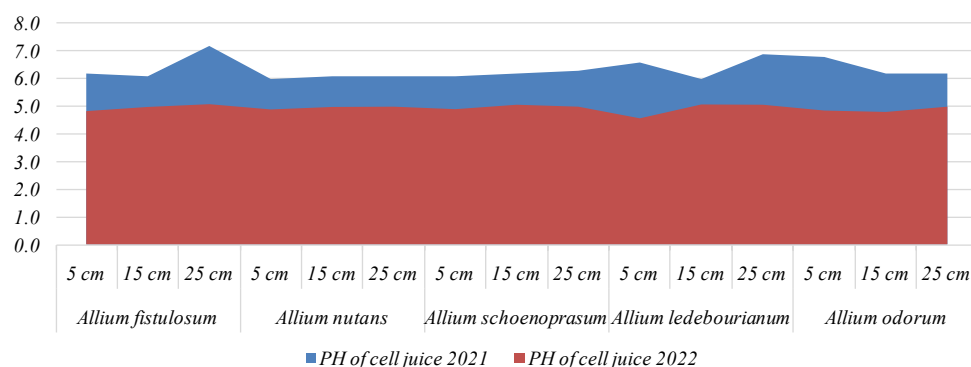


Fig. 11. PH of the cellular juice of the leaves of perennial onions during harvesting in 2021–2022

На рис. 11 изображен график, на котором видны отличия в pH сока листьев луков в 2021 и 2022 гг. Можно отметить, что в 2022 г. кислотность сока у луков была выше, чем в 2021 г., у всех изучаемых видов многолетнего лука.

Индивидуальная продуктивность растений в 2022 г. оказалась значительно выше, чем в 2021. Так, урожайность одного растения шнитт-лука при посадке с расстоянием 25 см между растениями оказалась выше в 24 раза, а урожайность лука-слизуна при посадке с расстоянием 15 и 25 см – выше в 18 и 17 раз соответственно (рис. 12).

Урожайность по всем видам лука в 2021 и в 2022 г. оказалась выше в рядах с расстоянием между растениями 5 см за счет более эффективного использования площади поля (рис. 13).

Важным показателем качества получаемой продукции является ее биохимический состав, исследования которого производились в после сбора урожая (рис. 14).

Все исследуемые виды лука показали большее содержание сухого вещества, витамина С и каротина в 2021 г. по сравнению с 2022 г. Так, содержание сухого вещества в луке душистом снизилось на 19 %, а в шнитт-луке – на 13 %. Значительное снижение показателей содержания витамина С в 2022 г. отмечено у всех видов, у лука-батун и слизуна оно наиболее выражено: 49 % и 41 % соответственно, у остальных видов снижение составило 27–38 %. Снижение содержания каротина в большей степени коснулось лука душистого и составило 38 %, по

другим видам лука – от 9 до 20 %. Вместе с ухудшением витаминного состава листьев лука в 2022 г. произошло увеличение содержания в них нитратов: у лука душистого их стало больше в 5 раз, а у лука Ледебура – в 2 раза.

При обработке полученных данных были выявлены средние зависимости между числом листьев и расстоянием между растениями в ряду (0,6), выявлена средняя зависимость между расстоянием между растениями и урожайностью. Средняя зависимость отмечена между числом листьев и высотой растения, а также между электропроводимостью и pH клеточного сока (0,5 и 0,6).

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

В период 2021–2022 г. на базе учебно-опытного хозяйства Уральского государственного университета были проведены опыты по определению степени влияния площади питания и сроков посадки на урожайность многолетних луков. Известно, что площадь питания – это один из самых важных параметров, влияющих на продуктивность всех овощных растений. На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Зависимости между индивидуальной продуктивностью растений многолетних луков и площадью питания в первый год вегетации не выявлено, однако общая урожайность по всем видам лука выше в посадках с меньшим расстоянием между растениями в связи с более эффективным использованием площади поля.

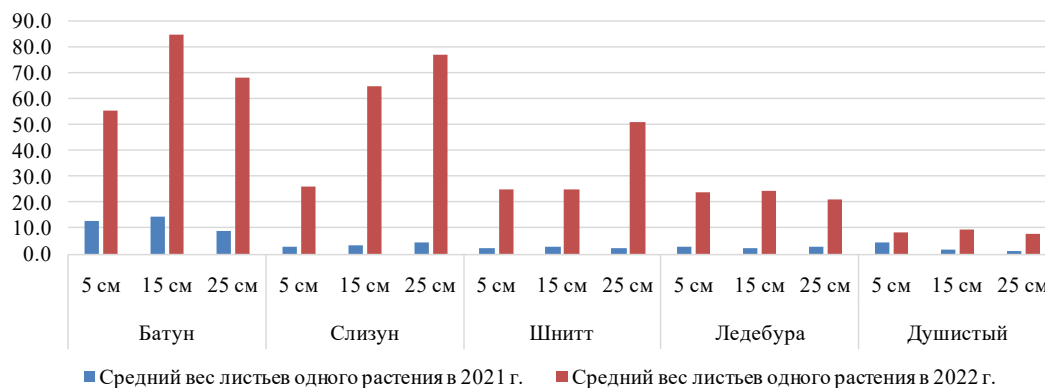


Рис. 12. Индивидуальная продуктивность растений многолетних луков в 2021–2022 гг., г

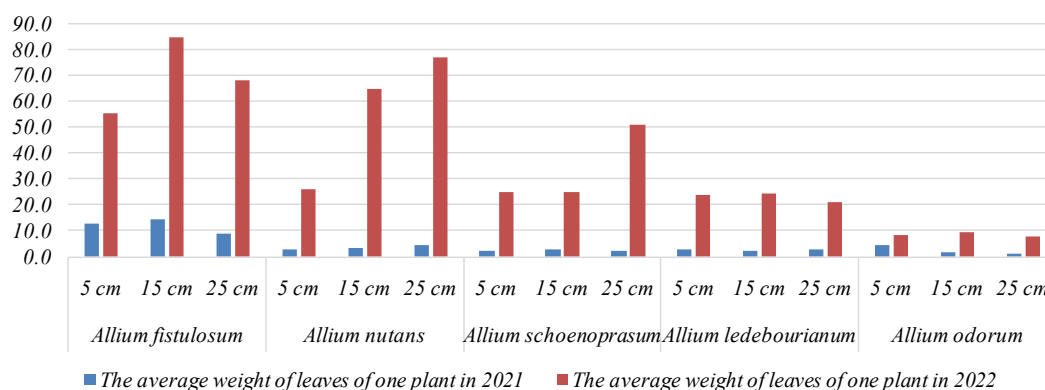


Fig. 12. Individual productivity of perennial onion plants in 2021-2022, g

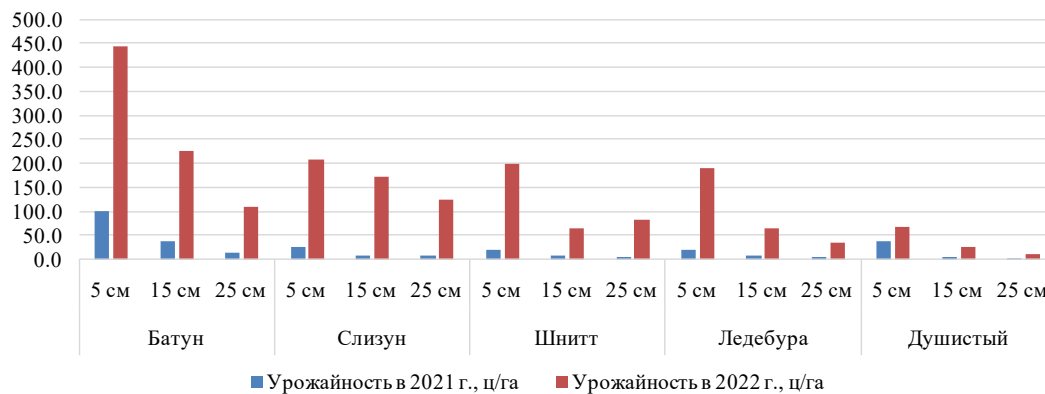


Рис. 13. Урожайность многолетних луков в 2021–2022 гг., ц/га

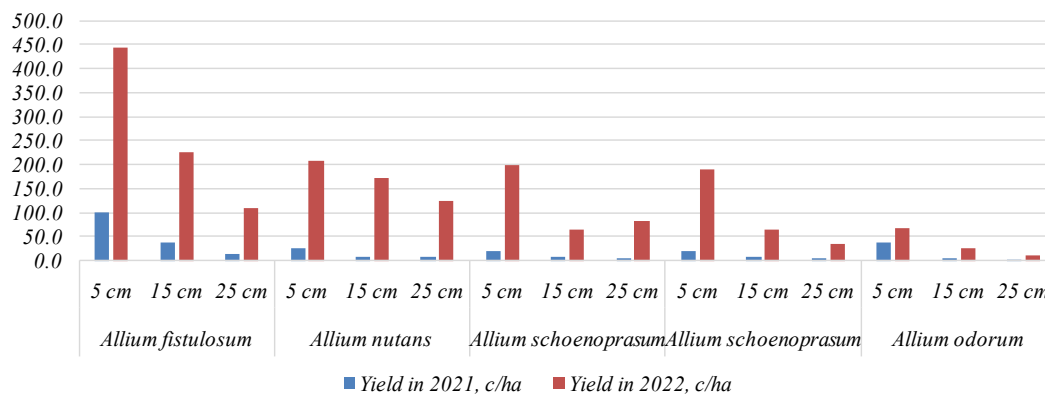


Fig. 13. Yield of perennial onions in 2021–2022, c/ha

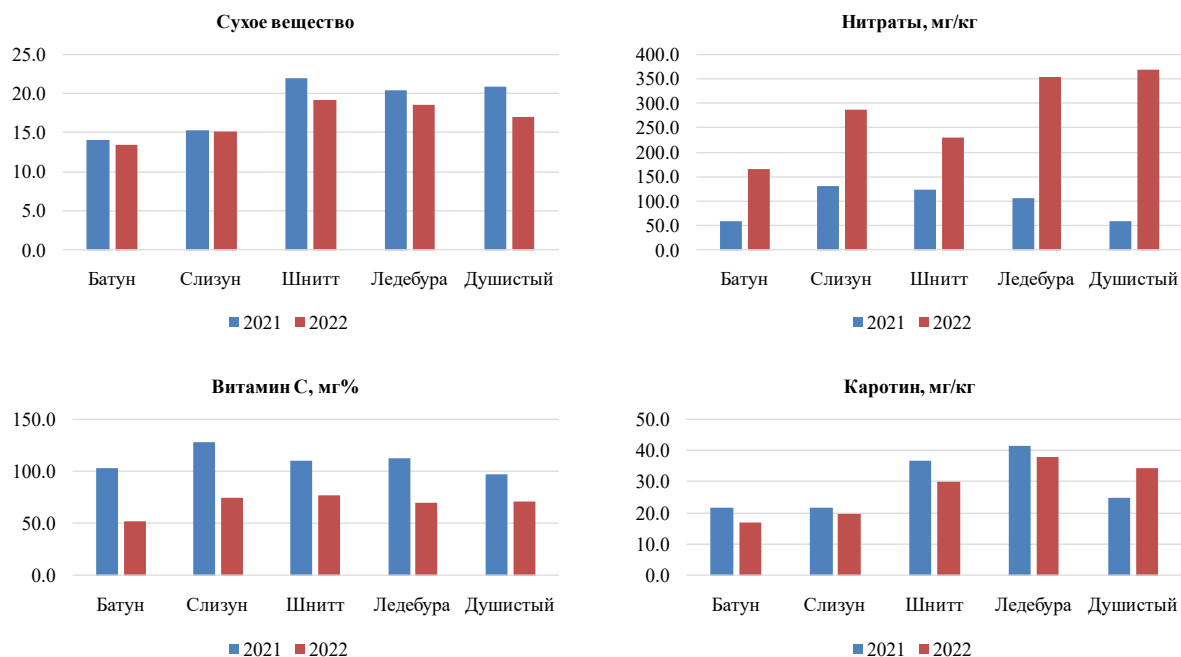


Рис. 14. Биохимический состав листьев многолетних луков по видам в 2021–2022 гг.

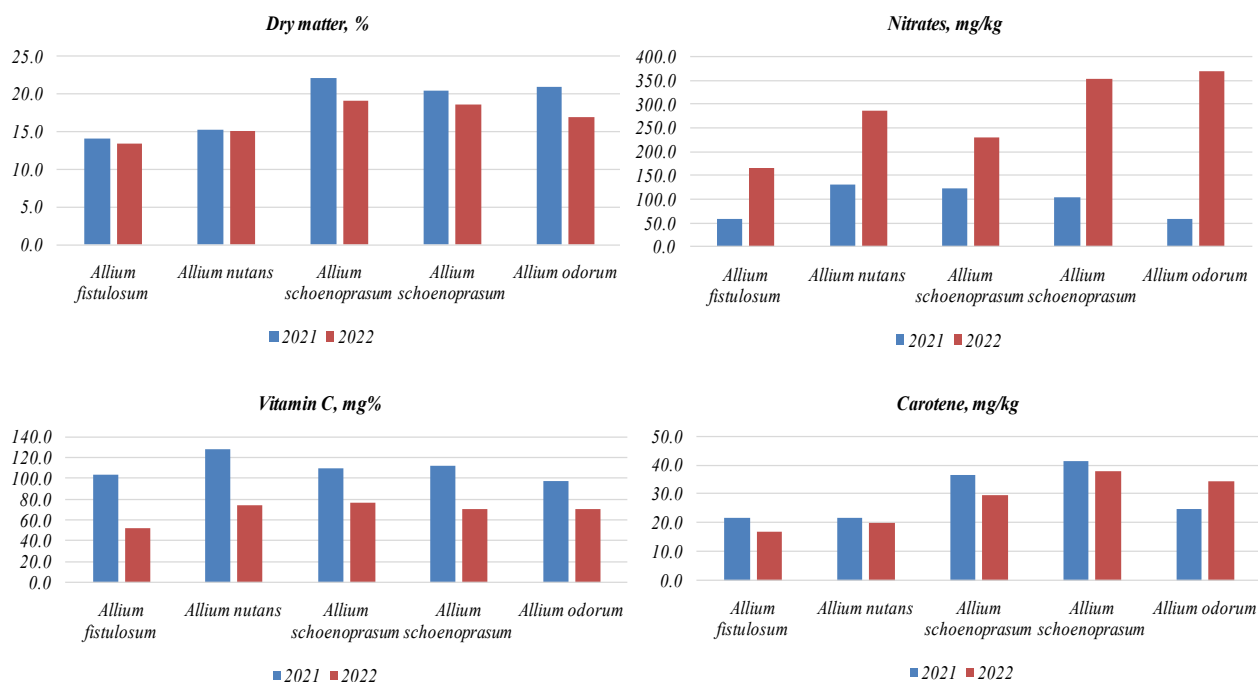


Fig. 14. Biochemical composition of leaves of perennial onions by species in 2021–2022

2. Подзимняя посадка многолетних луков показала большую эффективность по сравнению с летней посадкой, показатели урожайности увеличились в несколько раз.

3. Несмотря на большую урожайность в 2022 г., луки показали снижение витаминной ценности продукции и увеличение содержания нитратов в рамках допустимой нормы. Эти показатели требуют дополнительного изучения и выявления причин этого явления.

Многолетние луки, несомненно, очень интересные и урожайные растения, которые способны обеспечивать нас свежей витаминной зеленью на протяжении всего сезона выращивания. Однако серьезного изучения требует зависимость между факторами, влияющими на рост и развитие растений и индивидуальной продуктивностью этих растений в целях уточнения технологии выращивания для получения высоких урожаев свежей зелени.

## Библиографический список

1. Середин Т. М., Иванова М. И., Шумилина В. В. [и др.]. Многолетние луки, используемые в пищевых, декоративных и лекарственных целях // Современное садоводство. 2020. № 1. С. 40–48. DOI: 10.52415/23126701\_2022\_0304.
2. Шишкина Е. В., Жаркова С. В. Многолетние виды луковых культур в Сибири // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 1-1. С. 118–121. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10438.
3. Шишкина Е. В., Жаркова С. В. Сорты многолетних видов луковых культур, адаптированные к условиям юга Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 9 (179). С. 32–41.
4. Иванова М. И., Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н. [и др.]. Биохимический состав листьев видов *Allium L.* в условиях Московской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 5. С. 47–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511.
5. Кукушкина Т. А., Фомина Т. И. Содержание биологически активных веществ в зеленой массе многолетних луков (*Allium L.*) // Аграрный вестник Урала. 2021. № 4 (207). С. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92.
6. Ширшова Т. И., Бешлей И. В., Голубкина Н. А. [и др.]. Эссенциальные микронутриенты – компоненты антиоксидантной защиты в некоторых видах рода *Allium* // Овощи России. 2019. № 1 (45). С. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79.
7. Середин Т. М., Голубкина Н. А., Агафонов А. Ф. [и др.]. Изменение основных биохимических показателей в многолетних луках в зависимости от возраста растений // Современное садоводство, 2022. № 3. С. 40–48. DOI: 10.52415/23126701\_2022\_0304.
8. Любченко А. В., Семенов В. А. Адаптивность и качество продукции луков (*Allium L.*) в условиях предгорной зоны Северо-Западного Кавказа. Майкоп: Издательство «Магарин Олег Григорьевич», 2019. 160 с.
9. Шишкина Е. В., Жаркова С. В. Скрининг образцов лука-батун, интродуцированных в условия юга Западной Сибири // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 10-1. С. 9–11. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11597.
10. Давлетбаева О. Р., Ховрин М. Г., Ибрагимбеков М. Г. Лук-батун Лонг Токио в однолетней культуре в Московской области // Картофель и овощи. 2018. № 5. С. 13–14.
11. Тымченко Л. Н., Карпухин М. Ю. Биологические и биохимические особенности и перспективы использования *Allium schoenoprasum L.* [Электронный ресурс] // Вестник биотехнологии. 2022. № 1 (30). URL: <http://bio.urgau.ru/ru/2-29-2022/7-02-2022> (дата обращения: 10.05.2023).
12. Шишкина Е. В., Жаркова С. В. Светлояр – сорт многолетнего лука-слизуна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 9 (191). С. 23–28.
13. Казакова А. А. Культурная Флора СССР. Лук. Т. 10. Ленинград: Колос, 1978. 264 с.
14. Тухватуллина Л. А. Биологические особенности лука душистого в культуре // Вестник КрасГАУ. 2022. № 4 (181). С. 12–16.
15. Тымченко Л. Н., Карпухин М. Ю. Исследование всхожести семян многолетних луков при их предварительной обработке биопрепаратами и барботированием // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение производства и переработки продукции растениеводства: материалы международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2021. С. 146–149.
16. Доспехов Б. А. Методика проведения полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 315 с.
17. Большая советская энциклопедия. Т. 12. 3-е изд. Москва: Советская энциклопедия, 1973. 687 с.
18. Шишкина Е. В., Жаркова С. В. Лук душистый: интродукция и результаты селекции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (197). С. 17–23.
19. Маляровская В. И., Белоус О. Г. Концентрация клеточного сока в листьях гидрангеи крупнолистной (*Hydrangea macrophylla*) при разных режимах температуры и влажности // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 3. С. 48–51.

**Об авторах:**

Михаил Юрьевич Карпухин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; +7 912 253-04-13, [mkarpuhkhin@yandex.ru](mailto:mkarpuhkhin@yandex.ru)  
 Любовь Николаевна Тымченко<sup>1</sup>, аспирант, ORCID 0009-0003-3572-8245, AuthorID 1198432;  
 +7 922 127-95-79, [lu1210@mail.ru](mailto:lu1210@mail.ru)

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия



## References

1. Seredin T. M., Ivanova M. I., Shumilina V. V. et al. Mnogoletnie luki, ispol'zuemye v pishchevykh, dekorativnykh i lekarstvennykh tselyakh [Perennial onion for food, decorative and medicinal purposes] // Contemporary horticulture. 2020. No. 1. Pp. 40–48. DOI: 10.24411/2312-6701-2020-10106. (In Russian.)
2. Shishkina E. V., Zharkova S. V. Mnogoletnie vidy lukovykh kul'tur v Sibiri [Perennial species of onion crops in Siberia] // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2019. No. 1-1. Pp. 118–121. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10438. (In Russian.)
3. Shishkina E. V., Zharkova S. V. Sorta mnogoletnikh vidov lukovykh kul'tur, adaptirovannye k usloviyam yuga Zapadnoy Sibiri [Varieties of perennial onion crops adapted to the conditions of the South of Western Siberia] // Bulletin of the Altai State Agricultural University. 2019. No. 9 (179). Pp. 32–41. (In Russian.)
4. Ivanova M. I., Bukharov A. F., Baleev D. N. et al. Biokhimicheskiy sostav list'ev vidov Allium L. v usloviyakh Moskovskoy oblasti [The biochemical composition of Allium L. leaves under the environmental conditions of the Moscow region] // Achievements of Science and Technology in AIC. 2019. No. 5. Pp. 47–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511. (In Russian.)
5. Kukushkina T. A., Fomina T. I. Soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv v zelenoy masse mnogoletnikh lukov (Allium L.) [The content of biologically active substances in the green biomass of perennial onions (Allium L.)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 4 (207). Pp. 85–92. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-207-04-85-92. (In Russian.)
6. Shirshova T. I., Beshley I. V., Golubkina N. A. et al. Essentsial'nye mikronutrienty – komponenty antioksidantnoy zashchity v nekotorykh vidakh roda Allium [Essential micronutrients – components of antioxidant protection in some species Allium] // Vegetable crops of Russia. 2019. No. 1 (45). Pp. 68–79. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-68-79. (In Russian.)
7. Seredin T. M., Golubkina N. A., Agafonov A. F. et al. Izmenenie osnovnykh biokhimicheskikh pokazateley v mnogoletnikh lukakh v zavisimosti ot vozrasta rasteniy [Changes in the main biochemical indicators in perennial onions, depending on the age of plants] // Contemporary horticulture. 2022. No. 3. Pp. 40–48. DOI: 10.52415/23126701\_2022\_0304. (In Russian.)
8. Lyubchenko A. V. Adaptivnost' i kachestvo produktsii lukov (Allium L.) v usloviyakh predgornoy zony Severo-Zapadnogo Kavkaza [Adaptability and product quality of onions (Allium L.) in the conditions of the foothill zone of the North-West Caucasus]. Maykop: Izdatel'stvo "Magarin Oleg Grigor'evich", 2019. 160 p. (In Russian.)
9. Shishkina E. V., Zharkova S. V. Skrining obraztsov luka-batuna, introdutsirovannykh v usloviya yuga Zapadnoy Sibiri [Screening of batun onion samples introduced into the conditions of Southern Western Siberia] // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2019. No. 10-1. Pp. 9–11. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11597. (In Russian.)
10. Davletbaeva O. R., Khovrin M. G., Ibragimbekov M. G. Luk-batun Long Tokio v odnoletney kul'ture v Moskovskoy oblasti [Cibol Long Tokio cultivar in a one-year culture in the Moscow region] // Potato and Vegetables. 2018. No. 5. Pp. 13–14. (In Russian.)
11. Tymchenko L. N., Karpukhin M. Yu. Biologicheskie i biokhimicheskie osobennosti i perspektivy ispol'zovaniya Allium schoenoprasum L. [Biological and biochemical features and prospects of use Allium Schoenoprasum L.] [e-resource] // Bulletin of biotechnology. 2022. No. 1 (30). (In Russian). URL: <http://bio.urgau.ru/ru/2-29-2022/7-02-2022> (date of reference: 10.05.2023). (In Russian.)
12. Shishkina E. V., Zharkova S. V. Svetloyar – sort mnogoletnego luka-slizuna [The variety of perennial onion Siberian chives Svetloyar] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2020. No. 9 (191). Pp. 23–28. (In Russian.)
13. Kazakova A. Kul'turnaya flora SSSR. Luk [Flora of cultivated plants. Onion]. Leningrad: Kolos, 1978. 264 p. (In Russian.)
14. Tukhvatullina L. A. Biologicheskie osobennosti luka dushistogo v kul'ture [Sweet-scented onion biological peculiarities in culture] // The Bulletin of KrasGAU. 2022. No. 4 (181). Pp. 12–16. (In Russian.)
15. Tymchenko L. N., Karpukhin M. Yu. Issledovanie vskhozhesti semyan mnogoletnikh lukov pri ikh predvaritel'noy obrabotke biopreparatami i barbotirovaniem [Study of germination of seeds of perennial onions during their pretreatment with biopreparations and bubbling] // Ot importozameshcheniya k eksportnomu potentsialu: nauchno-innovatsionnoe obespechenie proizvodstva i pererabotki produktsii rastenievodstva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2021. Pp. 146–149. (In Russian.)
16. Dospekhov B. A. Metodika provedeniya polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of conducting field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. 5<sup>th</sup> ed., suppl. and revised. Moscow: Agropromizdat, 1985. 315 p. (In Russian.)

17. Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya [Great Soviet Encyclopedia]. Vol. 12. 3<sup>rd</sup> ed. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya, 1973. 687 p. (In Russian.)
18. Shishkina E. V., Zharkova S. V. Luk dushisty: introduktsiya i rezul'taty selektsii [Fragrant-flowered garlic: introduction and selection results] // Bulletin of Altay State Agricultural University. 2021. No. 3 (197). Pp. 17–23. (In Russian.)
19. Malyarovskaya V. I., Belous O. G. Kotsentratsiya kletchnogo soka v list'yakh gidrangei krupnolistnoy (Hydrangea macrophylla) pri raznykh rezhimakh temperatury i vlazhnosti [Cellular fluid concentration in leaves of Hydrangea Macrophylla during various regimes of temperature and moisture] // Agricultural Biology. 2009. No. 3. Pp. 48–51. (In Russian.)

**Authors' information:**

Mikhail Yu. Karpukhin<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor, vice-rector for research and innovation, ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; +7 912 253-04-13, [mkarpukhin@yandex.ru](mailto:mkarpukhin@yandex.ru)  
Lyubov N. Tymchenko<sup>1</sup>, postgraduate, ORCID 0009-0003-3572-8245, AuthorID 1198432; +7 922 127-95-79, [lu1210@mail.ru](mailto:lu1210@mail.ru)

<sup>1</sup>Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

## Обеспечение оперативного мониторинга сельскохозяйственных посевов спутниковыми данными

А. С. Кузнецова<sup>✉</sup>, М. Г. Ерунова<sup>1</sup>, О. Э. Якубайлик<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия

✉E-mail: [anna.simakina.97@mail.ru](mailto:anna.simakina.97@mail.ru)

**Аннотация.** Цель. Исследование направлено на обеспечение оперативного мониторинга посевов сельскохозяйственных культур спутниковыми данными. На примере опытно-производственного хозяйства (ОПХ) «Курагинское» Красноярского края рассмотрены данные о спектрально-отражательных свойствах сельскохозяйственных посевов и климатических характеристиках, отражающие состояние сельскохозяйственных посевов. **Методы.** По спутниковым данным были получены значения средней суточной температуры поверхности Земли, количество ежедневных осадков, тематические карты и средние значения индексов вегетации NDVI, ClGreen и MSAVI2. В качестве источников данных дистанционного зондирования Земли в работе использовались космические снимки спутников Sentinel-2, данные Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG). Обработка исходной спутниковой информации проводилась в программном обеспечении QGIS. **Результаты.** Из открытых источников были подобраны спутниковые данные, составлены технологии их обработки и сформирован архив данных за вегетационные сезоны с 2015 по 2022 гг. Оперативный мониторинг по спутниковым данным позволяет выявлять неоднородность пространственного распределения растительного покрова, отслеживать динамику температур и количества выпавших осадков в течение вегетационного сезона, тем самым способствуя проведению комплексной оценки состояния всех сельскохозяйственных посевов в целом и индивидуально по каждому полю. **Научная новизна.** Разработана технология обработки данных Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11), GPM (IMERG) и получения их производных продуктов на базе геоинформационной системы QGIS в автоматизированном режиме для задач агромониторинга. **Практическая значимость.** Сформированы наборы данных по вегетационным индексам, температуре и осадкам, которые имеют большое значение для принятия эффективных управленческих решений на территории ОПХ «Курагинское».

**Ключевые слова:** агромониторинг, сельскохозяйственные посевы, спутниковые данные, вегетационные индексы, климатические характеристики.

**Для цитирования:** Кузнецова А. С., Ерунова М. Г., Якубайлик О. Э. Обеспечение оперативного мониторинга сельскохозяйственных посевов спутниковыми данными // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-29-40.

**Дата поступления статьи:** 07.02.2023, **дата рецензирования:** 10.05.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.

## Provision of operational monitoring of agricultural crops with satellite data

A. S. Kuznetsova<sup>✉</sup>, M. G. Erunova<sup>1</sup>, O. E. Yakubaylik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Computational Modeling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

✉E-mail: [anna.simakina.97@mail.ru](mailto:anna.simakina.97@mail.ru)

**Abstract. Purpose.** The study is aimed at providing operational monitoring of agricultural crops using satellite data. Data on the spectral-reflective properties of agricultural crops and climatic characteristics that reflect the state of agricultural crops are considered on the example of Kuraginskoye Agricultural Experiment Production Facility (AEPF), located in the south of the Krasnoyarsk krai. **Methodology and methods.** Based on satellite data, the values of the average daily temperature of the land surface, the sum of daily precipitation, thematic maps and the average values of the NDVI, ClGreen, and MSAVI2 vegetation indices were obtained. Satellite data from Sentinel-2, Terra MODIS and IMERG GPM Precipitation were used as sources of Earth remote sensing data. The initial satellite information was processed using the QGIS software. As a **result**, satellite data were selected from open sources, methods for their processing were compiled, and an archive of data for the growing seasons from 2015 to 2022 was formed. Operational monitoring using satellite data makes it possible to identify the heterogeneity of the spatial distribution of vegetation cover, track the dynamics of temperatures and the amount of precipitation during the growing season, thereby contributing to a comprehensive assessment of the state of all agricultural crops in general and individually for each field. **Scientific novelty.** The technology of processing Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11), GPM (IMERG) data and obtaining their derived products based on the QGIS geoinformation system in automated mode for agricultural monitoring tasks has been developed. **Practical significance.** Data sets on vegetation indices, temperature and precipitation have been formed, which are of great practical importance for making effective management decisions on the territory of the Kuraginskoye AEPF.

**Keywords:** agromonitoring, agricultural crops, satellite data, vegetation indices, climatic characteristics.

**For citation:** Kuznetsova A. S., Erunova M. G., Yakubaylik O. E. Obespechenie operativnogo monitoringa sel'skokhozyaystvennykh posevov sputnikovymi dannymi [Provision of operational monitoring of agricultural crops with satellite data] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-29-40. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 07.02.2023, **date of review:** 10.05.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Получение высокого уровня урожайности и качества растениеводческой продукции считаются одними из важнейших задач в сельском хозяйстве. На достижение значительных результатов в производстве большое влияние оказывает обеспеченность аграрных специалистов сведениями о землях сельскохозяйственного назначения. Информация о состоянии посевов сельскохозяйственных культур и климатических характеристиках исследуемой территории позволяет агрономам устанавливать сроки сева [1, с. 224] и отслеживать ход формирования сельскохозяйственных культур [2, с. 17], осуществлять технологические операции (подкормку, укосы и др.) [3, с. 128; 4, с. 21].

В последнее время для получения объективных сведений на территорию агропроизводства в целом или отдельно для конкретных сельскохозяйственных полей используют методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [3, с. 127; 5, с. 262; 6, с. 95]. Основными показателями, отражающими состояние сельскохозяйственных посевов в определенный период времени, являются значения вегетационных индексов [7, с. 11; 8 с. 54]. Исследования посевов сельскохозяйственных культур при помощи вегетационных индексов проводятся по группировкам спутников с различными временным и пространственным разрешениями, а также степенью доступности данных. Особый интерес среди таких спутниковых данных вызывают открытые данные высокого пространственного разрешения со спутников Landsat 8 и Sentinel-2 [9, с. 152;

10, с. 5; 11, с. 4]. Детальность снимков Sentinel-2 (10 метров) с периодичностью съемки 5 дней является наиболее подходящей для решения задачи по отслеживанию состояния сельскохозяйственных посевов в течение сезона вегетации. В сравнении с данными Landsat 8, имеющими пространственное разрешение 30 метров и частотой получения снимков 1 раз в 16 дней.

Наряду с вегетационными индексами, отражающими состояние сельскохозяйственных посевов, важны данные о температуре и осадках. Традиционным подходом к получению информации о климатических характеристиках территории считается использование данных с наземных метеостанций. Однако не для всех субъектов Российской Федерации достаточно существующей сети метеостанций. В некоторых случаях она слишком разрежена или вовсе отсутствует. В качестве примера можно привести территорию Красноярского края, где сеть метеостанций до такой степени неравномерна, что в некоторых муниципальных образованиях метеостанции отсутствуют в радиусе 100 км и более [12, с. 2]. Наилучшей альтернативой для получения климатических показателей с более высоким пространственным разрешением являются данные ДЗЗ. Например, наборы данных Terra MODIS и Global Precipitation Measurement (GPM) с детальностью 1 км и  $0,1 \times 0,1^\circ$  соответственно способствуют получению ежедневной информации о температуре и осадках. Такие данные подходят для определения влияния на развитие биомассы сельскохозяйственных культур и их урожайность [13, с. 33; 14, с. 3].



Эффективность применения методов ДДЗ в сельском хозяйстве по большей части зависит от оперативности предоставления аграрным специалистам информации о состоянии посевов сельскохозяйственных культур. Получению актуальных сведений о вегетационных индексах и климатических показателях сельскохозяйственных территорий в кратчайшие сроки способствует оперативный мониторинг сельскохозяйственных посевов по спутниковым данным. Подбор спутниковых данных и составление технологий их обработки становятся первостепенными задачами на подготовительных этапах проведения оперативного мониторинга сельскохозяйственных посевов. Целью данной работы является обеспечение оперативного мониторинга сельскохозяйственных посевов спутниковыми данными и их производными продуктами на примере ОПХ «Курагинское».

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

В качестве объекта исследования выбрано ОПХ «Курагинское» – филиал ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН. Территория хозяйства расположена в юго-западной части Курагинского района Красноярского края. Общая площадь составляет 14 374 га, в том числе 11 972 га сельскохозяйственных угодий, из них 6 342 га пашни (84 поля) [2, с. 15]. Климат ОПХ «Курагинское» резко континентальный, с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом.

В работе использовались некоммерческие данные ДЗЗ миссии Copernicus Sentinel-2, состоящей из группировки двух полярно-орбитальных спутников (A/B). Каждый спутник оснащен мультиспектральным прибором (MSI), позволяющим вести съемку в 13 спектральных каналах, охватывающим спектральную область (VNIR/SWIR) от видимого и ближнего инфракрасного до коротковолнового инфракрасного диапазонов [15, с. 35]. Спектральные каналы космических снимков, получаемых со спутников Sentinel-2, позволяют вычислять обширное количество вегетационных индексов. Архив спутниковых данных Sentinel-2 доступен с 2015 г.

Для отслеживания состояния сельскохозяйственных посевов в настоящей работе были выбраны вегетационные индексы NDVI, CI<sub>Green</sub> и MSAVI2. Выбор обусловлен их назначением и высоким пространственным разрешением (10 м) спектральных каналов (красный, зеленый, голубой, ближний инфракрасный) Sentinel-2 для вычисления индексов.

Вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) является простым показателем фотосинтетически активной биомассы [7, с. 12]. Данный индекс характеризует состояние растительности на протяжении всего вегетационного сезона. Его значения различаются во время роста, цветения и созревания.

Вегетационный индекс CI<sub>Green</sub> (Green chlorophyll index) используется для оценки общего содержания хлорофилла в листьях. Наибольшие значения индекса коррелируют с наибольшим содержанием хлорофилла в листьях растений. Пространственное распределение посевов, полученное по вегетационному индексу CI<sub>Green</sub>, позволяют рассчитывать необходимое количество удобрений [2, с. 17].

Вегетационный индекс MSAVI2 (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) разработан для районов с низкой растительностью, чтобы уменьшить влияние обнаженной почвы [16, с. 186]. Он выделяет растительность на фоне «почвенного шума», тем самым наиболее четко отображает неоднородность пространственного распределения посевов на ранних этапах развития культуры.

Для получения значений температуры поверхности Земли на территории проведения исследования были использованы данные ДЗЗ Terra MODIS. Широкая полоса обзора (ширина – 2330 км) MODIS обеспечивает ежедневное глобальное покрытие. Получаемые данные бесплатны и публично доступны на сайте The U. S. Geological Survey (USGS). Из каталогов данных MODIS выбран продукт MOD11 с пространственным разрешением 1 км [17, с. 3]. Набор ежедневных данных включает информацию о дневной и ночной температурах. Архив данных доступен с 2000 г.

Наблюдения за снежными и дождевыми осадками на Земле проводится в рамках международного проекта по глобальному спутниковому мониторингу снежных и дождевых осадков Global Precipitation Measurement (GPM) американского исследовательского управления NASA и японского аэрокосмического агентства JAXA, а также других международных космических агентств. Проект предоставляет централизованный доступ к глобальным картам осадков. В работе использовались ежедневные данные IMERG, имеющие пространственное разрешение  $0,1 \times 0,1^\circ$  [18, с. 493], архив данных доступен с 2000 г.

В первую очередь для ОПХ «Курагинское» была сформирована цифровая карта сельскохозяйственных полей [2, с. 15]. В геоинформационной системе QGIS была проведена оцифровка границ полей по высококачественному космическому снимку. Итоговая система координат – WGS 84 / UTM zone 46N. Полученный векторный слой с границами полей включает в себя 84 полигональных объекта, которые соответствуют существующим полям на местности. К векторным границам привязаны сведения о номере поля и севообороте (в состав которого входит данное поле), уточненной площади (га). Благодаря этому на территории ОПХ «Курагинское» организована базовая картографическая основа в цифровом формате, необходимая для проведения дальнейших исследований.

Исходная информация на территорию ОПХ «Курагинское» преобразована в геоинформационной системе (ГИС) QGIS. Основные действия по обработке данных приведены в виде схемы (рис. 1).

Процедура обработки данных в ГИС QGIS состоит из следующих этапов:

1. Приведение исходных данных Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG) к единым параметрам (система координат – WGS 84 / UTM zone 46N, формат – GeoTIFF).

2. Обрезка продуктов Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG) в соответствии с координатами исследуемой территории (по границе ОПХ «Курагинское»).

3. Применение модуля «Калькулятор растров». На основе обрезанных снимков Sentinel-2 в данном модуле построены тематические карты вегетационных индексов NDVI, CI<sub>Green</sub> и MSAVI<sub>2</sub> по формулам [16, с. 185]. По дневным и ночным сценам температуры поверхности Земли Terra MODIS (MOD11) при помощи модуля «Калькулятор растров» были рассчитаны тематические карты среднесуточной температуры.

4. Подготовка подходящих легенд для визуализации тематических карт вегетационных индексов, среднесуточной температуры и количества ежедневных осадков.

5. Применение модуля «Зональная статистика». Данный модуль предполагает наличие векторного слоя для выполнения расчетов. В качестве такого слоя взята актуальная карта полей ОПХ «Курагинское». На основе тематических карт Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG) с использованием модуля «Зональная статистика» получены средние значения суточной температуры (°C), количества ежедневных осадков (мм) и вегетационных индексов в границах сельскохозяйственных полей.

6. Загрузка полученных значений в электронные таблицы Microsoft Excel. В этой же программе строились графики динамики изменений различных показателей в течение вегетационных сезонов.

Перечисленные процедуры преобразования, обработки данных Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG) выполнялись с помощью программ библиотеки GDAL, запуск которых для автоматизации осуществлялся из командных файлов (bat-файлов) в пакетном режиме.

### Результаты (Results)

В ходе проведения оперативного мониторинга сельскохозяйственных посевов ОПХ «Курагинское» начиная с 2015 года формируется архив спутниковых данных и полученных по ним сведений. Во время формирования архива была разработана технология обработки данных ДЗЗ в ГИС QGIS. На ее основе были написаны пакетные файлы, позволяющие обрабатывать данные Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG) в автоматизированном режиме и получать их производные продукты в кратчайшие сроки. Собранный архив данных является информационной основой для оценки состояния сельскохозяйственных посевов ОПХ «Курагинское». Для демонстрации полученных сведений выбрано поле № 5 ОПХ «Курагинское», но такие данные хранятся в архиве для всех 84 сельскохозяйственных угодий.

Оперативный мониторинг сельскохозяйственных посевов для проведения оценки их состояния предполагает отслеживание ситуации на сельскохозяйственных полях. Используя накопленные данные из архива по тематическим картам вегетационных индексов NDVI, CI<sub>Green</sub> и MSAVI<sub>2</sub>, можно не только проследить за изменениями, происходящими в пределах одного поля за один вегетационный сезон, но и проводить сравнение полученных

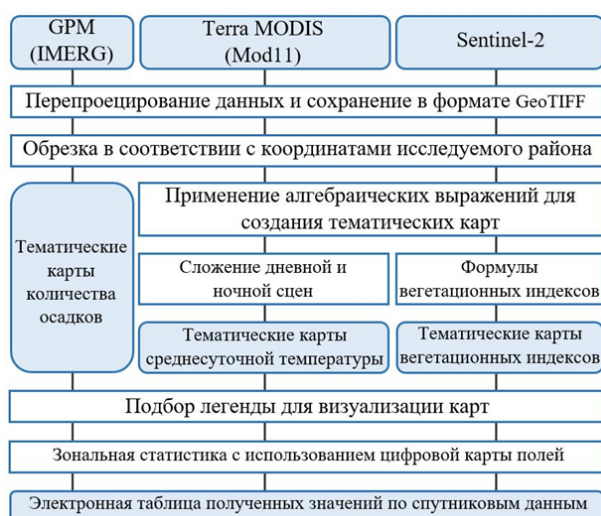


Рис. 1. Обработка данных Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG) в ГИС QGIS

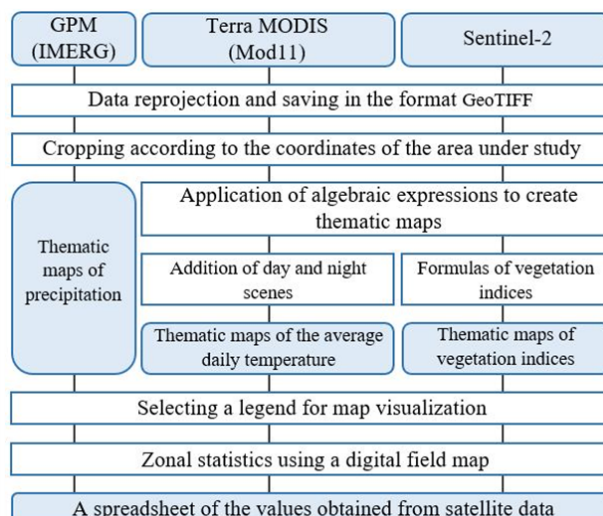


Fig. 1. Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) and GPM (IMERG) data processing in QGIS GIS



значений за несколько лет. В качестве примера приведены тематические карты вегетационных индексов NDVI, CI<sub>Green</sub> и MSAVI2 поля № 5 ОПХ «Курагинское» за 2020 и 2021 гг. (рис. 2). В 2020 г. на поле № 5 выращивали рапс, в 2021 г. – пшени-

цу. На рис. 2 цифрами обозначены минимальные и максимальные значения вегетационных индексов, усредненные в границах поля. Указаны даты и приведены градиентные шкалы отображения соответствующих индексов.

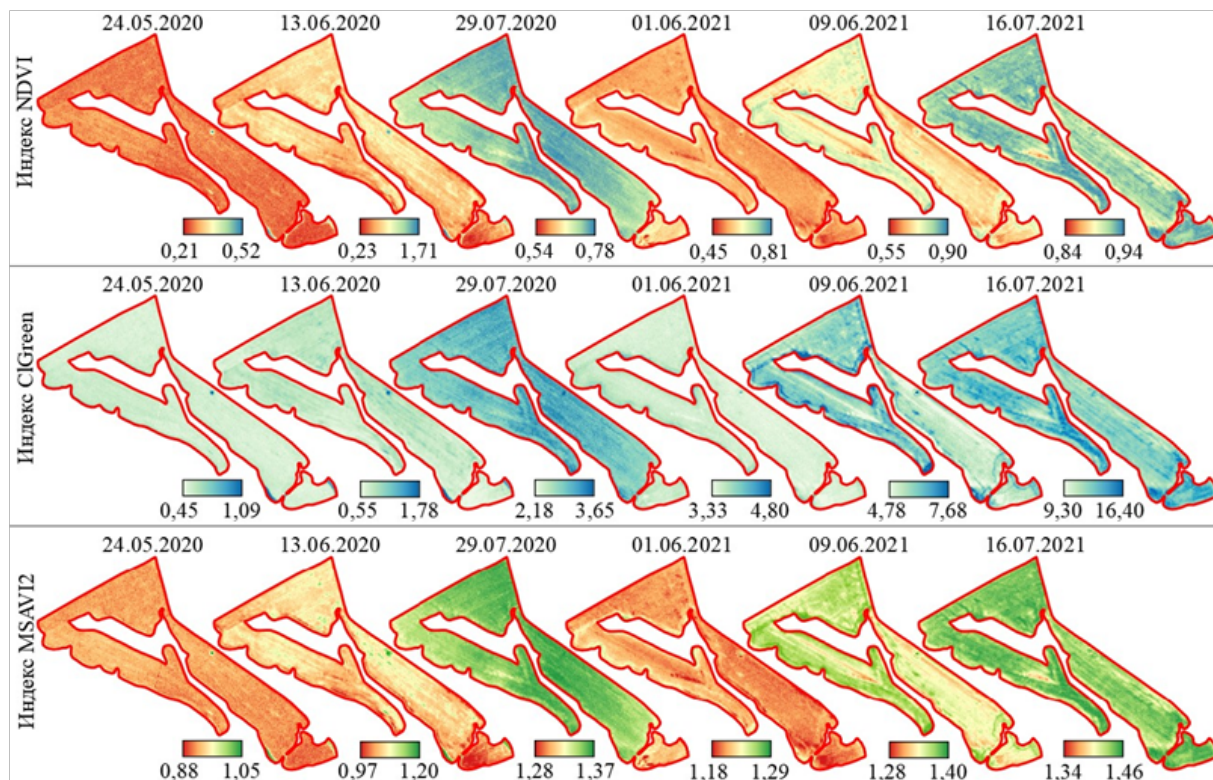


Рис. 2. Тематические карты индексов NDVI, CI<sub>Green</sub> и MSAVI2 поля № 5 вегетационных сезонов 2020–2021 гг.

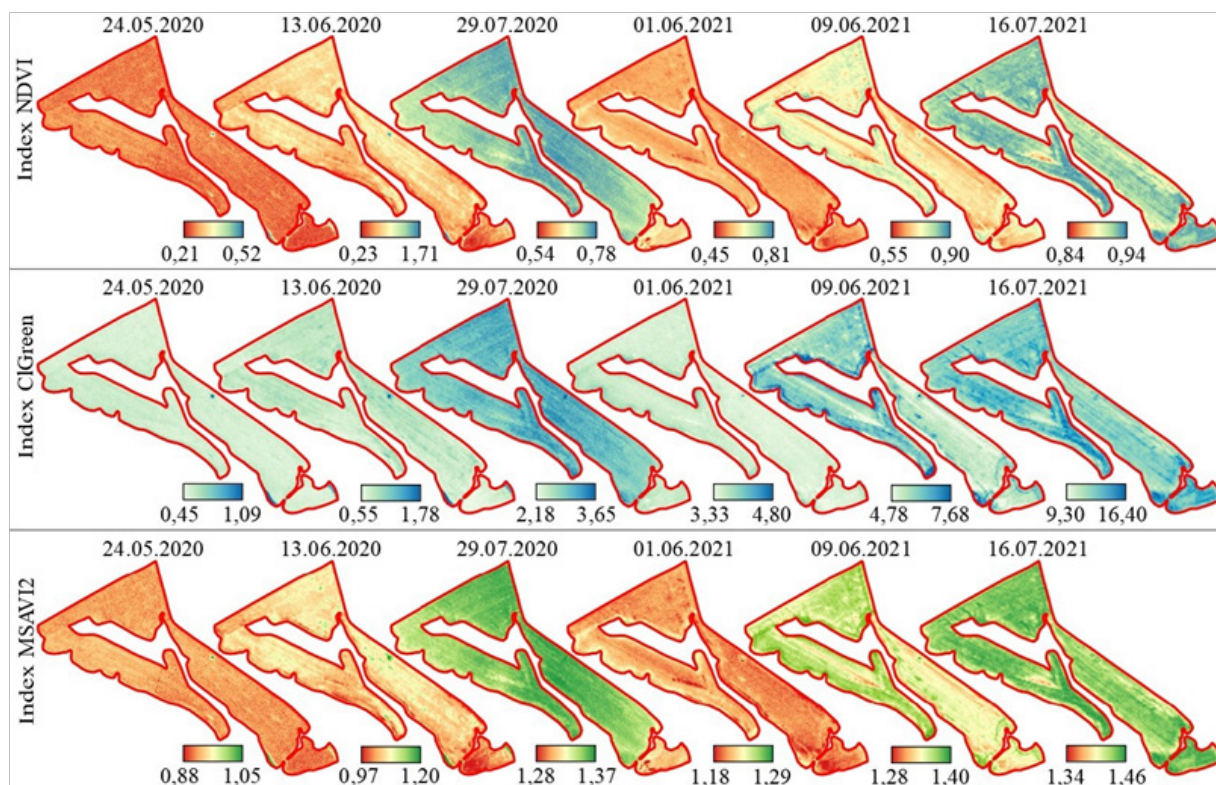


Fig. 2. Thematic maps of NDVI, CI<sub>Green</sub> and MSAVI2 indexes of field No. 5 of the growing seasons of 2020–2021

Тематические карты индекса CIGreen наглядно демонстрируют пространственное распределение посевов сельскохозяйственных культур и постепенное увеличение содержания хлорофилла со временем. В 2020 г. развитие посевов рапса проходило равномерно. Максимальное содержание хлорофилла по индексу CIGreen достигается 29.07.2020 г., среднее значение индекса по полю равняется 3,13, в то время как развитие посевов пшеницы в 2021 г. протекало с видимыми проблемами. На тематической карте от 16.07.2021 г. отмечается пространственная неоднородность посевов пшеницы по содержанию хлорофилла.

Отображение фотосинтетически активной биомассы индекса NDVI и устойчивость к влиянию почвы вегетационного индекса MSAVI2 позволяют отчетливо определять посевы сельскохозяйственных культур на полях, вследствие чего тематические карты вегетационных индексов NDVI и MSAVI2 (13.06.2020 г. и 09.06.2021 г.) демонстрируют пространственную неоднородность распределения культуры наиболее ярко по сравнению с тематическими картами индекса CIGreen за соответствующие даты.

Выявленная неоднородность пространственного распределения сельскохозяйственных посевов по тематическим картам вегетационных индексов NDVI, CIGreen и MSAVI2 способствует своевременному определению «проблемных» участков внутри каждого поля. Как видно на рис. 3, начи-

ная с 2020 г. на поле № 5 образуются участки, на которых посевы сельскохозяйственных культур не развивались (рис. 3, а). За вегетационный период 2021 г. наблюдается их значительное разрастание (рис. 3, б). Благодаря координатной привязке тематических карт в ГИС QGIS было определено месторасположение самых крупных участков и вычислена их примерная площадь. Такого рода информация важна для представителей агропроизводства при планировании различных мероприятий в системе ведения сельскохозяйственного производства.

На основе данных Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG) для всех сельскохозяйственных полей на территории ОПХ «Курагинское» были сформированы наборы данных о количестве ежедневных осадков (мм) и среднесуточной температуре (°C). Они представляют собой сводные таблицы с ежедневными значениями климатических показателей. Информация, содержащаяся в полученных таблицах, позволила вычислить интегральные характеристики климата, такие как сумма осадков, сумма активных температур (выше +10 °C), гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК) Г. Т. Селянинова по декадам и другие, а также их средние многолетние значения, показывающие меньшее или большее отклонение текущего года. В качестве примера приведен график (рис. 4), на котором представлены накопленные осадки поля № 5 ОПХ «Курагинское» с наименьшим (2021 г.) и наибольшим (2015 и 2020 гг.) отклонениями от среднего значения.

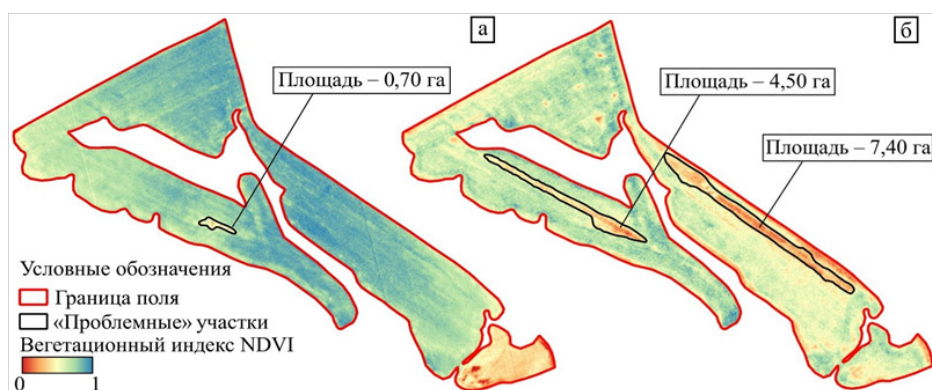


Рис. 3. «Проблемные» участки внутри сельскохозяйственного поля № 5: а) 29.07.2020 г., б) 19.06.2021 г.

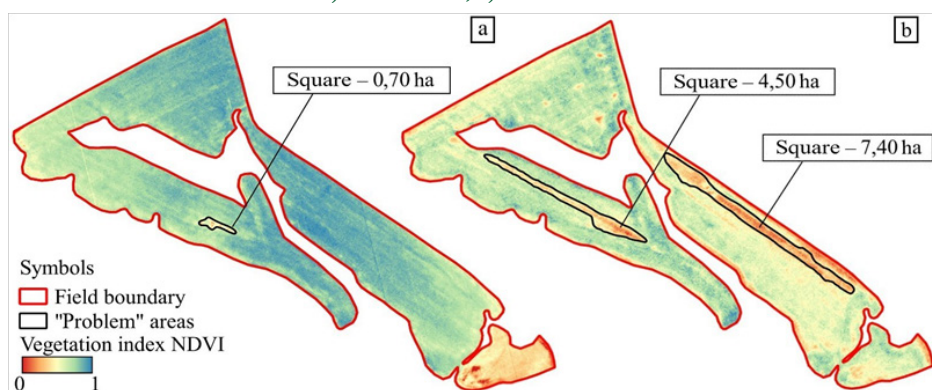


Fig. 3. "Problem" areas inside the agricultural field No. 5: a) 29.07.2020, b) 19.06.2021



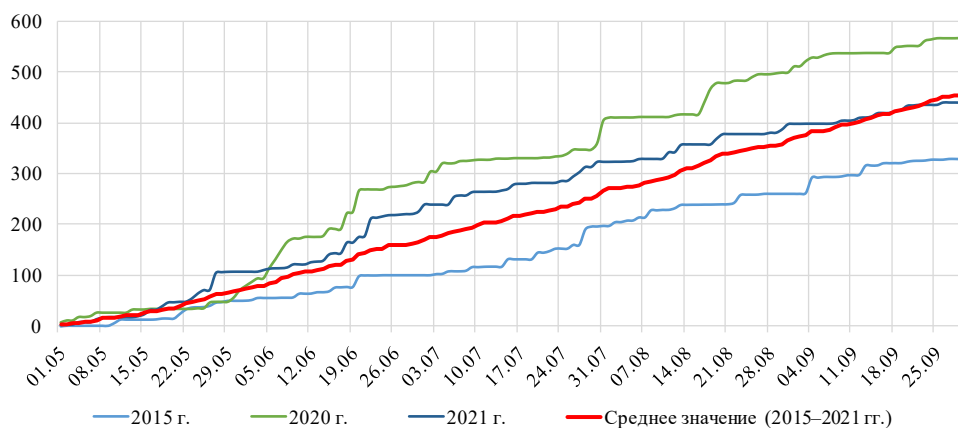


Рис. 4. Накопленные осадки поля № 5 по данным GPM (IMERG)

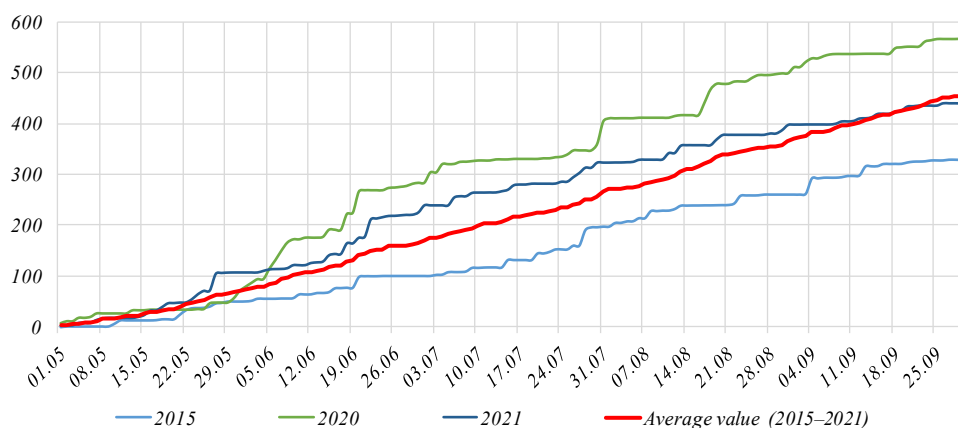


Fig. 4. Accumulated precipitation of field No. 5 according to GPM (IMERG) data

Тематические карты среднесуточной температуры и количества осадков, полученные на основе продуктов Terra MODIS (MOD11) и GPM (IMERG), подготавливаются в формате GeoTIFF. По сути, данные представлены в виде изображения с географической привязкой, содержащие числовые данные. Это позволяет отслеживать распределение значений среднесуточной температуры и количества выпавших осадков. На рис. 5 приведены тематические карты среднесуточной температуры поверхности Земли за 1 июня и 4 июля 2021 года, построенные на основе продуктов Terra MODIS (MOD11). Перепады значений среднесуточной температуры в пределах хозяйства можно охарактеризовать неравномерным развитием растительности и наличием обнаженной почвы, объектов недвижимости, рек и др. В пределах сельскохозяйственных полей перепады температуры в основном связаны только с развитием посевов и наличием обнаженной почвы. Разность в значениях среднесуточной температуры на тематической карте от 01.06.2021 г. (рис. 5, а) объясняется тем, что в это время посевы сельскохозяйственных культур только начали прорастать и в границах полей определялось большое количество обнаженной почвы. На тематической карте от 04.07.2021 г. (рис. 5, б) более высокие зна-

чения среднесуточной температуры в границах полей были выявлены на полях пара.

Оперативный мониторинг по спутниковым данным способствовал получению обширных сведений о сельскохозяйственных посевах ОПХ «Курагинское». Комплексная оценка сельскохозяйственных посевов проводится по полученным значениям вегетационных индексов и основным агроклиматическим показателям. В программе Microsoft Excel строились графики динамики изменений различных показателей в течение вегетационных сезонов. Графики демонстрируют детальную информацию о развитии сельскохозяйственных посевов на основе вегетационных индексов с учетом климатических показателей. В качестве примера приведен график для поля № 5 ОПХ «Курагинское», построенный за вегетационный сезон 2021 г. (рис. 6). На рис. 6 отображено количество ежедневных осадков (мм), динамики вегетационного индекса NDVI и средней суточной температуры (°C). Из графика видно, что максимальное значение средней суточной температуры (23 °C) приходится на 04.07.2021 г., а минимальное (3 °C) – на 30.09.2021 г. За исследуемый период с 5 мая по 30 сентября 2021 г. максимальное количество осадков достигалось 27.05.2021 г. (29,91 мм). Минимальное количество (0,03 мм)

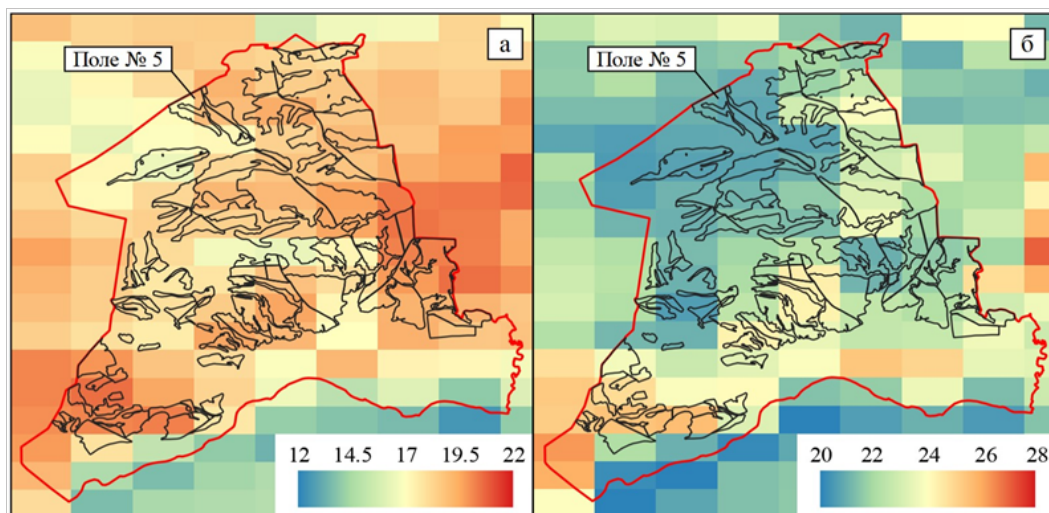


Рис. 5. Распределение значений среднесуточных температур (°C) на территории ОПХ «Курагинское»: а) 01.06.2021 г.; б) 04.07.2021 г.

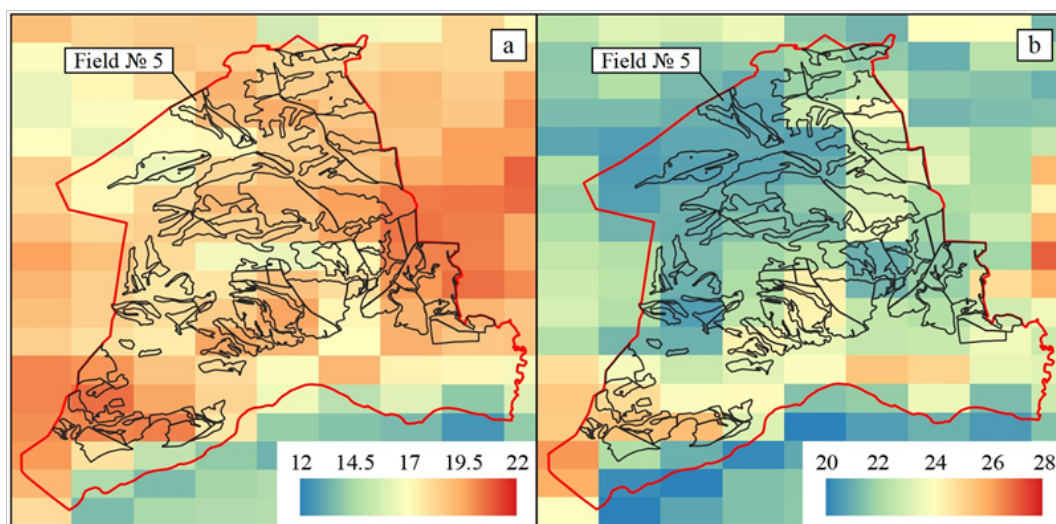


Fig. 5. Distribution of values of average daily temperatures (°C) on the territory of AEPF "Kuraginskoe": a) 01.06.2021; b) 04.07.2021

фиксировалось 26 мая, 12 и 13 июля 2021 г. Количество дней без осадков равняется 48. Ход индекса NDVI в период с 05.06.2021 г. по 03.07.2021 г. отражает наращивание биомассы, после 02.08.2021 г. отмечается значительный спад значений, характеризующий созревание посевов пшеницы и уборку урожая.

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

Мониторинг по спутниковым данным позволяет в оперативном режиме отслеживать состояние сельскохозяйственных посевов и оказывать информационную поддержку для решения сельскохозяйственных задач. В результате оперативного мониторинга территории ОПХ «Курагинское» были отработаны технологии обработки данных Sentinel-2, Terra MODIS (MOD11) и GPM IMERG. Собранная статистика о вегетационных индексах NDVI, CI<sub>Green</sub> и MSAVI<sub>2</sub>, агроклиматических показателях формирует объективную информацию

о хозяйстве в целом и индивидуально по каждому полю. При необходимости список вычисляемых показателей может быть расширен.

По вегетационным индексам для каждого поля можно выявить неоднородность пространственного распределения посевов, которая показывает неравномерность развития сельскохозяйственной культуры и «проблемные» участки внутри полей. На основе информации о температуре и количестве осадков можно делать выводы о том, что климатические условия являются благоприятными (оптимальные значения температур и количество осадков) или неблагоприятными (дефицит и избыток осадков, аномально высокие и низкие температуры) для развития посевов. Вместе с тем по исходным спутниковым снимкам Sentinel-2 можно осуществлять удаленный контроль проводимых технических операций (укос сенокосов, сбор урожая) на территории хозяйства.

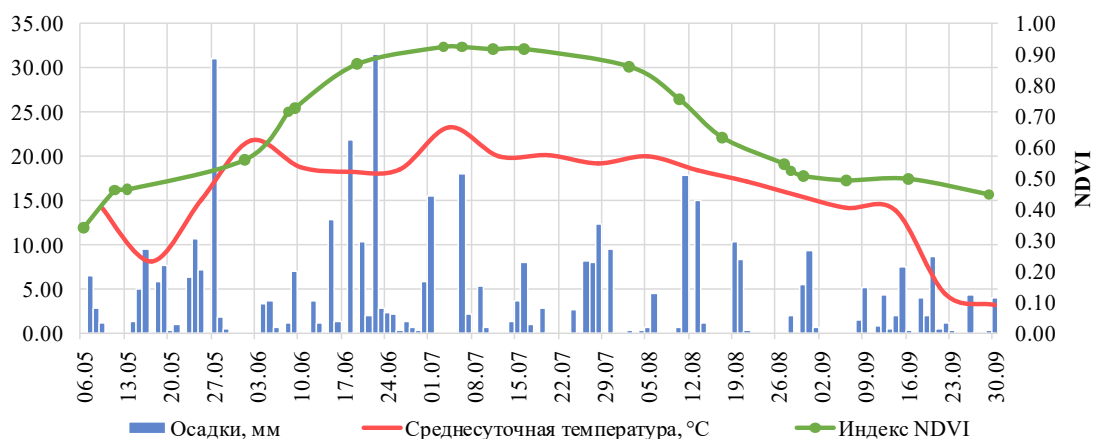


Рис. 6. Ход индекса NDVI и климатических показателей для поля № 5 за вегетационный сезон 2021 года

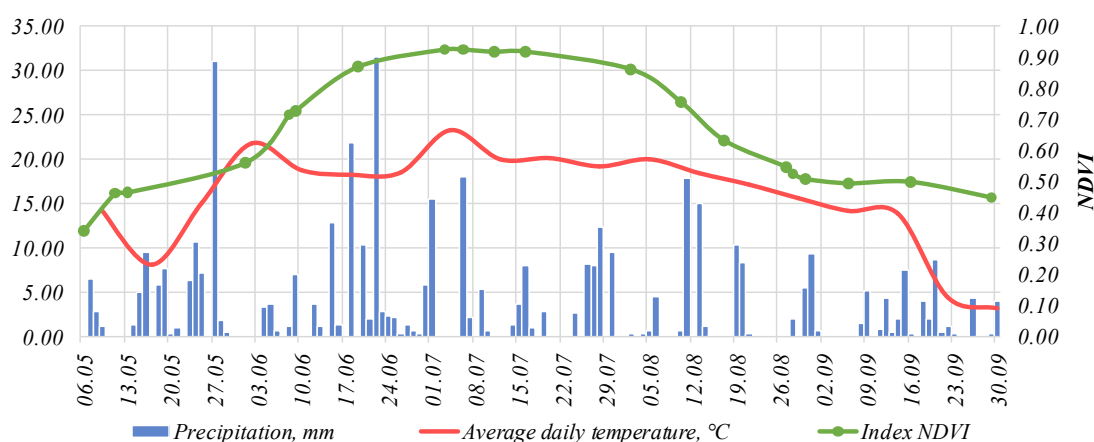


Fig. 6. The progress of the NDVI index and climatic indicators for field No. 5 for the 2021 growing season

В рамках рассмотренного подхода можно в кратчайшие сроки подготавливать данные по спутниковой информации для информационно-аналитической системы. В перспективе такая система сможет отслеживать показатели всей территории хозяйства в режиме реального времени. Доступ к данным через интернет обеспечит специалистов сельскохозяйственной отрасли актуальной информацией и предоставит возможность своевременного принятия взвешенных решений при проведе-

нии технологических операций. Наличие в такой информационной системе данных за несколько лет позволит проводить сравнительный анализ данных на актуальную дату текущего года в сравнении со средними многолетними значениями вегетационных индексов и климатических показателей. Выявление схожих тенденций предоставит возможность для прогнозирования развития сельскохозяйственных посевов.

#### Библиографический список

1. Страшная А. И., Береза О. В., Тарасова Л. Л., Максименкова Т. А., Шульгин И. А., Пурина И. Э., Чекулаева Т. С. Современное состояние и проблемы агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 4 (374). С. 219–240.
2. Ерунова М. Г., Симакина А. С., Якубайлик О. Э. Создание базы данных для точного земледелия ОПХ «Журагинское» // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1 (178). С. 13–20. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-13-20.
3. Комаров А. А., Комаров А. А. Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 51. С. 124–129.
4. Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Чернова И. В. Оценка состояния растений методами экспресс-диагностики // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7 (186). С. 19–25. DOI: 10.32417/article\_5d52af440f71b8.16701399.
5. Трошко К. А., Денисов П. В., Дунаева Е. А., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Толпин В. А. Особенности развития озимых сельскохозяйственных культур на юге европейской части России весной 2022 г. по данным дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 2. С. 261–267. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-2-261-267.

6. Линков С. А., Акинчин А. В., Донченко И. С., Попов А. А. Использование методов дистанционного зондирования для оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 3 (19). С. 92–98.
7. Степанов А. С., Асеева Т. А., Дубровин К. Н. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 1 (192). С. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.
8. Ерошенко Ф. В., Барталев С. А., Лапенко Н. Г., Самофал Е. Б., Сторчак И. Г. Возможности дистанционной оценки состояния и степени деградации природных кормовых угодий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 53–66. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-53-66.
9. Белоусова А. П., Брыжко И. В. Анализ зарастания сельскохозяйственных угодий на территории Пермского края по спутниковым снимкам Landsat // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. № 4. С. 150–161. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-150-161.
10. Segarra J., Araus J. L., Kefauver S. C. Farming and Earth Observation: Sentinel-2 data to estimate within-field wheat grain yield // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2022. Vol. 107. Article number 102697. DOI: 10.1016/j.jag.2022.102697.
11. Blickensdörfer L., Schwieder M., Pflugmacher D., Nendel C., Erasmi S., Hostert P. Mapping of crop types and crop sequences with combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data for Germany // Remote Sensing of Environment. 2022. Vol. 269. Article number 112831. DOI: 10.1016/j.rse.2021.112831.
12. Yakubailik O. E., Yakubailik T. V. Analysis of accumulated precipitation based on satellite data in Central Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Article number 32025. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032025.
13. Воронина П. В. Динамика температуры поверхности Новосибирской области по данным дистанционного зондирования в XXI веке // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 4. С. 31–39. DOI: 10.33764/2618-981X-2022-4-31-39.
14. Eck M. A., Murray A. R., Ward A. R., Konrad C. E. Influence of growing season temperature and precipitation anomalies on crop yield in the southeastern United States // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 291. Article number 108053. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108053.
15. Головинов Е. Э., Васильева Н. А. Сравнение многолетних метеорологических характеристик по данным реанализа и наземных наблюдений на территории Московской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 3. С. 92–105. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-92-105.
16. Ботвич И. Ю., Емельянов Д. В., Ларько А. А., Мальчиков Н. О., Ивченко В. К., Демьяненко Т. Н., Шевырнов А. П. Оценка пространственного распределения урожайности ярового ячменя (Красноярский край) по наземным и спутниковым спектрофотометрическим данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 5. С. 183–193. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-183-193.
17. Erunova M. G., Yakubailik O. E., Yakubaylik T. V. Analysis of the temperature regime of basin geosystems of the Krasnoyarsk Territory using MODIS satellite images and ground-based data // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Article number 52026. DOI: 10.1088/1757-899X/862/5/052026.
18. Анисимов А. Е., Ефимов В. В., Львова М. В. Верификация данных дистанционного зондирования GPM IMERG и количественные оценки атмосферных осадков в Крымском регионе в теплое время года // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37. № 4 (220). С. 490–504. DOI: 10.22449/0233-7584-2021-4-490-504.

#### Об авторах:

Анна Сергеевна Кузнецова<sup>1</sup>, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8351-7536, AuthorID 1123552; +7 983 363-40-35, [anna.simakina.97@mail.ru](mailto:anna.simakina.97@mail.ru)

Марина Геннадьевна Ерунова<sup>1</sup>, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1922-1036, AuthorID 116643; +7 903 987-52-78, [marina.erunova@gmail.com](mailto:marina.erunova@gmail.com)

Олег Эдуардович Якубайлик<sup>2</sup>, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по научной работе, ORCID 0000-0002-2668-4776, AuthorID 99904; +7 902 990-64-32, [oleg@icm.krasn.ru](mailto:oleg@icm.krasn.ru)

<sup>1</sup> Федеральное исследовательское учреждение «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия» <sup>2</sup> Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия



## References

1. Strashnaya A. I., Bereza O. V., Tarasova L. L., Maksimenkova T. A., Shul'gin I. A., Purina I. E., Chekulaeva T. S. Sovremennoe sostoyanie i problemy agrometeorologicheskogo obespecheniya sel'skogo khozyaystva Rossii [Current state and problems of agrometeorological support of agriculture in Russia] // Hydrometeorological Research and Forecasting. 2019. No. 4 (374). Pp. 219–240. (In Russian.)
2. Erunova M. G., Simakina A. S., Yakubaylik O. E. Sozdanie bazy dannykh dlya tochnogo zemledeliya OPKh "Kuraginskoe" [Database for precision farming at the Kuraginskoye agricultural experimental production facility] // Vestnik KrasGAU. 2022. No. 1 (178). Pp. 13–20. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-13-20. (In Russian.)
3. Komarov A. A., Komarov A. A. Otsenka sostoyaniya travostoya s pomoshch'yu vegetatsionnogo indeksa NDVI [Assessment of the state of the herbage using the vegetation index NDVI] // Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2018. No. 51. Pp. 124–129. (In Russian.)
4. Eroshenko F. V., Storchak I. G., Chernova I. V. Otsenka sostoyaniya rasteniy metodami ekspress-diagnostiki [Assessment of plant condition by express-diagnostic methods] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 7 (186). Pp. 19–25. DOI: 10.32417/article\_5d52af440f71b8.16701399. (In Russian.)
5. Troshko K. A., Denisov P. V., Dunaeva E. A., Lupyan E. A., Plotnikov D. E., Tolpin V. A. Osobennosti razvitiya ozimnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na yuge evropeyskoy chasti Rossii vesnoy 2022 g. po dannym distantsionnogo monitoringa [Development of winter crops in the south of European part of Russia in spring 2022 based on remote sensing data] // Current problems in remote sensing of the Earth from space. 2022. Vol. 19. No. 2. Pp. 261–267. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-2-261-267. (In Russian.)
6. Linkov S. A., Akinchin A. V., Donchenko I. S., Popov A. A. Ispol'zovanie metodov distantsionnogo zondirovaniya dlya otsenki sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [The use of remote sensing techniques to assess the condition of agricultural crops] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2018. No. 3 (19). Pp. 92–98. (In Russian.)
7. Stepanov A. S., Aseeva T. A., Dubrovin K. N. Vliyanie klimaticheskikh kharakteristik i znacheniy vegetatsionnogo indeksa NDVI na urozhaynost' soi (na primere rayonov Primorskogo kraya) [The influence of climatic characteristics and values of NDVI at soybean yield (on the example of the districts of the Primorskiy region)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 1 (192). Pp. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19. (In Russian.)
8. Eroshenko F. V., Bartalev S. A., Lapenko N. G., Samofal E. B., Storchak I. G. Vozmozhnosti distantsionnoy otsenki sostoyaniya i stepeni degradatsii prirodnykh kormovykh ugodiy [Capabilities for rangelands state and degradation assessment using remote sensing data] // Current problems in remote sensing of the Earth from space. 2018. Vol. 15. No. 7. Pp. 53–66. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-53-66. (In Russian.)
9. Belousova A. P., Bryzhko I. V. Analiz zarastaniya sel'skokhozyaystvennykh ugodiy na territorii Permskogo kraya po sputnikovym snimkam Landsat [Analysis of overgrowing of agricultural lands on the Perm region based on Landsat satellite images] // InterCarto. InterGIS. 2021. Vol. 27. No. 4. Pp. 150–161. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-150-161. (In Russian.)
10. Segarra J., Araus J. L., Kefauver S. C. Farming and Earth Observation: Sentinel-2 data to estimate within-field wheat grain yield // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2022. Vol. 107. Article number 102697. DOI: 10.1016/j.jag.2022.102697.
11. Blickensdörfer L., Schwieder M., Pflugmacher D., Nendel C., Erasmi S., Hostert P. Mapping of crop types and crop sequences with combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data for Germany // Remote Sensing of Environment. 2022. Vol. 269. Article number 112831. DOI: 10.1016/j.rse.2021.112831.
12. Yakubailik O. E., Yakubailik T. V. Analysis of accumulated precipitation based on satellite data in Central Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Article number 32025. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032025. (In Russian.)
13. Voronina P. V. Dinamika temperatury poverkhnosti Novosibirskoy oblasti po dannym distantsionnogo zondirovaniya v XXI veke [The Land Surface Temperature Dynamics of the Novosibirsk Region from Remote Sensing Data in XXI Century] // InterCarto. InterGIS. 2022. Vol. 4. Pp. 31–39. DOI: 10.33764/2618-981X-2022-4-31-39. (In Russian.)
14. Eck M. A., Murray A. R., Ward A. R., Konrad C. E. Influence of growing season temperature and precipitation anomalies on crop yield in the southeastern United States // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 291. Article number 108053. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108053.
15. Golovinov E. E., Vasil'eva N. A. Sravnenie mnogoletnykh meteorologicheskikh kharakteristik po dannym reanaliza i nazemnykh nablyudeniy na territorii Moskovskoy oblasti [Comparison of long-term meteorological characteristics based on reanalysis and ground observations data in Moscow region] // Land Reclamation and Hydraulic Engineering. 2022. Vol. 12. No. 3. Pp. 92–105. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-92-105. (In Russian.)



16. Botvich I. Yu., Emel'yanov D. V., Lar'ko A. A., Mal'chikov N. O., Ivchenko V. K., Dem'yanenko T. N., Shevyrnogov A. P. Otsenka prostranstvennogo raspredeleniya urozhaynosti yarovogo yachmenya (Krasnoyarskiy kray) po nazemnym i sputnikovym spektrofotometricheskim dannym [Estimation of the spatial distribution of spring barley yield (Krasnoyarsk Territory) from ground and satellite spectrophotometric data] // Current problems in remote sensing of the Earth from space. 2019. Vol. 16. No. 5. Pp. 183–193. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-183-193. (In Russian.)
17. Erunova M. G., Yakubailik O. E., Yakubaylik T. V. Analysis of the temperature regime of basin geosystems of the Krasnoyarsk Territory using MODIS satellite images and ground-based data // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Article number 52026. DOI: 10.1088/1757-899X/862/5/052026. (In Russian.)
18. Anisimov A. E., Efimov V. V., L'vova M. V. Verifikatsiya dannykh distantsionnogo zondirovaniya GPM IMERG i kolichestvennye otsenki atmosferykh osadkov v Krymskom regione v teploe vremya goda [Evaluation of GPM IMERG Products and Estimation of Warm-Season Precipitation in Crimea] // Physical Oceanography. 2021. Vol. 37. No. 4 (220). Pp. 490–504. DOI: 10.22449/0233-7584-2021-4-490-504. (In Russian.)

**Authors' information:**

Anna S. Kuznetsova<sup>1</sup>, junior researcher, ORCID 0000-0002-8351-7536, AuthorID 1123552; +7 983 363-40-35, [anna.simakina.97@mail.ru](mailto:anna.simakina.97@mail.ru)

Marina G. Erunova<sup>1</sup>, candidate of technical sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-1922-1036, AuthorID 116643; +7 903 987-52-78, [marina.erunova@gmail.com](mailto:marina.erunova@gmail.com)

Oleg E. Yakubailik<sup>2</sup>, candidate of physico-mathematical sciences, deputy director for scientific work, ORCID 0000-0002-2668-4776, AuthorID 99904; +7 902 990-64-32, [oleg@icm.krasn.ru](mailto:oleg@icm.krasn.ru)

<sup>1</sup>Federal Research Center Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Computational Modeling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

## Слагаемые продуктивности сортов яровой пшеницы

А. М. Ленточкин<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

✉ E-mail: agroplod@udsau.ru

**Аннотация.** Каждая почвенно-климатическая зона должна обеспечиваться наиболее адаптированными сортами сельскохозяйственных культур. Среднее Предуралье характеризуется непродолжительным вегетационным периодом, низкогумусными кислыми почвами. В связи с глобальным потеплением сумма активных температур в регионе увеличилась и превысила 2000 °С, что расширило возможность выращивания не только раннеспелых, но и среднеспелых сортов яровой пшеницы, имеющих больший потенциал продуктивности. **Цель** исследования – сравнительная оценка сортов яровой пшеницы разных групп спелости по характеру развития надземной массы, формирования урожайности и ее слагаемых. **Методы.** Зональные испытания были проведены в течение трех лет на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве. В микроделяночном полевом опыте с площадью учетной делянки 1,05 м<sup>2</sup> в шестикратной повторности было испытано 10 сортов раннеспелой, среднеранней и среднеспелой групп. **Результаты.** Установлено, что в сравнении с раннеспелым сортом Иргина более урожайными проявили себя среднеранние сорта Омская 36 (на 13 %) и Калинка (на 20 %), а также среднеспелые сорта Симбирцит (на 15 %), Ликамеро (на 13 %) и Черноземноуральская 2 (на 31 %). При этом сорта Черноземноуральская 2 и Калинка показали среднее варьирование урожайности ( $V = 12,5$  и  $19,7$  % соответственно). Среднеспелые сорта Симбирцит, Ликамеро и Черноземноуральская 2 по сравнению с сортом Иргина имели существенно меньший коэффициент соломистости: на 18, 29 и 17 % соответственно. Сорт Черноземноуральская 2 выделился среди других сортов по коэффициенту продуктивной кустистости, превысив сорт Иргина на 15,5 %. По крупности зерна выделились сорта Калинка и Симбирцит, превысив сорт Иргина (27,7 г) на 3,9 и 3,0 г соответственно. **Научная новизна** проведенных исследований заключается в сравнительной оценке формирования урожайности сортами яровой пшеницы разных групп спелости на кислой малогумусной почве.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, сорт, группа спелости сортов, урожайность зерна, слагаемые урожайности.

**Для цитирования:** Ленточкин А. М. Слагаемые продуктивности сортов яровой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2023. № 09 (238). С. 41–51. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-41-51.

**Дата поступления статьи:** 10.04.2023, **дата рецензирования:** 24.04.2023, **дата принятия:** 26.05.2023.

## Productivity components of spring wheat varieties

А. М. Lentochkin<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

✉ E-mail: agroplod@udsau.ru

**Abstract.** Each soil-climatic zone should be provided with the most adapted varieties of agricultural crops. The Middle Cis-Urals is characterized by a short growing season, low-humus acidic soils. However, due to global warming, the sum of active temperatures in the region exceeded 2000 °C and made it possible to grow not only early-ripening, but also mid-ripening varieties of spring wheat, which have a greater productivity potential. **The purpose** of the study is a comparative assessment of spring wheat varieties of different ripeness groups according to the nature of the development of the above-ground mass, the formation of yield and its components. **Methods.** Zonal tests were carried out for three years on acidic soddy medium podzolic medium loamy soil. We tested 10 varieties of early, mid-early and mid-ripening groups. The field experience had accounting plots with an area of 1.05 m<sup>2</sup> and their sixfold repetition. **Results.** It has been established that the mid-early varieties Omskaya 36 and Kalinka, as well as the mid-ripening varieties Simbirtsit, Likamero and Chernozemnooural'skaya 2, significantly

exceeded the yield of the early ripe variety Irgina by 13, 20, 15, 13 and 31 %, respectively. In addition, varieties Chernozemnour'skaya 2 and Kalinka showed an average variation in yield ( $V = 12.5$  and  $19.7$  %, respectively). The mid-ripening varieties Simbirtsit, Likamero and Chernozemnour'skaya 2 compared with the Irgina variety had a significantly lower straw content ratio by 18, 29 and 17 %, respectively. The variety Chernozemnour'skaya 2 stood out among other varieties in coefficient of productive tillering, exceeding the Irgina variety by 15.5 %. Varieties Kalinka and Simbirtsit had a greater mass of 1000 grains, respectively, by 3.9 and 3.0 g than that of the Irgina variety (27.7 g). **The scientific novelty** of the conducted research lies in the comparative assessment of the formation of yields by spring wheat varieties of different ripeness groups on acidic low-humus soil.

**Keywords:** spring wheat, variety, ripeness group of varieties, grain yield, yield components.

**For citation:** Lentochkin A. M. Slagaemye produktivnosti sortov yarovoy pshenitsy [Productivity components of spring wheat varieties] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 09 (238). Pp. 41–51. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-41-51. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 10.04.2023, **date of review:** 24.04.2023, **date of acceptance:** 26.05.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Работа селекционеров направлена на постоянное улучшение хозяйственно ценных признаков сортов яровой пшеницы, одним из которых является урожайность зерна. Было установлено, что за столетний период урожайность сибирских сортов яровой пшеницы была увеличена в два раза, а за последние полвека генетический прирост урожайности новых сортов составил ежегодно 0,95 % – главным образом за счет повышения крупности зерна [1, с. 428, 432]. В связи с глобальным потеплением моделирование, проведенное зарубежными учеными, позволило сделать прогноз, что новые сорта растений С3-типа (пшеница и другие) продолжают увеличивать урожайность в отличие от сортов растений С4-типа [2, с. 11]. В условиях нестабильности вегетационных периодов по годам для обеспечения устойчивости урожаев в предстоящий период необходимо особое внимание уделять диверсификации сортов и повышению их жаростойкости [3, с. 10].

Среднее Предуралье характеризуется непродолжительным вегетационным периодом, средней суммой активных температур около 2000 °С, малогумусными дерново-подзолистыми почвами. В этих условиях более стабильную урожайность и качество зерна в XX веке обеспечивали раннеспелые и среднеранние сорта.

Проведенные в условиях Северо-Запада России 16-летние исследования генетических ресурсов растений ВИР показали, что ультраскороспелая линия Рико (*Triticum aestivum* var. *erythrosperrum*) обладает самой высокой скоростью развития от посева до колошения в сравнении с другими представителями коллекции яровой мягкой пшеницы [4, с. 97], но растения типа Рико, как правило, имеют пониженную продуктивность колоса [4, с. 96]. Близки к этой линии сорта, созданные в Новосибирской области, а также некоторые образцы северо-восточной зоны Китая [5, с. 70], сорт Омская 36 [6, с. 44]. Сорта, созданные в НИИСХ Северного Зауралья, в засушливых условиях и при малом количестве осадков спо-

собны сформировать высококачественное зерно, но при этом имеют невысокую урожайность [7, с. 36].

Условия вегетационных периодов по годам обычно складываются различно и существенно различаются по отдельным его промежуткам. Установлено, что урожайность пшеницы имеет прямую связь с осадками за вегетационный период, особенно в период от посева до цветения. Июнь считается самым критичным периодом, дефицит выпадения осадков в который отрицательно сказывается на урожайности пшеницы [8, с. 789]. Но рост растений яровой пшеницы сильнее всего коррелирует с температурой: пониженные температуры увеличивают продолжительность межфазных периодов, повышенные – сокращают. В результате при пониженной температуре воздуха и достаточном увлажнении растения развивают большое количество продуктивных побегов, максимальное количество листьев, крупный колос с большим количеством колосков пшеницы [9, с. 91].

Степень развития растений во многом определяет урожайность зерна. Так, белорусскими учеными установлено, что зависимость урожайности зерна от сухой надземной массы прямая сильная ( $R^2 = 0,94$ ), а от  $K_{хоз.}$  – прямая средняя ( $R^2 = 0,46$ ). При этом  $K_{хоз.}$  имел большую степень сопряженности с массой 1000 зерен [10, с. 96]. Однако с увеличением доз азота  $K_{хоз.}$  снижается [10, с. 93], т. е., применяя повышенные дозы азота в расчете на увеличение урожайности зерна, получаем преимущественное увеличение вегетативной массы. Как было установлено в Предкамье Республики Татарстан, доля соломы в надземной массе яровой пшеницы существенно не изменяется в засушливый год по сравнению с благоприятным [11, с. 16, 17].

Урожайность зерна яровой пшеницы определяется ее слагаемыми, формирование которых зависит от генетических, агротехнических и экологических факторов [12, с. 69]. Так, при нормальных условиях влагообеспеченности интенсивные сорта яровой пшеницы компании КВС полнее реализовали по-

тенциал продуктивной кустистости, составившей 1,48–1,66, чем у отечественного сорта Ульяновская 105 (1,08), и сформировали густоту продуктивного стеблестоя 584–606 шт/м<sup>2</sup>. Однако при недостаточной влагообеспеченности существенных различий между сортами выявлено не было [11, с. 15]. Норма высева семян яровой пшеницы оказывает существенное влияние на продуктивную кустистость растений, значительно увеличиваясь на разреженных посевах [12, с. 68]. Такой показатель структуры урожайности, как масса 1000 зерен, является относительно маловарьирующим по годам признаком сорта [9, с. 97].

Генотипические различия сортов пшеницы по густоте продуктивного стеблестоя не оказывали существенного влияния на урожайность зерна, а связь массы 1000 зерен и числа зерен была средней положительной. В то же время модификационные различия по густоте продуктивного стеблестоя характеризовались высокой степенью сопряженности с урожайностью ( $r = 0,81$ ), тогда как с числом зерен и массой зерна с колоса – несущественная зависимость, а с массой 1000 зерен – отрицательная средняя [10, с. 95; 12, с. 73].

При подборе сортов для конкретного региона нужно в первую очередь обращать внимание на сорта, которые создавались и проходили отбор в аналогичных условиях [14, с. 15; 15, с. 434] и наибольший интерес представляют генотипы с широкой нормой реакции [16, с. 125].

Цель настоящей работы – сравнительная оценка сортов яровой пшеницы разных групп спелости по характеру развития надземной массы, формирования урожайности и ее слагаемых.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Зональные испытания сортов яровой пшеницы в течение 2018–2020 гг. были проведены в структурном подразделении «УНПК Агротехнопарк» Удмуртского государственного аграрного университета на малоплодородной дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой почве со следующей агрохимической характеристикой: органическое вещество – очень низкое – среднее; рН<sub>KCl</sub> – сильнокислая – слабокислая; S – очень низкая – низкая; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – средняя – высокая, K<sub>2</sub>O – средняя – высокая.

Вегетационные периоды за годы исследований имели широкий спектр изменчивости. Так, по температурному режиму они характеризовались периодами как значительного превышения, так и снижения по сравнению со среднемноголетними значениями. По сумме выпавших атмосферных осадков вегетационные периоды характеризовались как дефицитом, избыточностью, так и значительной неравномерностью их выпадения.

Было испытано 10 сортов трех групп спелости. Раннеспелая группа была представлена тремя сортами: Иргина, Ирень, Свеча; среднеранняя группа – тремя сортами: Омская 36, Горноуральская, Калинка; среднеспелая группа – четырьмя сортами: Симбирцит, Черноземноуральская 2, Ликамеро,

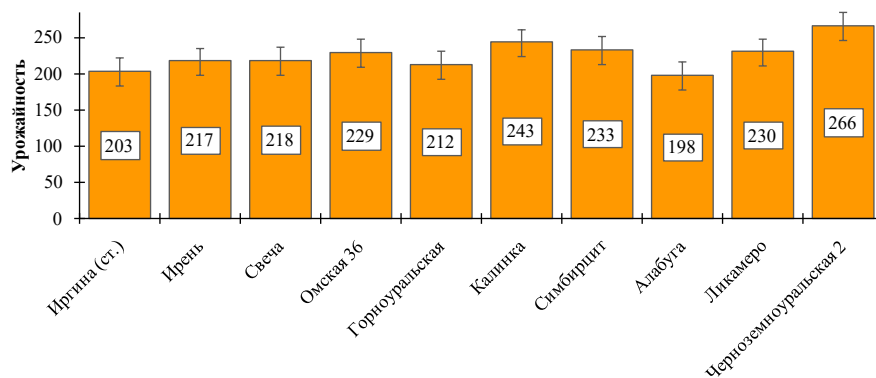


Рис. 1. Сравнительная урожайность зерна сортов яровой пшеницы, г/м<sup>2</sup>

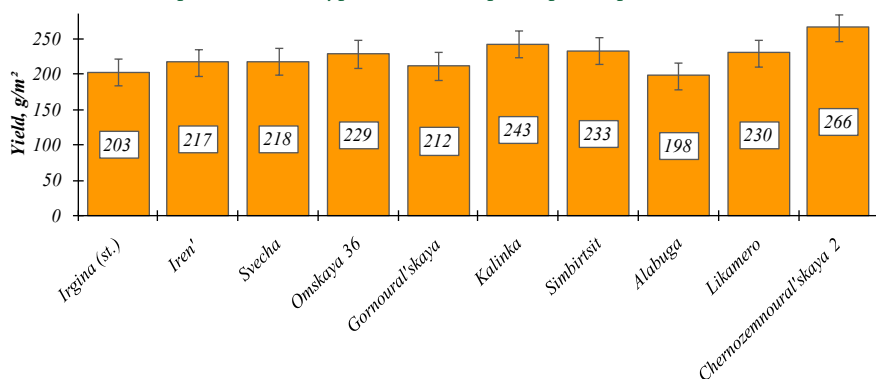


Fig. 1. Comparative grain yield of spring wheat varieties, g/m<sup>2</sup>



Алабуга. Сравнение сортов проведено с уникальным сортом Иргина, который по качеству зерна характеризуется как сильный и активно используется для вовлечения в селекционный процесс как носитель важных хозяйственно ценных признаков.

Испытание сортов было проведено в микроделянном полевом опыте с площадью учетной деланки 1,05 м<sup>2</sup> в шестикратной повторности. Предшественник – озимая тритикале, система обработки почвы – минимальная. Минеральные удобрения внесены перед посевом в виде азофоски (N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub>). Посев проведен вручную: норма высева всхожих семян – 6 млн шт/га, глубина посева – 4 см, междурядье – 15 см. По мере созревания сортов уборка была проведена вручную со всей учетной площади деланки. Эти растения были использованы для определения надземной биомассы и показателей структуры урожайности. Урожайность зерна с деланок получена путем обмолота всех учетных растений.

### Результаты (Results)

Испытываемые сорта имели различное эколого-географическое происхождение, созданы в различных селекционных центрах. Все сорта раннеспелой группы были представлены разновидностью *multurum*, в среднеранней группе два сорта (Горноуральская, Калинка) – разновидностью *multurum*, а один (Омская 36) – *lutescens*, сорта среднеспелой группы – *lutescens*. Габитус сортов, их архитектоника и морфологические признаки имели значительные различия. Различались сорта и по характеру формирования биомассы надземной части растений, ее распределению между основной и побочной продукцией (рис. 1).

Урожайность зерна – самый важный хозяйственно ценный признак яровой пшеницы. Сорт Иргина, взятый за стандарт, выращивается в хозяйствах региона с 90-х гг. XX в. и по настоящее время благодаря стабильно высокому качеству формируемого зерна. В наших исследованиях этот сорт в среднем за три года на малогумусной кислой почве при умеренной предпосевной дозе минеральных удобрений сформировал урожайность более 200 г/м<sup>2</sup> (в пере-

счете на гектар – 2 т). Критерием существенности различий в сравнении с другими сортами является наименьшая существенная разность, рассчитанная для 5-процентного уровня значимости, величина которой использована в качестве фиксированного значения планки предела погрешностей для столбцов диаграммы. Проведенный анализ показывает, что сорт Иргина по урожайности зерна существенно уступил раннеспелым сортам Омская 36 – на 26 г/м<sup>2</sup>, Калинка – на 40 г/м<sup>2</sup>, а также большинству среднеспелых сортов: Симбирциту – на 30 г/м<sup>2</sup>, Ликамеро – на 27 г/м<sup>2</sup>, Черноземноуральской 2 – на 63 г/м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub> = 19 г/м<sup>2</sup>). Из трех изучаемых групп спелости более урожайными проявили себя среднеспелые сорта.

Растения яровой пшеницы являются автотрофными. В процессе фотосинтеза участвуют листья, стебли, чешуйки и ости колоса. Можно предположить, что чем больше фотосинтезирующая поверхность растения, тем может быть больше продуктов фотосинтеза. Но эти продукты фотосинтеза у разных сортов по-разному распределяются между основной и побочной продукцией яровой пшеницы. Чтобы проанализировать данное распределение, был рассчитан коэффициент соломистости, являющийся частным от деления массы соломы на массу зерна (рис. 2). Массу соломы рассчитали как разность между надземной биомассой, срезанной на уровне 15 см от уровня корней растений, и массой обмолоченного зерна.

По показателю соломистости сорт Иргина (1,80 ед.) можно отнести к экстенсивному сорту, у которого значительная часть продуктов фотосинтеза направляется в вегетативные органы растений. У короткостебельного французского сорта Ликамеро коэффициент соломистости составил самое малое значение (1,28 ед.) среди всех испытываемых сортов, существенно отличаясь по этому показателю от сорта Иргина, так же как сортов Симбирцит и Черноземноуральская 2 (НСР<sub>05</sub> = 0,17 ед.).

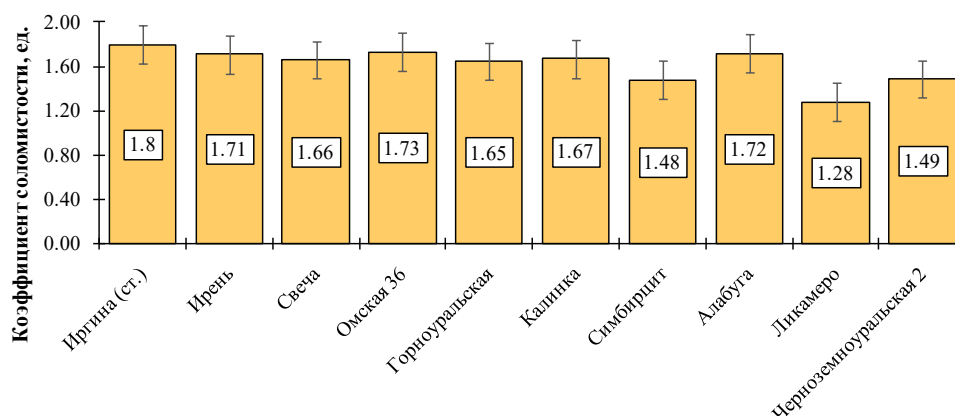


Рис. 2. Коэффициент соломистости сортов яровой пшеницы, ед.

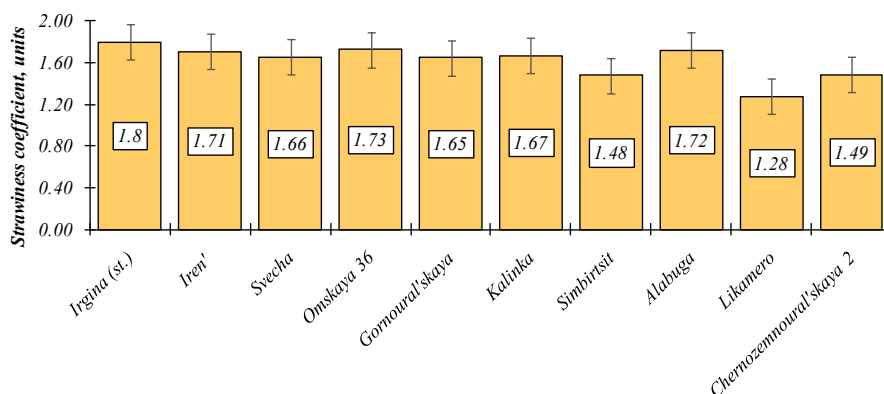


Fig. 2. Strawiness coefficient of spring wheat varieties, units

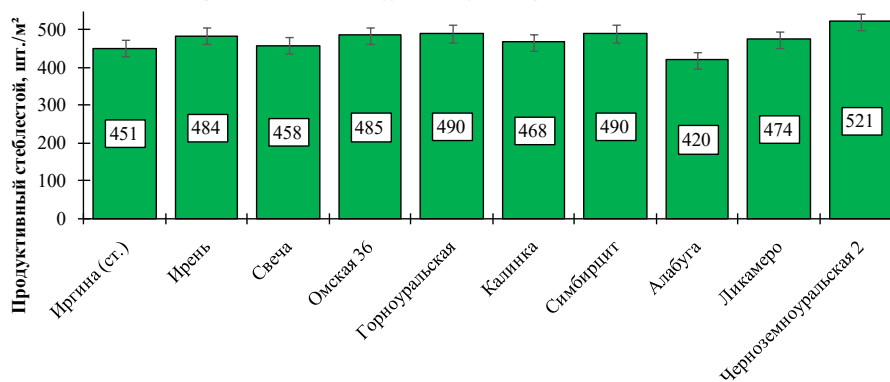


Рис. 3. Густота продуктивного стеблестоя сортов яровой пшеницы, шт/м²

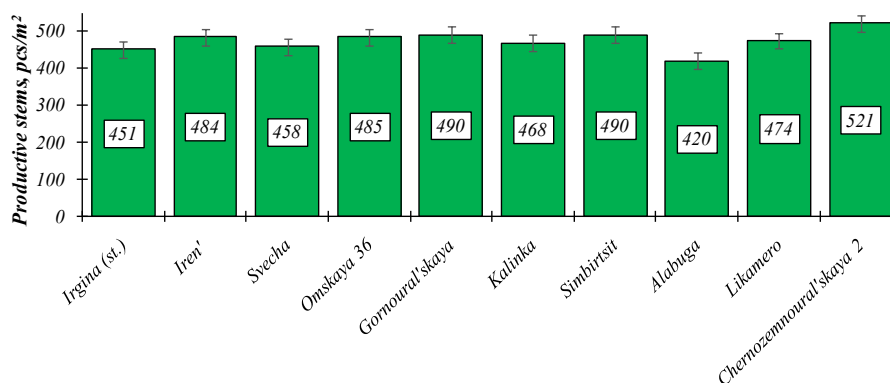


Fig. 3. Density of productive stems of spring wheat varieties, pcs/m²

Важным показателем структуры урожайности является густота продуктивного стеблестоя. При одинаковой норме высева всхожих семян 6 млн шт/га была обеспечена оптимальная густота продуктивного стеблестоя по всем сортам (рис. 3).

Стандарт Иргина характеризовался средней густотой продуктивного стеблестоя (451 шт/м²). Эту величину существенно превзошли сорта Ирень – на 33 шт/м², Омская 36 – на 34 шт/м², Симбирскит – на 39 шт/м², Ликамеро – на 23 шт/м², Черноземноуральская 2 – на 70 шт/м² ( $НСР_{05} = 22$  шт/м²). Сорт Алабуга имел существенно меньшую (на 31 шт/м²), чем стандарт, густоту продуктивного стеблестоя, что было связано, как показали наблюдения, со значительной пораженностью данного сорта пыльной головней.

Густота продуктивного стеблестоя в значительной степени определяется продуктивной кустистостью. Проведение анализа продуктивной кустистости сортов яровой пшеницы показало следующие результаты (рис. 4).

Сорт Иргина является слабокустящимся сортом, показывает среднюю величину продуктивной кустистости 1,1 ед. Практически такую же величину продуктивной кустистости имел сорт Алабуга. Но все остальные сорта существенно превысили стандарт по этому показателю ( $НСР_{05} = 0,03$  ед.). Среднеспелый сорт Черноземноуральская 2 показал самую высокую продуктивную кустистость, превысив сорт Иргина на 0,17 ед. Высокая продуктивная кустистость – типичная характеристика данного сорта.

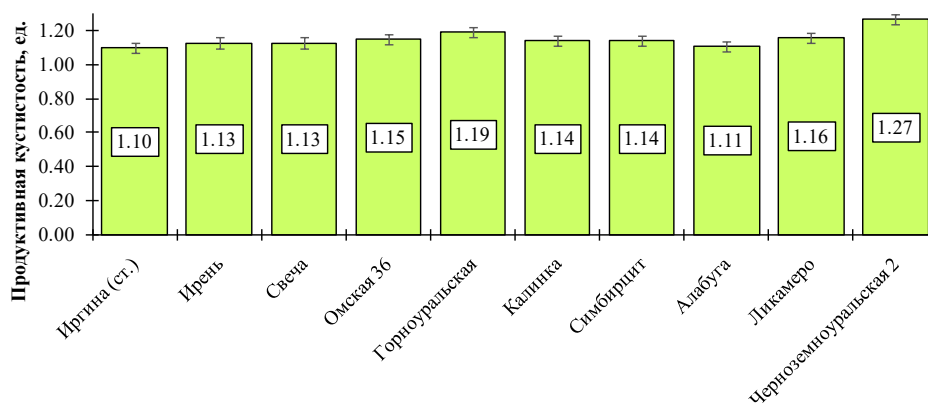


Рис. 4. Продуктивная кустистость сортов яровой пшеницы, ед.

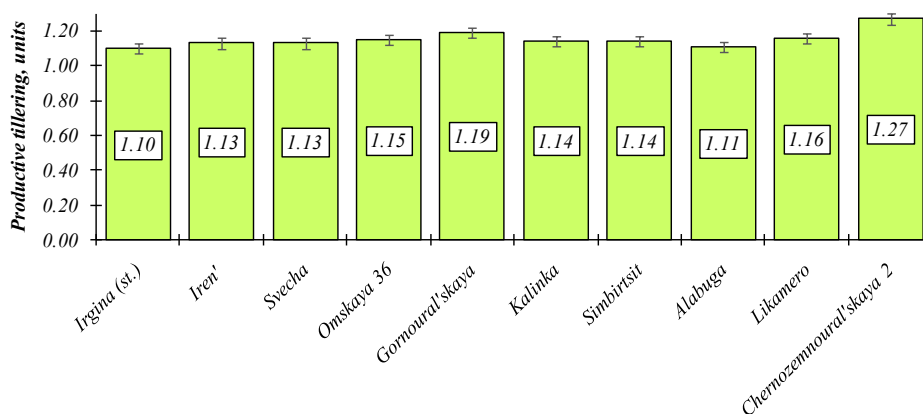


Fig. 4. Productive tillering of spring wheat varieties, units

Масса 1000 зерен является важным хозяйственно ценным признаком сортов яровой пшеницы. Этот показатель влияет на продуктивность колоса и посевов в целом, обуславливает технологические показатели зерна. Природно-климатические условия Среднего Предуралья не способствуют формированию яровой пшеницей крупного зерна. Наши трехлетние исследования показали среднее значение массы 1000 зерен 10 сортов яровой пшеницы на уровне 29 г (рис. 5). Сорт Иргина, характеризующийся невысокой крупностью зерна, сформировал среднюю массу 1000 зерен на уровне 27,7 г. Эту величину существенно превысили: раннеспелый сорт Ирень – на 2,1 г; среднеранние сорта Омская 36 – на 2,0 г, Калинка – на 3,9 г; среднеспелые сорта Симбирцит – на 3,0 г, Черноземноуральская 2 – на 2,1 г ( $\text{НСР}_{05} = 1,6 \text{ г}$ ).

Урожайность зерна как один из наиболее важных хозяйственно ценных признаков может находиться в различных корреляционных отношениях с другими признаками. Проведенные нами расчеты показали следующие результаты (таблица 1).

Было выявлено, что урожайность зерна имеет прямую среднюю корреляционную связь с коэффициентом солоmistости по сорту Калинка (существенно на 1 % уровне значимости,  $t_{r \text{ факт.}} > t_{01}$ ) и сильную по сорту Симбирцит (существенно на 0,1 % уровне значимости,  $t_{r \text{ факт.}} > t_{0,1}$ ).

По влиянию густоты продуктивного стеблестоя на урожайность зерна установлена средняя положительная корреляционная связь по следующим сортам: Иргина, Ирень, Омская 36, Калинка, Ликамеро, Черноземноуральская 2.

Большое влияние на урожайность зерна, как показал корреляционный анализ, оказывает продуктивная кустистость. Исключение составил лишь сорт Иргина, где не проявилась какая-либо корреляционная связь. По всем остальным испытываемым сортам влияние продуктивной кустистости на урожайность зерна было положительным сильным, доказанное на уровне значимости 0,1 %, а по сорту Ликамеро – положительным средним, доказанное на уровне значимости 1 %.

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

Каждый созданный сорт характеризуется специфическими морфологическими и биологическими признаками, которые обеспечивают ему наибольшую приспособленность к определенным условиям. Среднее Предуралье представлено преимущественно дерново-подзолистыми почвами с повышенной кислотностью, невысоким и низким содержанием органического вещества, что затрудняет реализацию высокого генетического потенциала сорта. Продолжительность вегетационного периода в регионе ограниченная, средняя по годам сумма активных температур в конце XX в. состав-

ляла менее 2000 °С. Эти условия не всегда позволяли вызреть среднеспелым сортам яровой пшеницы и овса. Стабильно формировали урожай лишь раннеспелые сорта яровой пшеницы разновидности *millurum*, которые за счет красной окраски способны были лучше усваивать солнечную радиацию в конце вегетационного периода и дозревать. Однако

в начале XXI в. в связи с глобальным потеплением средняя сумма активных температур превысила значение 2100 °С [17, с. 833] и появилась возможность успешного выращивания среднеспелых сортов, которые имеют больший потенциал продуктивности, чем раннеспелые сорта.

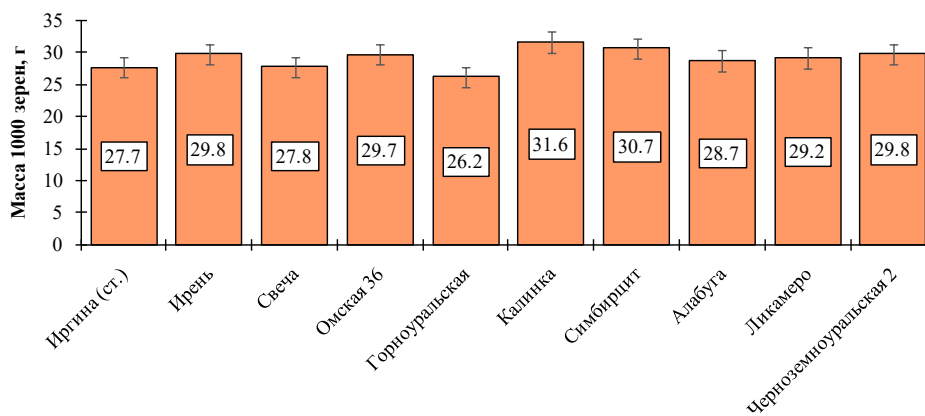


Рис. 5. Масса 1000 зерен сортов яровой пшеницы, г

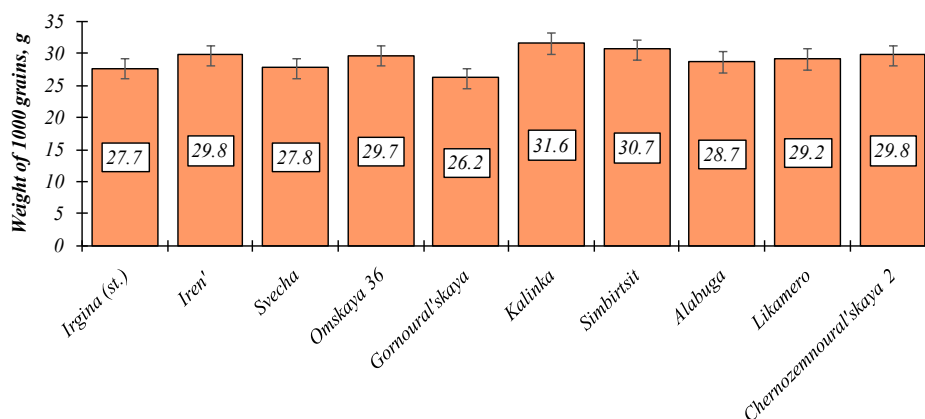


Fig. 5. Weight of 1000 grains of spring wheat varieties, g

Таблица 1  
Корреляционная связь урожайности зерна сортов яровой пшеницы с хозяйственно ценными признаками

Сорт	Коэффициент соломистости		Продуктивный стеблестой		Продуктивная кустистость	
	$r$	$t_r$	$r$	$t_r$	$r$	$t_r$
Иргина (ст.)	0,06	0,26	0,66	3,50**	0,46	2,05
Ирень	0,04	0,16	0,63	3,28**	0,82	5,69***
Свеча	0,07	0,28	0,33	1,41	0,84	6,25***
Омская 36	0,21	0,86	0,51	2,39*	0,83	5,97***
Горноуральская	-0,31	1,32	0,13	0,53	0,72	4,13***
Калинка	0,59	2,89**	0,69	3,85**	0,86	6,89***
Симбирцит	0,73	4,24***	0,16	0,63	0,70	3,96***
Алабуга	-0,25	1,05	0,25	1,02	0,76	4,72***
Ликамеро	0,34	1,46	0,58	2,86*	0,69	3,79**
Черноземноуральская 2	0,43	1,90	0,56	2,73*	0,75	4,49***

Примечание. Существенность коэффициента корреляции на уровне значимости: \* - 5 %, \*\* - 1 %, \*\*\* - 0,1 %.



Table 1  
Correlation between grain yield of spring wheat varieties and economic traits

Variety	Strawiness coefficient		Productive stems		Productive tillering	
	r	t <sub>r</sub>	r	t <sub>r</sub>	r	t <sub>r</sub>
Irgina (st.)	0.06	0.26	0.66	3.50**	0.46	2.05
Iren'	0.04	0.16	0.63	3.28**	0.82	5.69***
Svecha	0.07	0.28	0.33	1.41	0.84	6.25***
Omskaya 36	0.21	0.86	0.51	2.39*	0.83	5.97***
Gornoural'skaya	-0.31	1.32	0.13	0.53	0.72	4.13***
Kalinka	0.59	2.89**	0.69	3.85**	0.86	6.89***
Simbirscit	0.73	4.24***	0.16	0.63	0.70	3.96***
Alabuga	-0.25	1.05	0.25	1.02	0.76	4.72***
Likamero	0.34	1.46	0.58	2.86*	0.69	3.79**
Chernozemnoual'skaya 2	0.43	1.90	0.56	2.73*	0.75	4.49***

Note. The significance of the correlation coefficient at the level of significance: \* - 5 %, \*\* - 1 %, \*\*\* - 0,1 %.

Трехлетнее испытание 10 сортов яровой пшеницы трех групп спелости показало, что в среднем среднеспелые сорта сформировали существенно большую (на 9 %) урожайность зерна по сравнению с раннеспелыми сортами. По сравнению с уникальным, сильным по качеству зерна красноколосым и краснотерным сортом Иргина, выведенным на Красноуфимской селекционной станции и включенным в государственный реестр селекционных достижений по Северному, Северо-Западному, Волго-Вятскому, Западно-Сибирскому регионам, существенное превышение урожайности показали среднеранние сорта разновидности *lutescens* Омская 36 (на 13 %) и разновидности *milturum* Калинка (на 20 %), а также среднеспелые сорта разновидности *lutescens* – Симбирцит (на 15 %), Ликамеро (на 13 %) и Черноземноуральская 2 (на 31 %).

Кроме величины урожайности, важным показателем сорта является стабильность его уровня по годам. Расчет коэффициента вариации показал, что средней величиной варьирования характеризуются три сорта: Черноземноуральская 2 ( $V = 12,5$  %), Горноуральская ( $V = 17,5$  %) и Калинка ( $V = 19,7$  %). Остальные сорта проявили сильную степень варьирования признака ( $V > 20$  %). Самое большое варьирование уровня урожайности по годам показал среднеспелый сорт Алабуга ( $V = 39,3$  %), который характеризовался сильной восприимчивостью к пыльной головне.

Хорошее развитие вегетативной части растения является предпосылкой для большей фотосинтетической поверхности и возможности накопления большего количества продуктов фотосинтеза. Очевидно, этот принцип заложен в сортах Калинка и Симбирцит, соломистость которых имеет прямую корреляционную связь с урожайностью зерна, т. е. эти сорта для увеличения урожайности должны иметь более развитую вегетативную массу, которая обеспечивает прирост урожайности зерна. В то

же время многие современные сорта, как правило, имеют небольшой габитус, эректоидное положение флагового листа, что обеспечивает при относительно небольшой листовой поверхности более высокую чистую продуктивность фотосинтеза. В результате у таких растений доля соломы бывает меньше, а доля зерна больше. Расчет коэффициента соломистости показал у сорта Иргина значительную его величину – 1,80 ед. Среднеспелые сорта Симбирцит, Ликамеро, Черноземноуральская 2, превысившие стандарт по урожайности зерна, имели существенно меньший коэффициент соломистости (на 18, 29 и 17 % соответственно). Особенно выделялся по низкому коэффициенту соломистости короткостебельный французский сорт Ликамеро.

Оптимальность густоты продуктивного стеблестоя яровой пшеницы определяется многими параметрами: уровнем плодородия почвы и фона питания, особенностью архитектоники растений, их способностью к кущению и др. Для Среднего Предуралья этот показатель обычно планируется на уровне 450–500 шт/м<sup>2</sup>. При норме высева всхожих семян 6 млн шт/га почти все сорта достигли оптимальных значений густоты продуктивного стеблестоя. Сорт Иргина сформировал этот показатель в среднем 451 шт/м<sup>2</sup>. Существенно большее значение было получено по сортам Ирень, Омская 36, Горноуральская, Симбирцит, Ликамеро и Черноземноуральская 2, а сорт Алабуга – существенно меньше стандарта.

Считается, что яровая пшеница является слабокустящейся культурой. Для Среднего Предуралья, характеризующегося непродолжительным вегетационным периодом, растянутое кущение может привести к невызреванию боковых побегов. Поэтому ранее создаваемые и выращиваемые в регионе сорта яровой пшеницы практически не кустились, естественный и технологический фон питания, как правило, был невысоким. Все это ориентировало

выращивание культуры на одностебельных растениях и использование высоких норм высева. Более того, широкое применение в настоящее время минимальной системы обработки почвы повысило оптимальность глубины посева семян и обеспечило более полную реализацию биологического потенциала кушения современных сортов яровой пшеницы. Известно, что появление бокового побега пшеницы сопровождается образованием дополнительных узловых корней, что существенно повышает потенциал продуктивности растения. Проведенные исследования показали, что средняя продуктивная кустистость сорта Иргина составила 1,10 ед. Все другие испытываемые сорта, за исключением сорта Алабуга, проявили существенно большую продуктивную кустистость. Особое внимание по этому показателю обратил на себя сорт Черноземноураль-

ская 2, который имел коэффициент продуктивного кушения на 15,5 % больше стандарта. Высокая корреляционная связь коэффициента продуктивной кустистости с урожайностью зерна предопределяет технологические приемы, которые усиливают продуктивное кушение и повышают продуктивность растений – повышение фона питания, невысокие нормы высева, равномерная и оптимальная глубина посева семян.

Масса 1000 зерен является хозяйственно ценным признаком, в значительной степени определяемым наследственными свойствами сорта. Так, если мелкозерный сорт Иргина имел среднюю массу 1000 зерен 27,7 г, то крупнозерные сорта Калинка и Симбирцит существенно больше – на 3,9 и 3,0 г соответственно. Также более крупным зерном характеризовались сорта Ирень, Омская 36 и Черноземноуральская 2.

#### Библиографический список

1. Morgounov A. I., Belan I., Zelenskiy Y., Roseeva L., Tömösközi S., Békés F., Abugaliev A., Cakmak I., Vargas M., Crossa J. Historical changes in grain yield and quality of spring wheat varieties cultivated in Siberia from 1900 to 2010 [e-resource] // Canadian Journal of Plant Science. 2013. No. 93 (3). Pp. 425–433. URL: <https://cdnsciencepub.com/doi/full/10.4141/cjps2012-091> (date of reference: 10.03.2023).
2. Faye B., Webber H., Gaiser T., Müller C., Zhang Y., Stella T., Latka C., Reckling M., Heckelei T., Helming K., Ewert F. Climate change impacts on European arable crop yields: Sensitivity to assumptions about rotations and residue management // European Journal of Agronomy. 2023. No. 142. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126670.
3. Rogger J., Hund A., Fossati D., Holzkamper A. Can Swiss wheat varieties escape future heat stress? // European Journal of Agronomy. 2021. No. 131. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126394.
4. Ригин Б. В., Зуев Е. В., Андреева А. С., Пыженкова З. С., Матвиенко И. И. Линия Рико – самая скороспелая среди представителей коллекции яровой мягкой пшеницы ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 4. С. 94–98. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-94-98.
5. Асхадуллин Д. Ф., Асхадуллин Д. Ф., Василова Н. З., Брыкова А. Н. Скороспелость образцов яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (3). С. 66–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-66-75.
6. Яценко С. Н., Логинов Ю. П., Казак А. А. Влияние предшественника на рост, развитие растений и коэффициент размножения семян сортов яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2021. № 4. С. 42–50.
7. Утебаев М. У., Шелаева Т. В., Боме Н. А., Чилимова И. В., Крадецкая О. О., Дашкевич С. М., Новохатин В. В., Вайсфельд Л. И. Качество зерна сортов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Западно-Сибирской селекции в условиях Северного Казахстана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 3. С. 27–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-27-38.
8. Carew R., Meng T., Florkowski W. J., Smith R., Blair D. Climate change impacts on hard red spring wheat yield and production risk: evidence from Manitoba, Canada [e-resource] // Canadian Journal of Plant Science. 2018. No. 98. Pp. 782–795. URL: <https://cdnsciencepub.com/doi/full/10.1139/cjps-2017-0135#tab-citations> (date of reference: 08.03.2023).
9. Рубец В. С., Ворончихина И. Н., Пыльнев В. В., Ворончихин В. В., Маренкова А. Г. Влияние метеорологических условий на качество зерна яровой пшеницы (*Triticum* L.) // Известия ТСХА. 2021. Вып. 5. С. 89–108. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-5-89-108.
10. Гриб С. И., Берестов И. И., Мельников Р. В. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза и урожайность сортов пшеницы яровой мягкой при разном уровне азотного питания // Земледелие и селекция в Беларуси. 2017. № 53. С. 91–97.
11. Амиров М. Ф., Гараев Р. И., Желтухин А. В., Семенов П. Г. Продуктивность и адаптивность сортов яровой пшеницы компании КВС в условиях Предкамья Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 3. С. 12–19. DOI: 10.12737/2782-490X-2022-12-19. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/54981/view> (дата обращения: 08.03.2023).

12. Гриб С. И., Берестов И. И., Мельников Р. В. Урожайность сортов пшеницы яровой мягкой и элементы ее структуры при разном уровне азотного питания растений // Земледелие и селекция в Беларуси. 2018. № 54. С. 68–75.
13. Бутковская Л. К., Казанов В. В., Сурина Е. А. Влияние изначальной всхожести и элементов сортовой агротехники на качество семян яровой пшеницы в условиях Красноярской лесостепи // Вестник Красноярского ГАУ. 2021. № 6. С. 64–70.
14. Лепехов С. Б. Классификация сред на основе коэффициентов корреляции урожайности сортов мягкой яровой пшеницы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (4). С. 14–21. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-14-21.
15. Belyaev V., Rudev N., Sokolova L. Структура урожая и качество зерна сортов яровой пшеницы алтайской и иностранной селекции (Тюменцевский район, Алтайский край) // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022. No. 14 (2). Pp. 427–440. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-2-427-440.
16. Гаджимурадова А. М., Жумалин А. Х., Zhang Zh., Соловьев О. Ю., Киян В. С. Разработка предварительных параметров оптимальной модели сорта яровой мягкой пшеницы для климатических условий Северного Казахстана [Электронный ресурс] // Вестник науки Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина. 2019. № 1 (100). С. 117–129. URL: <http://rmebrk.kz/magazine/4540> (дата обращения: 10.03.2023).
17. Ленточкин А. М., Бабайцева Т. А. Глобальное потепление и изменение условий ведения растениеводства в Среднем Предуралье // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 6. С. 826–834. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834.

#### Об авторе:

Александр Михайлович Ленточкин<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой плодовоовощеводства и защиты растений, ORCID 0000-0003-0256-489X, AuthorID 668113; +7 912 463-90-99, [agropod@udsau.ru](mailto:agropod@udsau.ru)

<sup>1</sup> Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

#### References

1. Morgounov A. I., Belan I., Zelenskiy Y., Roseeva L., Tömösközi S., Békés F., Abugalieva A., Cakmak I., Vargas M., Crossa J. Historical changes in grain yield and quality of spring wheat varieties cultivated in Siberia from 1900 to 2010 [e-resource] // Canadian Journal of Plant Science. 2013. No. 93 (3). Pp. 425–433. URL: <https://cdnscepub.com/doi/full/10.4141/cjps2012-091> (date of reference: 10.03.2023).
2. Faye B., Webber H., Gaiser T., Müller C., Zhang Y., Stella T., Latka C., Reckling M., Heckeley T., Helming K., Ewert F. Climate change impacts on European arable crop yields: Sensitivity to assumptions about rotations and residue management // European Journal of Agronomy. 2023. No. 142. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126670.
3. Rogger J., Hund A., Fossati D., Holzkamper A. Can Swiss wheat varieties escape future heat stress? // European Journal of Agronomy. 2021. No. 131. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126394.
4. Rigin B. V., Zuev E. V., Andreeva A. S., Pyzhenkova Z. S., Matvienko I. I. The line Rico is the earliest maturing accession in the VIR collection of spring bread wheat // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. No. 180 (4). Pp. 94–98. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-94-98. (In Russian.)
5. Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Vasilova N. Z., Brykova A. N. Earliness of spring bread wheat accessions under the conditions of the Middle Volga Region // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. Vol. 183. No. 3. Pp. 66–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-66-75. (In Russian.)
6. Yashchenko S. N., Loginov Yu. P., Kazak A. A. Vliyanie predshestvennika na rost, razvitie rasteniy i koefitsient razmnozheniya semyan sortov yarovoy pshenitsy [Influence of the predecessor on the growth, development of plants and seed multiplication factor of spring wheat varieties] // The Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 4. Pp. 42–50. (In Russian.)
7. Utebayev M. U., Shelaeva T. V., Bome N. A., Chilimova I. V., Kradetskaya O. O., Dashkevich S. M., Novokhatin V. N., Weisfeld L. I. Kachestvo zerna sortov yarovoy pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) Zapadno-Sibirskoy seleksii v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Grain quality of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars developed in Western Siberia under the conditions of Northern Kazakhstan] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2022. Vol. 183. No. 3. Pp. 27–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-27-38. (In Russian.)
8. Carew R., Meng T., Florkowski W. J., Smith R., Blair D. Climate change impacts on hard red spring wheat yield and production risk: evidence from Manitoba, Canada [e-resource] // Canadian Journal of Plant Science. 2018. No. 98. Pp. 782–795. URL: <https://cdnscepub.com/doi/full/10.1139/cjps-2017-0135#tab-citations> (date of reference: 08.03.2023).

9. Rubets V. S., Voronchikhina I. N., Pyl'nev V. V., Voronchikhin V. V., Marenkova A. G. Vliyanie meteorologicheskikh usloviy na kachestvo zerna yarovoy pshenitsy [Effect of weather conditions on the quality of spring wheat grain (*Triticum L.*)] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2021. No. 5. Pp. 89–108. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-5-89-108. (In Russian.)
10. Grib S. I., Berestov I. I., Melnikov R. V. Koeffitsient khozyaystvennoy effektivnosti fotosinteza i urozhaynost' sortov pshenitsy yarovoy myagkoy pri raznom urovne azotnogo pitaniya [The coefficient of economic efficiency of photosynthesis and the yield of soft spring wheat varieties at different levels of nitrogen nutrition] // Arable Farming and Plant Breeding in Belarus. 2017. No. 53. Pp. 91–97. (In Russian.)
11. Amirov M. F., Garaev R. I., Zheltuhin A. V., Semenov P. G. Produktivnost' i adaptivnost' sortov yarovoy pshenitsy kompanii KVS v usloviyakh Predkam'ya Respubliki Tatarstan [Productivity and adaptability of KWS spring wheat varieties in the conditions of the ancestral region of the republic of Tatarstan] [e-resource] // Agrobiotechnologies and digital farming. 2022. No. 3. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/54981/view> (date of reference: 08.03.2023). (In Russian.)
12. Grib S. I., Berestov I. I., Melnikov R. V. Urozhaynost' sortov pshenitsy yarovoy myagkoy i elementy ee struktury pri raznom urovne azotnogo pitaniya rasteniy [Yield of soft wheat cultivars and yield structure elements at different levels of plant nitrogen nutrition] // Arable Farming and Plant Breeding in Belarus. 2018. No. 54. Pp. 68–75. (In Russian.)
13. Butkovskaya L. K., Kazanov V. V., Surina E. A. Vliyanie iznachal'noy vskhozhesti i elementov sortovoy agrotekhniki na kachestvo semyan yarovoy pshenitsy v usloviyakh Krasnoyarskoy lesostepi [Influence of initial germination and elements of varietal agricultural technology on the quality of spring wheat seeds in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe] // The Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 6. Pp. 64–70. (In Russian.)
14. Lepekhov S. B. Klassifikatsiya sred na osnove koeffitsientov korrelyatsii urozhaynosti sortov myagkoy yarovoy pshenitsy [Classification of environments based on correlations of yield in spring bread wheat] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2020. Vol. 181. No. 4. Pp. 14–21. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-14-21. (In Russian.)
15. Belyaev V., Rudev N., Sokolova L. Struktura urozhaya i kachestvo zerna sortov yarovoy pshenitsy altayskoy i inostrannoy selektsii (Tyumencvskiy rayon, Altayskiy kraj) // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022. No. 14 (2). Pp. 427–440. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-2-427-440.
16. Gadzhimuradova A. M., Zhumalin A. Kh., Zhang Zh., Solov'yev O. Yu., Kiyan V. S. Razrabotka predvaritel'nykh parametrov optimal'noy modeli sorta yarovoy myagkoy pshenitsy dlya klimaticheskikh usloviy Severnogo Kazakhstana [Development of preliminary parameters of the optimal model of spring soft wheat grade for climatic conditions of North Kazakhstan] // Bulletin of Science of the S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University. 2019. No. 1 (100). Pp. 117–129. URL: <http://rmebrk.kz/magazine/4540> (date of reference: 10.03.2023). (In Russian.)
17. Lentochnik A. M., Babaytseva T. A. Global warming and change in the conditions of crop production practices in the Middle Cis-Urals // Agricultural Science Euro-North-East. 2021. Vol. 22. No. 6. Pp. 826–834. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.826-834. (In Russian.)

**Author's information:**

Aleksandr M. Lentochnik<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, head of the chair of horticulture and plant protection, ORCID 0000-0003-0256-489X, AuthorID 668113; +7 912 463-90-99, [agropod@udsau.ru](mailto:agropod@udsau.ru)

<sup>1</sup> Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia



## Изучение зимостойкости абрикоса в контролируемых условиях

З. Е. Ожерельева<sup>1</sup>✉, А. А. Гуляева<sup>1</sup>, А. А. Галькова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур  
(ВНИИСПК), Орел, Россия

✉E-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

**Аннотация.** Цель исследования – изучить зимостойкость сортов и гибридных форм абрикоса и выделить из них наиболее устойчивые к повреждающим факторам зимнего периода для использования в качестве источников на заданный признак в селекции. **Методы.** Исследования проводили методом искусственного промораживания с использованием климатической камеры. **Результаты.** Установили, что сорта абрикоса Абрикос из Китая, Агафоновский, Восточно-Саянский, Кунач, Лель, Облепиховый, Орловчанин, Сардоникс, Триумф северный и гибридные формы 21183, 23659, 23688, 23797, 24071, 24206 обладают I компонентом зимостойкости. Максимальной морозостойкостью (II компонентом зимостойкости) характеризовались сорта Орловчанин, Триумф северный и формы 24071, 24206. Способностью сохранять морозостойкость при снижении температуры до  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (III компонент зимостойкости) обладали сорта Агафоновский, Восточно-Саянский, Десертный, Облепиховый, Триумф северный и форма 24206. Важно отметить средний уровень морозостойкости генеративных почек у сортов Абрикос из Китая, Кунач, Орловчанин, Подарок Вехову, Сардоникс, Хабаровский и гибридных форм 21183, 23659, 23688, 23797, 24071. В конце зимы изученные сорта Абрикос из Китая, Агафоновский, Восточно-Саянский, Десертный, Облепиховый, Орловчанин, Сардоникс, Триумф северный, Хабаровский и гибридные формы 21183, 23797, 24071, 24206 были способны восстанавливать морозостойкость при температуре  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и повторной закалки (IV компонент зимостойкости). **Научная новизна.** В результате искусственного промораживания выделены перспективные сорта Орловчанин, Триумф северный и гибридные формы 24071, 24206, отличающиеся наибольшим потенциалом морозостойкости по основным компонентам зимостойкости, для дальнейшего использования в селекции в качестве источников на заданный признак.

**Ключевые слова:** абрикос, зимостойкость, искусственное промораживание, основные компоненты зимостойкости.

**Для цитирования:** Ожерельева З. Е., Гуляева А. А., Галькова А. А. Изучение зимостойкости абрикоса в контролируемых условиях // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 52–64. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-52-64.

**Дата поступления статьи:** 25.03.2023, **дата рецензирования:** 28.04.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.

## Study of apricot winter hardiness under controlled conditions

Z. E. Ozherelieva<sup>1</sup>✉, A. A. Gulyaeva<sup>1</sup>, A. A. Galkova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISP), Oryol, Russia

✉E-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru

**Abstract.** The purpose of the research is to study the winter hardiness of apricot cultivars and hybrids and identify the most resistant ones to damaging factors of the winter period for use as sources for a given trait in breeding. **Methods.** The studies were carried out by artificial freezing using a climate chamber. **Results.** It was determined that apricot cultivars ‘Abrikos iz Kitaya’, ‘Agafonovskiy’, ‘Vostochno-Sayanskiy’, ‘Kunach’, ‘Lel’,

‘Oblepikhovyy’, ‘Orlovchanin’, ‘Sardoniks’, ‘Triumf severnyy’ and hybrids 21183, 23659, 23688, 23797, 24071 and 24206 they have the component I of winter hardiness. ‘Orlovchanin’, ‘Triumf severnyy’ and hybrids 24071 and 24206 were characterized by maximum frost resistance (the component II of winter hardiness). ‘Agafonovskiy’, ‘Vostochno-Sayanskiy’, ‘Desertnyy’, ‘Oblepikhovyy’, ‘Triumf severnyy’ and 24206 had the ability to maintain frost resistance when the temperature dropped to  $-17^{\circ}\text{C}$  after a three-day thaw of  $+2^{\circ}\text{C}$  (the component III of winter hardiness). It is important to note the average level of frost resistance of generative buds in ‘Abrikos iz Kitaya’, ‘Kunach’, ‘Orlovchanin’, ‘Podarok Vekhovu’, ‘Sardoniks’, ‘Khabarovskiy’ and hybrids 21183, 23659, 23688, 23797, 24071. At the end of winter, ‘Abrikos iz Kitaya’, ‘Agafonovskiy’, ‘Vostochno-Sayanskiy’, ‘Desertnyy’, ‘Oblepikhovyy’, ‘Orlovchanin’, ‘Sardoniks’, ‘Triumf severnyy’, ‘Khabarovskiy’ and hybrids 21183, 23797, 24071, 24206 were able to restore frost resistance at a temperature of  $-25^{\circ}\text{C}$  after a three-day thaw of  $+2^{\circ}\text{C}$  and re-hardening (component IV of winter hardiness). **Scientific novelty.** As a result of artificial freezing, perspective cultivars ‘Orlovchanin’, ‘Triumf severnyy’ and hybrids 24071, 24206 characterized by the greatest frost resistance potential for the main components of winter hardiness were identified for further use as sources for this trait in breeding.

**Keywords:** apricot, winter hardiness, artificial freezing, main components of winter hardiness.

**For citation:** Ozherelieva Z. E., Gulyaeva A. A., Galkova A. A. Izuchenie zimostoykosti abrikosa v kontroliruemyykh usloviyakh [Study of apricot winter hardiness under controlled conditions] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 52–64. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-52-64. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 25.03.2023, **date of review:** 28.04.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время большинство сортов абрикоса не в полной мере отвечают современным требованиям. Зимо- и морозостойкость – главные показатели, определяющие ареал их возделывания [1–3]. Так, в районах с неустойчивой зимой генеративные почки растений часто страдают от возвратных морозов в период оттепелей, что снижает урожайность и способствует сокращению площадей этой культуры [4–7]. Анализ погодных условий показывает тенденцию повышения летних температур, удлинение вегетационного периода за счет более теплой и продолжительной осени, уменьшение величины низких температур в зимний период [8]. Отмеченные изменения температурного режима негативно влияют на общее состояние и продуктивность растений, значительно затягивая их подготовку к зиме, делая более уязвимыми даже к незначительным понижениям температуры, а также нарушают привычный срок выхода растений из периода покоя [9–11]. Поэтому для получения стабильного урожая необходимо использовать устойчивые к абиотическим факторам окружающей среды сорта [12].

За последние 20 лет зимний период 2005/2006 года в Орловской области был самым суровым. Сумма отрицательных температур составила  $1196,1^{\circ}\text{C}$ . Минимальная температура воздуха составляла  $-36,5^{\circ}\text{C}$  и на поверхности снега была  $-39,3^{\circ}\text{C}$ . В эту зиму отметили стопроцентную гибель генеративных почек у косточковых культур. По подмерзанию деревьев генотипы абрикоса распределились следующим образом: высокостойкие – 0,0 %; зимостойкие – 33,3 %; среднестойкие – 26,6 %; малозимостойкие – 40,1 % [13]. В зимний период 2020/2021 года в Орловской области в конце янва-

ря отметили продолжительную оттепель (8 дней), когда растения абрикоса находились в вынужденном покое. При этом максимальная температура повышалась до  $+4,5^{\circ}\text{C}$ , которая, предположительно, способствовала выходу растений абрикоса из вынужденного покоя. И дальнейшее понижение температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$  привело к гибели зачатков цветковых почек от 84 до 96 % у этой косточковой культуры. В марте возвратный мороз  $-24^{\circ}\text{C}$  после 6-дневной оттепели (максимальная температура воздуха  $+4^{\circ}\text{C}$ ) привел к стопроцентной гибели генеративных органов у абрикоса. Наряду с этим зафиксировали повреждения сосудисто-проводящих пучков под почками на однолетних побегах. В условиях резко континентального климата в регионе Среднего Поволжья абрикосовые деревья недолговечны и плодоносят нерегулярно [14]. В связи с вышеизложенным целью настоящих исследований – изучить зимостойкость сортов и гибридных форм абрикоса и выделить из них наиболее устойчивые к повреждающим факторам зимнего периода для использования в качестве источников на заданный признак в селекции.

### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены на участках первичного сортоизучения и на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в период 2020–2022 гг.

Объектом исследований служили 13 сортов и 10 гибридных форм абрикоса из биоресурсной коллекции ФГБНУ ВНИИСПК.

Для определения зимостойкости абрикоса в контролируемых условиях использовали однолетние побеги из расчета 5 шт. на каждую температуру промораживания. На каждый компонент зимостой-

кости был отдельный пакет, который этикетировали с указанием температурного режима. После этого пакеты помещали на хранение в холодильный шкаф CV 114-S (Polair, Россия) при температуре  $-2...-3$  °C и вынимали их по мере необходимости. Моделирование основных компонентов зимостойкости провели в климатической камере PSL-2 KPH (Esres, Япония) согласно методическим рекомендациям [15]. После промораживания побеги ставили на отращивание в стеклянные сосуды с водой. Однолетние побеги отращивали при комнатной температуре  $18-20$  °C в течение 5–7 суток. Воду в сосудах меняли через каждые двое суток, периодически обновляя срезы. После отращивания провели визуальную оценку повреждения коры, камбия, древесины, вегетативных и генеративных почек по каждому компоненту зимостойкости по степени побурения на продольных и поперечных срезах по следующей шкале: от 0 баллов (повреждений нет) ... до 5 баллов (почки и ткань погибли).

Полученные результаты оценивали методами математической статистики с применением однофакторного дисперсионного анализа ANOVA (Version 22, SPSS). Критический уровень значимости принимался равным 5 %.

#### Результаты (Results)

В условиях Европейской части России в отдельные годы в начале зимы возможны понижения температуры воздуха до  $-25...-30$  °C, поэтому адаптированные сорта должны набирать необходимый уровень морозостойкости уже к началу зимы. Так,

в начале декабря 2010 г. в Орловской области среднесуточная температура воздуха понижалась до  $-26$  °C, минимальная температура воздуха достигала отметки  $-30,7$  °C. При этом у сортов и гибридных форм абрикоса генеративные почки погибли в пределах от 80 до 100 %. Весной 2011 г. цветение абрикоса практически отсутствовало. Весной 2018 г. сортовые абрикосы Челябинского ГСУ почти не цвели из-за зимних повреждений различной степени тяжести в зависимости от их сортовой принадлежности. Пострадали даже наиболее адаптированные к местным условиям абрикосы челябинской селекции [16].

В результате искусственного промораживания отметили обратимые повреждения вегетативных почек однолетних побегов (не более 2,0 балла) у сортов и гибридных форм абрикоса при  $-25$  °C (I компонент зимостойкости), кроме гибридной формы 24224, у которой вегетативные почки повредились сильнее – до 2,3 балла. Кора и камбий однолетних побегов повредились незначительно (до 1,0 балла) у сортов Агафоновский, Ак-Кондак, Десертный, Подарок Вехову, Триумф северный и гибридных форм 21183, 23688, 23797, 24224. Древесина однолетних побегов абрикоса сохранилась здоровой. Следует отметить сорта Абрикос из Китая, Восточно-Саянский, Кунач, Лель, Облепиховый, Орловчанин, Сардоникс, Хабаровский и формы абрикоса 24014, 24071, 24206, 23659, 21182, у которых ткани однолетних побегов не повредились температурой  $-25$  °C в начале зимы (таблица 1).

Таблица 1

#### Оценка повреждений вегетативных почек и тканей однолетних побегов абрикоса при $-25$ °C (I компонент зимостойкости)

Сорт и гибридная форма	Балл повреждений			
	Вегетативные почки	Кора	Камбий	Древесина
Абрикос из Китая	2,0	0,0	0,0	0,0
Агафоновский	2,0	0,8	0,8	0,0
Ак-Кондак	1,9	1,3	0,8	0,0
Восточно-Саянский	1,0	0,0	0,0	0,0
Десертный	1,0	0,3	0,0	0,0
Кунач	1,0	0,0	0,0	0,0
Лель	2,0	0,0	0,0	0,0
Орловчанин	1,6	0,0	0,0	0,0
Облепиховый	0,8	0,0	0,0	0,0
Подарок Вехову	1,3	0,5	0,3	0,0
Триумф северный	2,0	1,8	1,3	0,0
Сардоникс	2,0	0,0	0,0	0,0
Хабаровский	1,6	0,0	0,0	0,0
21182	2,0	0,0	0,0	0,0
21183	2,0	1,0	0,8	0,0
23659	0,8	0,0	0,0	0,0
23688	1,3	0,8	0,8	0,0
23797	2,0	0,5	0,0	0,0

23972	1,9	0,8	0,0	0,0
24014	1,8	0,0	0,0	0,0
24071	0,8	0,3	0,0	0,0
24206	1,9	0,0	0,0	0,0
24224	2,3	1,0	1,0	0,0
HCP <sub>05</sub>	0,8	0,8	0,8	–

Table 1  
Assessment of damage to vegetative buds and tissues of annual apricot shoots at  $-25^{\circ}\text{C}$   
(I component of winter hardiness)

Cultivar and hybrid form	Damage score			
	Vegetative buds	Bark	Cambium	Wood
'Abrikos iz Kitaya'	2.0	0.0	0.0	0.0
'Agafonovskiy'	2.0	0.8	0.8	0.0
'Ak-Kondak'	1.9	1.3	0.8	0.0
'Vostochno-Sayanskiy'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Desertnyy'	1.0	0.3	0.0	0.0
'Kunach'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Lel''	2.0	0.0	0.0	0.0
'Orlovchanin'	1.6	0.0	0.0	0.0
'Oblepikhovyy'	0.8	0.0	0.0	0.0
'Podarok Vekhovu'	1.3	0.5	0.3	0.0
'Triumf severnyy'	2.0	1.8	1.3	0.0
'Sardoniks'	2.0	0.0	0.0	0.0
'Khabarovskiy'	1.6	0.0	0.0	0.0
21182	2.0	0.0	0.0	0.0
21183	2.0	1.0	0.8	0.0
23659	0.8	0.0	0.0	0.0
23688	1.3	0.8	0.8	0.0
23797	2.0	0.5	0.0	0.0
23972	1.9	0,8	0,0	0,0
24014	1.8	0.0	0.0	0.0
24071	0.8	0.3	0.0	0.0
24206	1.9	0.0	0.0	0.0
24224	2.3	1.0	1.0	0.0
LSD <sub>05</sub>	0.8	0.8	0.8	–

Недостаточная зимостойкость существующих сортов абрикоса ограничивает ареал возделывания этой культуры. В средней полосе России ежегодно деревья абрикоса повреждаются морозом в разной степени. Нередко вымерзают полностью генеративные почки. В период покоя сорта абрикоса могут выдерживать понижение температуры только до  $-27...-30^{\circ}\text{C}$ .

Так, большинство сортов и гибридов абрикоса проявили средний уровень морозостойкости вегетативных почек и тканей однолетних побегов в конце декабря после воздействия температурой  $-30^{\circ}\text{C}$  (II компонент зимостойкости). Вегетативные почки однолетних побегов у них повредились от 2,3 до 3,0 балла. Повреждение коры не превысило 3,0 балла,

камбия – 2,5 балла. При этом отметили обратимые повреждения древесины (не более 2,0 балла). Хорошую морозостойкость вегетативных почек и основных тканей однолетних побегов показали сорта абрикоса Кунач, Орловчанин, Триумф северный и гибрид 24071 при действии температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$  в конце декабря (таблица 2).

Сильное подмерзание и гибель абрикоса в условиях Средней полосы наблюдаются в результате резких перепадов температуры в середине и конце зимы, когда растения этой культуры находятся в вынужденном покое. В период продолжительных оттепелей абрикос выходит из вынужденного покоя и происходит подмерзания как деревьев, так и генеративных почек.

Таблица 2  
Оценка повреждений вегетативных почек и тканей однолетних побегов абрикоса при  $-30^{\circ}\text{C}$   
(II компонент зимостойкости)

Сорт и гибридная форма	Балл повреждений			
	Вегетативные почки	Кора	Камбий	Древесина
Абрикос из Китая	2,3	1,9	1,5	1,0
Агафоновский	3,0	3,0	2,5	0,5
Ак-Кондак	2,5	1,9	1,5	0,8
Восточно-Саянский	2,3	1,3	0,3	0,5
Десертный	2,4	1,8	1,3	1,0
Кунач	2,0	1,0	1,0	0,0
Лель	2,5	1,8	1,5	1,3
Орловчанин	2,0	1,0	0,5	0,0
Облепиховый	2,5	2,0	1,0	0,5
Подарок Вехову	2,3	2,0	1,0	2,0
Триумф северный	2,0	2,0	1,8	1,3
Сардоникс	2,6	1,6	1,3	1,0
Хабаровский	2,9	2,5	2,3	1,0
21182	2,6	1,8	1,0	2,0
21183	2,9	2,5	1,5	0,5
23659	2,3	1,8	1,5	1,3
23688	2,9	1,3	1,0	0,5
23797	2,5	1,5	1,5	1,0
23972	2,4	1,4	1,1	0,5
24014	2,4	1,8	1,3	1,5
24071	1,5	0,8	0,0	0,5
24206	2,0	2,0	1,8	0,5
24224	2,9	2,6	2,5	2,0
HCP <sub>05</sub>	0,6	0,9	0,9	0,9

Table 2  
Assessment of damage to vegetative buds and tissues of annual apricot shoots at  $-30^{\circ}\text{C}$   
(II component of winter hardiness)

Cultivar and hybrid form	Damage score			
	Vegetative buds	Bark	Cambium	Wood
'Abrikos iz Kitaya'	2.3	1.9	1.5	1.0
'Agafonovskiy'	3.0	3.0	2.5	0.5
'Ak-Kondak'	2.5	1.9	1.5	0.8
'Vostochno-Sayanskiy'	2.3	1.3	0.3	0.5
'Desertnyy'	2.4	1.8	1.3	1.0
'Kunach'	2.0	1.0	1.0	0.0
'Lel'	2.5	1.8	1.5	1.3
'Orlovchanin'	2.0	1.0	0.5	0.0
'Oblepikhovyy'	2.5	2.0	1.0	0.5
'Podarok Vekhovu'	2.3	2.0	1.0	2.0
'Triumf severnyy'	2.0	2.0	1.8	1.3
'Sardoniks'	2.6	1.6	1.3	1.0
'Khabarovskiy'	2.9	2.5	2.3	1.0
21182	2.6	1.8	1.0	2.0
21183	2.9	2.5	1.5	0.5
23659	2.3	1.8	1.5	1.3
23688	2.9	1.3	1.0	0.5
23797	2.5	1.5	1.5	1.0



Table continuation

23972	2.4	1.4	1.1	0.5
24014	2.4	1.8	1.3	1.5
24071	1.5	0.8	0.0	0.5
24206	2.6	2.0	1.8	0.5
24224	2.9	2.6	2.5	2.0
LSD <sub>05</sub>	0.6	0.9	0.9	0.9

Таблица 3  
Оценка повреждений вегетативных почек и тканей однолетних побегов абрикоса при  $-17^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  (III компонент зимостойкости)

Сорт и гибридная форма	Балл повреждений			
	Вегетативные почки	Кора	Камбий	Древесина
Абрикос из Китая	1,0	0,0	0,0	0,0
Агафоновский	0,3	0,0	0,0	0,0
Ак-Кондак	1,0	0,0	0,0	0,0
Восточно-Саянский	0,4	0,0	0,0	0,0
Десертный	0,8	0,0	0,0	0,0
Кунач	0,5	0,0	0,0	0,0
Лель	0,6	0,0	0,0	0,0
Орловчанин	0,3	0,0	0,0	0,0
Облепиховый	0,0	0,0	0,0	0,0
Подарок Вехову	1,0	0,0	0,0	0,0
Триумф северный	0,0	0,0	0,0	0,0
Сардоникс	0,4	0,0	0,0	0,0
Хабаровский	0,6	0,0	0,0	0,0
21182	0,8	0,0	0,0	0,0
21183	0,3	0,0	0,0	0,0
23659	0,0	0,0	0,0	0,0
23688	0,5	0,0	0,0	0,0
23797	1,0	0,0	0,0	0,0
23972	1,0	0,0	0,0	0,0
24014	0,4	0,0	0,0	0,0
24071	0,0	0,0	0,0	0,0
24206	0,0	0,0	0,0	0,0
24224	2,0	0,0	0,0	0,0
HCP <sub>05</sub>	0,4	—	—	—

Table 3  
Assessment of damage to vegetative buds and tissues of annual apricot shoots at  $-17^{\circ}\text{C}$  after a three-day thaw  $+2^{\circ}\text{C}$  (III component of winter hardiness)

Cultivar and hybrid form	Damage score			
	Vegetative buds	Bark	Cambium	Wood
'Abrikos iz Kitaya'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Agafonovskiy'	0.3	0.0	0.0	0.0
'Ak-Kondak'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Vostochno-Sayanskiy'	0.4	0.0	0.0	0.0
'Desertnyy'	0.8	0.0	0.0	0.0
'Kunach'	0.5	0.0	0.0	0.0
'Lel'	0.6	0.0	0.0	0.0
'Orlovchanin'	0.3	0.0	0.0	0.0
'Oblepikhovyy'	0.0	0.0	0.0	0.0
'Podarok Vekhovu'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Triumf severnyy'	0.3	0.0	0.0	0.0
'Sardoniks'	0.4	0.0	0.0	0.0

'Khabarovskiy'	0.6	0.0	0.0	0.0
21182	0.8	0.0	0.0	0.0
21183	0.3	0.0	0.0	0.0
23659	0.0	0.0	0.0	0.0
23688	0.5	0.0	0.0	0.0
23797	1.0	0.0	0.0	0.0
23972	1.0	0.0	0.0	0.0
24014	0.4	0.0	0.0	0.0
24071	0.0	0.0	0.0	0.0
24206	0.0	0.0	0.0	0.0
24224	2.0	0.0	0.0	0.0
LSD <sub>05</sub>	0.4	–	–	–

При снижении температуры до  $-17^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  в феврале (III компонент зимостойкости) установили, что сортообразцы абрикоса способны сохранять морозостойкость вегетативных почек и основных тканей однолетних побегов. При этом высокую морозостойкость вегетативных почек проявили сорта Облепиховый, Триумф северный и гибриды 23659, 24206, 24071. С незначительными повреждениями вегетативных почек (не более 1,0 балла) большинство сортов и гибридов абрикоса перенесли резкое снижение температуры до  $-17^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$ . В большей степени вегетативные почки повредились только у гибридной формы 24224. Основные ткани однолетних побегов у всех изученных сортообразцов при этом не повредились (таблица 3).

Изученные сорта и гибриды абрикоса были способны восстанавливать морозостойкость с незначительными повреждениями вегетативных почек однолетних веток при  $-25^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  и повторной закалки (IV компонент зимостойкости). При этом у абрикоса в большей степени пострадали почки. Их степень повреждения варьировала от 0,3 до 2,0 балла. Почки не повредились только у сорта Восточно-Саянский и гибрида 24071. Ткани однолетних побегов при этом сохранились здоровые у изученных генотипов (таблица 4).

Характерной особенностью абрикоса является недостаточная зимостойкость генеративных почек, которые подмерзают не только вследствие сильных морозов, но и в достаточно мягкие зимы от морозов после оттепели. Это существенно сказывается на будущем урожае, вплоть до его полной потери.

В результате искусственного промораживания в условиях I компонента зимостойкости повреждение генеративных органов у абрикоса варьировало от 5,6 до 33 %. Высокий уровень морозостойкости генеративных почек в начале зимы при  $-25^{\circ}\text{C}$  проявили сорта абрикоса Сардоникс и Триумф северный. Морозостойкостью характеризовались сорта Абрикос из Китая, Агафоновский, Восточно-Саянский, Кунач, Лель, Облепиховый, Орловчанин и

формы 21183, 23659, 23688, 23797, 24071, 24206. При этом максимальную долю погибших генеративных почек выявили у сортов Ак-Кондак, Десертный, Хабаровский и гибридных форм 21182, 23972, 24014, 23972, 24224 (таблица 5).

При снижении температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$  (II компонент зимостойкости) доля погибших генеративных почек абрикоса увеличилось от 45 до 100 %. Средний уровень морозостойкости отметили у сортов Восточно-Саянский, Орловчанин, Сардоникс, Триумф северный и форм 24071, 24206. Сильное подмерзание генеративных почек наблюдали у сортов Агафоновский, Десертный, Кунач, Лель, Облепиховый, Подарок Вехову, Хабаровский и форм 21183, 23659, 23972, 24014. У остальных сортообразцов отметили стопроцентную гибель генеративных почек (таблица 5).

После резкого перепада температуры до  $-17^{\circ}\text{C}$  после оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  (III компонент зимостойкости) морозостойкость показали сорта Агафоновский, Восточно-Саянский, Десертный, Облепиховый, Триумф северный и форма 24206. Средний уровень морозостойкости генеративных почек установили у сортов Абрикос из Китая, Кунач, Орловчанин, Подарок Вехову, Сардоникс, Хабаровский и гибридных форм 21183, 23659, 23688, 23797, 24071. Сильное подмерзание плодовых почек отметили у сорта Лель и гибрида 24014. У сорта Ак-Кондак и форм 21182, 23972, 24224 плодовые почки погибли полностью (таблица 5). Губительное действие возвратных морозов на растения косточковых культур отмечают и другие авторы [17; 18].

После оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  и повторной закалки при дальнейшем снижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  (IV компонент зимостойкости) средним уровнем морозостойкости плодовых почек характеризовалось большинство изученных сортов и форм абрикоса. Сильное их подмерзание наблюдали у сортов Ак-Кондак, Кунач, Лель, Подарок Вехову и форм 23659, 23688, 24014, 24224. Гибридные формы абрикоса 21182 и 23972 не были способны восстанавливать морозостойкость плодовых почек при  $25^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  и повторной закалки в марте (таблица 5).

Таблица 4

Оценка повреждений вегетативных почек и тканей однолетних побегов абрикоса при  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и повторной закалки (IV компонент зимостойкости)

Сорт и гибридная форма	Балл повреждений			
	Вегетативные почки	Кора	Камбий	Древесина
Абрикос из Китая	1,0	0,0	0,0	0,0
Агафоновский	0,3	0,0	0,0	0,0
Ак-Кондак	1,0	0,0	0,0	0,0
Восточно-Саянский	0,0	0,0	0,0	0,0
Десертный	1,0	0,0	0,0	0,0
Кунач	1,0	0,0	0,0	0,0
Лель	0,5	0,0	0,0	0,0
Орловчанин	0,4	0,0	0,0	0,0
Облепиховый	0,5	0,0	0,0	0,0
Подарок Вехову	2,0	0,0	0,0	0,0
Триумф северный	0,5	0,0	0,0	0,0
Сардоникс	1,8	0,0	0,0	0,0
Хабаровский	0,6	0,0	0,0	0,0
21182	1,0	0,0	0,0	0,0
21183	0,4	0,0	0,0	0,0
23659	1,4	0,0	0,0	0,0
23688	1,0	0,0	0,0	0,0
23797	1,0	0,0	0,0	0,0
23972	1,0	0,0	0,0	0,0
24014	1,6	0,0	0,0	0,0
24071	0,0	0,0	0,0	0,0
24206	1,2	0,0	0,0	0,0
24224	2,0	0,0	0,0	0,0
НСР <sub>05</sub>	0,4	—	—	—

Table 4

Assessment of damage to the kidneys and tissues of annual apricot shoots at  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  after a three-day thaw  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  and re-hardening (IV component of winter hardiness)

Cultivar and hybrid form	Damage score			
	Vegetative buds	Bark	Cambium	Wood
'Abrikos iz Kitaya'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Agafonovskiy'	0.3	0.0	0.0	0.0
'Ak-Kondak'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Vostochno-Sayanskiy'	0.0	0.0	0.0	0.0
'Desertnyy'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Kunach'	1.0	0.0	0.0	0.0
'Lel''	0.5	0.0	0.0	0.0
'Orlovchanin'	0.4	0.0	0.0	0.0
'Oblepikhovyy'	0.5	0.0	0.0	0.0
'Podarok Vekhovu'	2.0	0.0	0.0	0.0
'Triumf severnyy'	0.5	0.0	0.0	0.0
'Sardoniks'	1.8	0.0	0.0	0.0
'Khabarovskiy'	0.6	0.0	0.0	0.0
21182	1.0	0.0	0.0	0.0
21183	0.4	0.0	0.0	0.0
23659	1.4	0.0	0.0	0.0
23688	1.0	0.0	0.0	0.0
23797	1.0	0.0	0.0	0.0

Table continuation

23972	1.0	0.0	0.0	0.0
24014	1.6	0.0	0.0	0.0
24071	0.0	0.0	0.0	0.0
24206	1.2	0.0	0.0	0.0
24224	2.0	0.0	0.0	0.0
LSD <sub>05</sub>	0.4	–	–	–

Агротехнологии

Таблица 5

Доля погибших генеративных почек в условиях основных компонентов зимостойкости, %

Сорт и гибридная форма	Основные компоненты зимостойкости			
	I	II	III	IV
	–5 °С, –10 °С, –25 °С	–5 °С, –10 °С, –30 °С	–5 °С, –10 °С, +2 °С, –17 °С	–5 °С, –10 °С, +2 °С, –5 °С, –10 °С, –25 °С
Абрикос из Китая	20,0	100,0	30,0	50,0
Агафоновский	20,3	70,0	16,7	26,7
Ак-Кондак	33,0	100,0	100,0	80,0
Восточно-Саянский	20,0	50,0	25,0	30,0
Десертный	30,8	80,0	21,7	50,0
Кунач	20,5	70,0	45,0	55,0
Лель	20,6	75,0	55,0	55,0
Орловчанин	20,0	50,0	33,3	30,0
Облепиховый	20,0	60,0	21,4	50,0
Подарок Вехову	25,8	80,0	50,0	60,0
Триумф северный	5,6	50,0	20,4	30,4
Сардоникс	10,4	50,0	26,1	40,0
Хабаровский	30,6	90,0	40,0	50,0
21182	30,8	100,0	100,0	100,0
21183	20,3	80,0	41,7	41,7
23659	20,0	90,0	41,7	51,7
23688	20,5	100,0	40,0	60,0
23797	21,0	100,0	42,9	50,0
23972	31,0	80,0	100,0	100,0
24014	30,4	80,0	52,6	60,0
24071	20,0	45,0	28,1	30,0
24206	20,0	46,0	18,6	30,0
24224	32,0	100,0	100,0	60,0
HCP <sub>05</sub>	8,1	16,4	7,3	17,5

Table 5

The proportion of dead generative kidneys in the conditions of the main components of winter hardiness, %

Cultivar and hybrid form	The main component of winter hardiness			
	I	II	III	IV
	–5 °С, –10 °С, –25 °С	–5 °С, –10 °С, –30 °С	–5 °С, –10 °С, +2 °С, –17 °С	–5 °С, –10 °С, +2 °С, –5 °С, –10 °С, –25 °С
'Abrikos iz Kitaya'	20.0	100.0	30.0	50.0
'Agafonovskiy'	20.3	70.0	16.7	26.7
'Ak-Kondak'	33.0	100.0	100.0	80.0
'Vostochno-Sayanskiy'	20.0	50.0	25.0	30.0
'Desertnyy'	30.8	80.0	21.7	50.0
'Kunach'	20.5	70.0	45.0	55.0
'Lel'	20.6	75.0	55.0	55.0
'Orlovchanin'	20.0	50.0	33.3	30.0



'Oblepikhovyy'	20.0	60.0	21.4	50.0
'Podarok Vekhovu'	25.8	80.0	50.0	60.0
'Triumf severnyy'	5.6	50.0	20.4	30.4
'Sardoniks'	10.4	50.0	26.1	40.0
'Khabarovskiy'	30.6	90.0	40.0	50.0
21182	30.8	100.0	100.0	100.0
21183	20.3	80.0	41.7	31.7
23659	20.0	90.0	41.7	51.7
23688	20.5	100.0	40.0	60.0
23797	21.0	100.0	42.9	50.0
23972	31.0	80.0	100.0	100.0
24014	30.4	80.0	52.6	60.0
24071	20.0	45.0	28.1	30.0
24206	20.0	46.0	18.6	30.0
24224	32.0	100.0	100.0	60.0
LSD <sub>05</sub>	8.1	16.4	7.3	17.5

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате искусственного промораживания установили, что сорта абрикоса Абрикос из Китая, Агафоновский, Восточно-Саянский, Кунач, Лель, Облепиховый, Орловчанин, Сардоникс, Триумф северный и гибридные формы 21183, 23659, 23688, 23797, 24071, 24206 обладают I компонентом зимостойкости. В начале зимы при снижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  перечисленные сортообразцы характеризовались морозостойкостью генеративных, вегетативных почек и тканей однолетних побегов.

После действия температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$  в конце декабря (II компонент зимостойкости) морозостойкость вегетативных почек и основных тканей однолетних побегов выявили у сортов абрикоса Орловчанин, Триумф северный и форм 24071, 24206, которые при этом характеризовались максимальным уровнем морозостойкости генеративных почек.

Наряду с этим установили способность сохранять морозостойкость вегетативных почек и тканей однолетних побегов у сортов и гибридных форм абрикоса при снижении температуры до  $-17^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  в феврале (III компонент зимостойкости). В то же время морозостойкость генеративных органов показали сорта

Агафоновский, Восточно-Саянский, Десертный, Облепиховый, Триумф северный и форма 24206. Следует также отметить при этом средний уровень морозостойкости генеративных почек у сортов Абрикос из Китая, Кунач, Орловчанин, Подарок Вехову, Сардоникс, Хабаровский и гибридных форм 21183, 23659, 23688, 23797, 24071.

В конце зимы изученные сорта и гибриды абрикоса проявили способность восстанавливать морозостойкость вегетативных почек и тканей однолетних побегов при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+2^{\circ}\text{C}$  и повторной закалки (IV компонент зимостойкости). Средний уровень морозостойкости генеративных почек отметили у сортов Абрикос из Китая, Агафоновский, Восточно-Саянский, Десертный, Облепиховый, Орловчанин, Сардоникс, Триумф северный, Хабаровский и гибридных форм 21183, 23797, 24071, 24206.

Таким образом, в результате искусственного промораживания с наибольшим потенциалом морозостойкости по основным компонентам зимостойкости выделили сорта Орловчанин, Триумф северный и гибридные формы 24071, 24206, которые могут рекомендоваться для дальнейшего использования в селекции.

### Библиографический список

1. Саудабаева А. Ж., Мушинский А. А. Изучение зимостойкости и морозостойкости лучших форм абрикоса в Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 6 (98). С. 103–107. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-103-107.
2. Ding A., Bao F., Ding, A., Zhang Q. Cold hardiness of *Prunus mume* 'Xiang Ruibai' and its parents based on biological indexes and physical parameters // Forests. 2022. No. 13. Article number 2163. DOI: 10.3390/f13122163.
3. Анатов Д. М., Асадулаев З. М., Османов Р. М. Сравнительная оценка сеянцев абрикоса по засухоустойчивости и зимостойкости в условиях Дагестана // Бюллетень ГНБС. 2019. № 133. С. 199–207. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-199-207.
4. Yu J., Conrad A. O., Decroocq V., Zhebentyayeva T., Williams D. E., Bennett D., Roch G., Audergon J.-M., Dardick C., Liu Z., Abbott A. G. and Staton M. E. Distinctive Gene Expression Patterns Define Endodormancy to

Ecodormancy Transition in Apricot and Peach // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article number 00180. DOI: 10.3389/fpls.2020.00180.

5. Golubev A. M., Alyoshina N. A., Anfalov V. E., Kulikov A. A., Vdovenko V. S. Some mechanisms of winter resistance in apricot flower buds in the period of ecodormancy // *Agronomy Research*. 2021. No. 19 (3). Pp. 1487–1503. DOI: 10.15159/AR.21.132.

6. Korzin V., Gorina V., Saplev N. The effect of weather conditions in southern Russia on the frost resistance of apricot generative buds // *Horticultural Science (Prague)*. 2021. No. 48 (4). Pp. 158–165. DOI: 10.17221/73/2020-HORTSCI.

7. Кузнецова А. П., Хохлова А. А., Дрыгина А. И. Изучение зимостойкости сортов вишни обыкновенной в полевых и лабораторных условиях [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2022. № 75 (5). С. 137–153. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-5-77-137-153.

8. Ахматова З. П., Тебуев Х. Х., Карданов А. Р., Хусейнаева Ж. С. Влияние климатических изменений (30 лет) агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование урожая абрикоса в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2020. № 66 (6). С. 168–183. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-6-66-168-183.

9. Fernandez E., Cuneo I. F., Luedeling E., Alvarado L., Farias D., Saa S. Starch and hexoses concentrations as physiological markers in dormancy progression of sweet cherry twigs // *Trees*. 2019. Vol. 33. No. 4. Pp. 1187–1201. DOI: 10.1007/s00468-019-01855-0.

10. Solovchenko A. E., Tkachyov E. N., Tsukanova E. M. et al. Winter Dormancy of Woody Plants and Its Noninvasive Monitoring // *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. 2022. No. 77. Pp. 41–53. DOI: 10.3103/S0096392522020110.

11. Nenko N. I., Kisileva G. K., Ulyanovskaya E. V., Karavaeva A. V. Winter resistance of the apple-tree varieties in the south of Russia // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. 2018. No. 3-4. Pp. 3–10.

12. Горина В. М., Корзин В. В., Месяц Н. В. Климатические факторы, лимитирующие продуктивность сортов абрикоса и алычи гибридной на Южном берегу Крыма // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2018. № 4. С. 38–41.

13. Ожерельева З. Е., Прудников П. С., Ефремов И. Н. Изучение морозостойкости сортов вишни селекции ВНИИСПК // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020. № 4. С. 29–33. DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/29-33.

14. Minin A. N., Markovskaya G. K., Nechaeva E. H., Stepanova Y. V., Hohlov N. N. Improving the adaptability of apricot to abiotic environmental factors // *BIO Web of Conferences*. 2020. No. 17. Article number 00030. DOI: 10.1051/bioconf/20201700030.

15. Тюрина М. М., Гоголева Г. А., Голоулина Л. К., Морозова Н. Г., Эчеди Й. Й., Волков Ф. А., Арсентьева А. П., Матяш Н. А. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях: методические указания. Москва: ВСТИСП, 2002. 119 с.

16. Гасымов Ф. М., Уточкин Г. М. Трудности внедрения абрикоса [Электронный ресурс] // *Современное садоводство – Contemporary horticulture*. 2019. № 2. С. 46–54. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10208.

17. Солонкин А. В., Никольская О. А., Киктева Е. Н. Изучение компонентов зимостойкости сливы различного происхождения // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 2 (58). С. 95–104. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-09.

18. Киктева Е. Н., Солонкин А. В., Никольская О. А. Зимостойкость абрикоса в условиях Волгоградской области // *Научно-агрономический журнал*. 2021. № 1 (112). С. 48–53. DOI: 10.34736/FNC.2021.112.1.008.48-53.

#### Об авторах:

Зоя Евгеньевна Ожерельева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией физиологии устойчивости плодовых растений, ORCID 0000-0002-1730-4073, AuthorID 399577; +7 920 815-19-75, ozherelieva@orel.vniispl.ru

Александра Алексеевна Гуляева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом селекции, сортоизучения и сортовой агротехники косточковых культур, ORCID 0000-0002-5528-0981, 305835; +7 915 505-49-66, gulyaeva@orel.vniispl.ru

Анна Александровна Галькова<sup>1</sup>, младший научный сотрудник, ORCID 0009-0000-8697-4049, AuthorID 742411; +7920 818-41-21, galkova@orel.vniispl.ru

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (ВНИИСПК), Орел, Россия

## References

1. Saudabaeva A. Zh., Mushinskiy A. A. Izuchenie zimostoykosti i morozostoykosti luchshikh form abrikosa v Orenburgskoy oblasti [Study of winter hardiness and frost resistance of the best forms of apricot in the Orenburg region] // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2022. No. 6 (98). Pp. 103–107. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-103-107. (In Russian.)
2. Ding A., Bao F., Ding, A., Zhang Q. Cold hardiness of *Prunus mume* ‘Xiang Ruibai’ and its parents based on biological indexes and physical parameters // Forests. 2022. No. 13. Article number 2163. DOI: 10.3390/f13122163.
3. Anatov D. M., Asadulaev Z. M., Osmanov R. M. Sravnitel'naya otsenka seyantsev abrikosa po zasukhustoychivosti i zimostoykosti v usloviyah Dagestana [Comparative assessment of apricot seedlings for drought resistance and winter hardiness in Dagestan] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2019. No. 133. Pp. 199–207. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-199-207. (In Russian.)
4. Yu J., Conrad A. O., Decroocq V., Zhebentyayeva T., Williams D. E., Bennett D., Roch G., Audergon J-M., Dardick C., Liu Z., Abbott A. G. and Staton M. E. Distinctive Gene Expression Patterns Define Endodormancy to Ecodormancy Transition in Apricot and Peach // Frontiers in Plant Science. 2020. Vol. 11. Article number 00180. DOI: 10.3389/fpls.2020.00180.
5. Golubev A. M., Alyoshina N. A., Anfalov V. E., Kulikov A. A., Vdovenko V. S. Some mechanisms of winter resistance in apricot flower buds in the period of ecodormancy // Agronomy Research. 2021. No. 19 (3). Pp. 1487–1503. DOI: 10.15159/AR.21.132.
6. Korzin V., Gorina V., Saplev N. The effect of weather conditions in southern Russia on the frost resistance of apricot generative buds // Horticultural Science (Prague). 2021. No. 48 (4). Pp. 158–165. DOI: 10.17221/73/2020-HORTSCI.
7. Kuznetsova A. P., Khokhlova A. A., Drygina A. I. Izuchenie zimostoykosti sortov vishni obyknovennoy v polevykh i laboratornykh usloviyakh [The study of winter hardiness of sour cherry varieties under field and laboratory conditions] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2022. No. 77 (5). Pp. 137–153. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-5-77-137-153. (In Russian.)
8. Akhmatova Z. P., Tebuev H. H., Kardanov A. R., Huseynaeva Zh. S. Vliyaniye klimaticheskikh izmeneniy (30 let) agrometeorologicheskikh usloviy na rost, razvitiye i formirovaniye urozhaya abrikosa v predgornoy zone Kabardino-Balkarskoy Respubliki [The influence of climatic changes (30 years) of agrometeorological conditions on the growth, development and formation of the apricot crop in the foothill zone of the Kabardino-Balkar Republic] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2020. No. 66 (6). Pp. 168–183. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-6-66-168-183. (In Russian.)
9. Fernandez E., Cuneo I. F., Luedeling E., Alvarado L., Farias D., Saa S. Starch and hexoses concentrations as physiological markers in dormancy progression of sweet cherry twigs // Trees. 2019. Vol. 33. No. 4. Pp. 1187–1201. DOI: 10.1007/s00468-019-01855-0.
10. Solovchenko A. E., Tkachyov E. N., Tsukanova E. M. et al. Winter Dormancy of Woody Plants and Its Non-invasive Monitoring // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2022. No. 77. Pp. 41–53. DOI: 10.3103/S0096392522020110.
11. Nenko N. I., Kisileva G. K., Ulyanovskaya E. V., Karavaeva A. V. Winter resistance of the apple-tree varieties in the south of Russia // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2018. No. 3-4. Pp. 3–10.
12. Gorina V. M., Korzin V. V., Mosyats N. V. Klimaticheskie faktory, limitiruyushchie produktivnost' sortov abrikosa i alychi gibridnoy na Yuzhnom beregy Kryma [Climatic factors limiting the productivity of apricot and cherry-plum hybrids on the Southern coast of Crimea] // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2018. No. 4. Pp. 38–41. (In Russian.)
13. Ozherelieva Z. E., Prudnikov P. S., Efremov I. N. Izuchenie morozostoykosti sortov vishni selekchii VNIISPK [Studying of frost resistance of cherry varieties in selection of All-Russian research institute for fruit crop breeding] // Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki. 2020. No. 4. Pp. 29-33. DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/29-33. (In Russian.)
14. Minin A. N., Markovskaya G. K., Nechaeva E. H., Stepanova Y. V., Hohlov N. N. Improving the adaptability of apricot to abiotic environmental factors // BIO Web of Conferences. 2020. No. 17. Article number 00030. DOI: 10.1051/bioconf/20201700030.
15. Tyurina M. M., Gogleva G. A., Goloulina L. K., Morozova N. G., Echedi Y. Y., Volkov F. A., Arsent'eva A. P., Matyash N. A. Opredeleniye ustoychivosti plodovykh i yagodnykh kul'tur k stressoram holodnogo vremeni goda v polevykh i kontroliruemyykh usloviyakh: metodicheskie ukazaniya [Determination of the resistance of fruit and berry crops to cold season stressors in field and controlled conditions: methodological instructions]. Moscow: VSTISP, 2002. 119 p. (In Russian.)

16. Gasyimov F. M., Utochkin G.M. Trudnosti vnedreniya abrikosa [The difficulties of introducing apricot] // Contemporary Horticulture. 2019. No. 2. Pp. 46–54. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10208. (In Russian.)
17. Solonkin A. V., Nikol'skaya O. A., Kikteva YE. N. Izuchenie komponentov zimostoykosti slivy razlichnogo proiskhozhdeniya [Winter hardiness of plums of various origins components study] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2020. No. 2 (58). Pp. 95–104. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-09. (In Russian.)
18. Kikteva E. N., Solonkin A. V., Nikol'skaya O. A. Zimostoykost' abrikosa v usloviyakh Volgogradskoy oblasti [Winter hardiness of apricot in the conditions of the Volgograd region] // Scientific Agronomy Journal. 2021. No. 1 (112). Pp. 48–53. DOI: 10.34736/FNC.2021.112.1.008.48-53. (In Russian.)

**Authors' information:**

Zoya E. Ozherelieva<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory of physiology of resistance of fruit plants, ORCID 0000-0002-1730-4073, AuthorID 399577; +7 920 815-19-75, [ozherelieva@orel.vniispl.ru](mailto:ozherelieva@orel.vniispl.ru)

Aleksandra A. Gulyaeva<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the department of breeding, variety studies and varietal agrotechnics of stone crops, ORCID 0000-0002-5528-0981, AuthorID 305835; +7 915 505-49-66, [gulyaeva@orel.vniispl.ru](mailto:gulyaeva@orel.vniispl.ru)

Anna A. Galkova<sup>1</sup>, junior researcher, ORCID 0009-0000-8697-4049, AuthorID 742411; +7920 818-41-21, [galkova@orel.vniispl.ru](mailto:galkova@orel.vniispl.ru)

<sup>1</sup>Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Oryol, Russia



## Использование подкислителей и бутиратов в составе рационов – путь к реализации биоресурсного потенциала цыплят-бройлеров

К. В. Лавриненко<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Белгородский государственный аграрный университет, Майский, Россия

✉ E-mail: k.mezinova@yandex.ru

**Аннотация.** В условиях научно-производственной лаборатории УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ проведен научно-хозяйственный опыт с целью изучения влияния кормовых добавок подкислителя «Асид Лак» и бутирата кальция «БутиПЕРЛ» на убойные показатели, морфологию тушек бройлеров, химический состав грудных и ножных мышц, органолептику мяса и бульона. **Методы.** Цыплятам I опытной группы в состав основного рациона вводили подкислитель «Асид Лак» в количестве 5 кг/т, II опытной группе вводили 0,3 кг/т бутирата кальция «БутиПЕРЛ», III опытной группе – комплекс кормовых добавок в дозировках 1 и 2 опытной групп без введения антимикробных препаратов; цыплята-бройлеры контрольной группы получали полнорационный комбикорм (ОР). При выращивании цыплят применяли трехфазную систему кормления. В опытный период цыплята-бройлеры выращивались напольным способом, при одинаковых условиях содержания. По **результатам** исследования установлено: бройлеры III опытной группы имели наибольшую предубойную живую массу в сравнении с контролем на 104,67 г, или 4,0 % ( $P \geq 0,95$ ), что также выше аналогов I и II опытных групп на 14 г (0,51 %) и 48 г (1,76 %); большую массу потрошеной тушки имели бройлеры III опытной группы – 1870,73 г, что выше по сравнению с контрольной группой на 132,96 (7,65 %), с I и II опытными на 43,93 г (2,35 %) и 77,96 г (4,17 %). Убойный выход в контрольной группе составил 66,40 %, а в опытных увеличился до 67,1–68,7 %. Отмечено повышение содержания сухого вещества, жира и белка в грудных и ножных мышцах, а также улучшение вкусовых качеств и биологической ценности мяса. **Научная новизна** заключается в том, что впервые на поголовье кросса Росс-308 применяли в комплексе подкислитель и бутират как альтернативу антимикробным препаратам.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, кормление, предубойная живая масса, органические кислоты, подкислители, бутираты, Росс-308, убойный выход.

**Для цитирования:** Лавриненко К. В. Использование подкислителей и бутиратов в составе рационов – путь к реализации биоресурсного потенциала цыплят-бройлеров // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 65–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-65-75.

**Дата поступления статьи:** 30.01.2023, **дата рецензирования:** 15.03.2023, **дата принятия:** 13.07.2023.

## The use of acidulants and butyrates in diets is a way to realize the bioresource potential of broiler chickens

K. V. Lavrinenko<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Belgorod State Agrarian University, Mayskiy, Russia

✉ E-mail: k.mezinova@yandex.ru

**Abstract.** In the conditions of the research and production laboratory of the ERC “Agrotechnopark” of the Belgorod State Agrarian University, a scientific and economic experiment was carried out to study the effect of feed additives acidifier “Acid Lak” and “ButiPEARL” calcium butyrate on slaughter indicators, morphology of broiler carcasses, chemical composition of pectoral and leg muscles, organoleptics of meat and broth. **Methods.** Chickens of the 1st experimental group were introduced into the main diet of the acidifier “Acid Lak” in the amount of 5 kg/t, the 2nd experimental group was injected with 0.3 kg/t of calcium butyrate “ButiPEARL”, the 3rd experimental

group – a complex of feed additives in dosages 1 and 2 of the experimental groups without the introduction of antimicrobial drugs; broiler chickens of the control group received a complete mixed feed (OP). When growing chickens, a three-phase feeding system was used. During the experimental period, broiler chickens were grown outdoors, under the same conditions. According to the **results** of the study, it was found that broilers of the 3rd experimental group had the highest pre-slaughter live weight in comparison with the control by 104.67 g or 4.0 % ( $P \geq 0.95$ ), which is also higher than analogues 1 and 2 experimental by 14 g (0.51%) and 48 g (1.76 %); broilers of the 3rd experimental group had a greater mass of gutted carcass – 1870.73 g, which is higher compared to the control group by 132.96 (7.65 %), and also 1 and 2 experimental by 43.93 g (2.35 %) and 77.96 g (4.17 %). 68.7 %. An increase in the content of dry matter, fat and protein in the pectoral and leg muscles, as well as an improvement in the taste and biological value of meat was noted. **The scientific novelty** lies in the fact that for the first time on the livestock of the Ross-308 cross, an acidifier and butyrate were used in combination as an alternative to antimicrobial drugs.

**Keywords:** broiler chickens, feeding, pre-slaughter live weight, organic acids, acidifiers, butyrates, Ross-308, slaughter yield.

**For citation:** Lavrinenko K. V. Ispol'zovaniye podkisliteley i butiratov v sostave ratsionov – put' k realizatsii bioresursnogo potentsiala tsyplyat-broylerov [The use of acidulants and butyrates in diets is a way to realize the bioresource potential of broiler chickens] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 65–75. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-65-75. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 30.01.2023, **date of review:** 15.03.2023, **date of acceptance:** 13.07.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Эффективность работы птицеводческих предприятий, в том числе повышение мясной продуктивности и качества мяса цыплят-бройлеров, зависит от обоснованности и своевременного применения основных технологических решений выращивания, где главное место занимает кормление [1]. Основной составляющей современных рационов сельскохозяйственной птицы является возможность использования биологических добавок различного спектра действия, что оказывает положительное влияние на переваримость кормов, продуктивность поголовья и качество получаемой продукции [2].

Небезызвестен факт использования до недавнего времени в качестве ростостимулирующих добавок в рационах сельскохозяйственной птицы антимикробных препаратов, что в настоящее время переросло в мировую проблему [3]. Антибиотики имеют способность накапливаться в продуктах животноводства, что в результате их длительного применения приводит к устойчивости и адаптации микроорганизмов к данным препаратам [4]. В настоящий момент ужесточены правила использования антибиотиков в агропромышленном комплексе страны в целях предотвращения их попадания в продукты питания, а главное – ввиду резистентности новых штаммов болезнетворных бактерий к действующим веществам. Сокращение, а для стран Запада – полное исключение антимикробных препаратов из рационов бройлеров привело к необходимости поиска альтернативных стимуляторов роста. Они предназначены не только для поддержания высоких производственных показателей (в т. ч. мясной продуктивности, качества мяса), но и здоровья поголовья, что отражено в работах как от-

ечественных, так и зарубежных авторов [5–9]. В наших исследованиях предметом изучения альтернатив антибиотикам послужил механизм действия кормовых добавок на основе органических кислот: подкислителя и бутирата.

Подкислители применяются для снижения кислотосвязывающей способности, предотвращения появления и размножения различного рода грибов и бактерий в средствах кормления и питьевой воде, повышения поедаемости кормов и их усвоения, нормализации процесса обмена веществ [10; 11].

Бутират (кальция) защищает целостность слизистой оболочки кишечника, стимулирует рост ворсинок, помогает быстрее восстанавливать стенку кишечника при повреждении, предотвращает проникновение патогенных микроорганизмов через стенку кишечника [12].

Положительным аспектом использования кормовых добавок на основе органических кислот является то, что они не накапливаются в организме, в отличие от антимикробных средств, а их применение в течение всего периода выращивания всецело оказывает положительное влияние на показатели продуктивности, качество мяса и уровень рентабельности производства [13–15].

Отличительной особенностью современных технологий служит применение средств и операций, не оказывающих отрицательного влияния на здоровье потребителя и окружающей среды [16]. В связи с этим комплексное применение подкислителя и бутирата – одно из возможных, а главное – современных решений проблемы антибиотикорезистентности.

Целью исследований явилось изучение целесообразности комплексного включения подкислителя

и бутирата в рацион и их влияния на показатели качества мяса при полном выращивании цыплят-бройлеров.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на базе научно-производственной лаборатории птицеводства УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ с 1 по 40 сутки.

Научно-хозяйственный опыт начинали с формирования из суточных и кондиционных цыплят-бройлеров кросса Росс-308 по принципу пар-аналогов контрольной и трех опытных групп по 60 голов в каждой. Объектами исследования послужили кормовые добавки «Асид Лак» и «БутиПЕРЛ». Схема кормления цыплят-бройлеров, поставленных на опыт, представлена на рис. 1.

Технология кормления и условия содержания соответствовали нормативным показателям и рекомендациям для кросса Росс-308: были аналогичны во всех выращиваемых группах. Кормление осу-

ществлялось полнорационными комбикормами, соответствующими конкретному периоду роста (3 фазы роста).

В качестве исследуемых образцов использовались тушки цыплят-бройлеров, а после уоя и анатомической разделки, произведенных на 40-е сутки, – грудные и ножные мышцы бройлеров. Для контрольного уоя из каждой группы было отобрано по 3 головы со средними показателями массы и одинаковой упитанности. Оценка качественных характеристик тушек проводили согласно требованиям ГОСТ Р 31962-2013. Исследования химического состава грудных и ножных мышц проводились в испытательной лаборатории Белгородского ГАУ, а органолептическую оценку вареного, жареного мяса и бульона проводили на кафедре технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Белгородского ГАУ согласно методике ВНИТИП. Полученные данные подвергались статистической обработке с помощью Microsoft Excel.



Рис. 1. Схема введения кормовых добавок в рационы цыплят-бройлеров

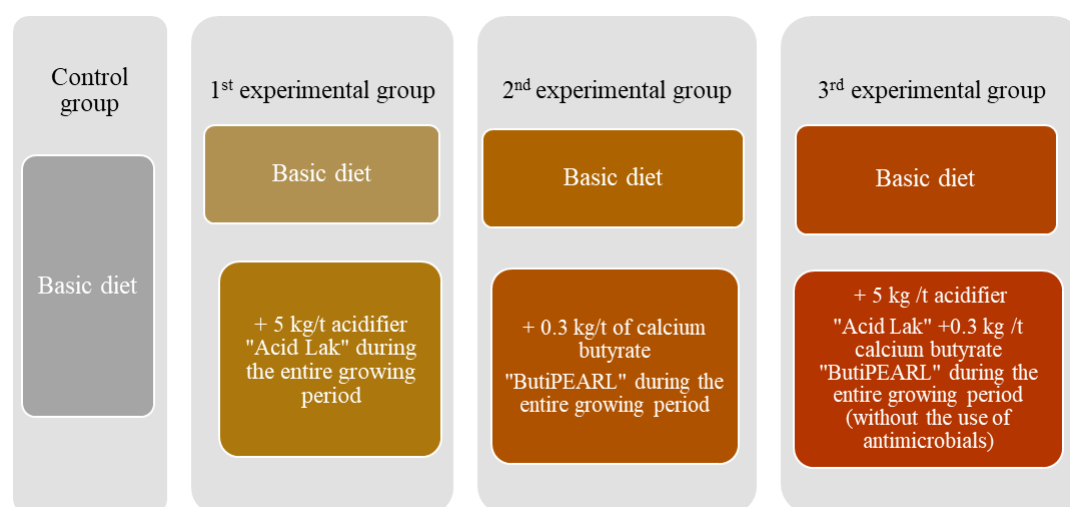


Fig. 1. Scheme of introducing feed additives into the diets of broiler chickens

Таблица 1  
Результаты контрольного убоя цыплят-бройлеров

Группа/показатель	Предубойная живая масса, г	Масса полупотрошенной тушки, г	Масса потрошенной тушки, г
Контрольная	2616,33 ± 20,58	2025,10 ± 35,06	1737,77 ± 27,88
I опытная	2707,00 ± 29,05	2141,47 ± 36,41	1826,80 ± 18,32
II опытная	2673,00 ± 19,09	2114,10 ± 10,84	1792,77 ± 16,29
III опытная	2721,00 ± 14,47**	2179,07 ± 30,44**	1870,73 ± 31,33**

\*\*  $P \geq 0,95$ .

Table 1  
Results of the control slaughter of broiler chickens

Group/indicator	Ante-mortem live weight, g	Weight of half-gutted carcass, g	Weight of gutted carcass, g
Control	2616.33 ± 20.58	2025.10 ± 35.06	1737.77 ± 27.88
1 <sup>st</sup> experienced	2707.00 ± 29.05	2141.47 ± 36.41	1826.80 ± 18.32
2 <sup>nd</sup> experienced	2673.00 ± 19.09	2114.10 ± 10.84	1792.77 ± 16.29
3 <sup>rd</sup> experienced	2721.00 ± 14.47**	2179.07 ± 30.44**	1870.73 ± 31.33**

\*\*  $P \geq 0,95$ .

### Результаты (Results)

Мясо птицы – важный продукт в рационе питания современного человека. Оно выступает в качестве незаменимого источника энергии, служит материалом в построении процессов обмена веществ и синтеза [17; 18].

Комплексную оценку качества мяса устанавливают по совокупности органолептических показателей, химического состава и биологической ценности, обуславливающих способность обеспечивать организм потребителей питательными веществами. Результаты контрольного убоя представлены в таблице 1, показатели убойного выхода – на рис. 2.

Предубойная живая масса бройлеров III опытной группы превысила контрольных аналогов на 104,67 г, или 4,0 % ( $P \geq 0,95$ ). Разница контрольной группы с I и II опытными группами по этому показателю была недостоверна и составила соответственно 90,67 г (3,46 %) и 56,67 г (2,17 %). Цыплята-бройлеры III опытной группы имели также большую массу полупотрошенной тушки, где разница достоверно выше по сравнению с контрольной группой на 153,97, или на 7,60 % ( $P \geq 0,95$ ). Отличие контрольной группы в сравнении с I и II опытными группами было недостоверным по разнице, а масса полупотрошенной тушки снизилась на 116,37 г (5,74 %) и 116,37 г (5,74 %).

Масса потрошенной тушки была больше также в III опытной группе и составила 1870,73 г, что выше по сравнению с контрольной группой на 132,96 (7,65 %). Показатели I и II опытных групп были также выше в сравнении с контрольной группой на 89,03 г (5,12 %) и 55,0 г (3,16 %). Среди опытных групп лучшие показатели зафиксированы в III опытной группе, что выше показателей I и II опытных по предубойной живой массе на 14 г (0,51 %) и 48 г (1,76 %); массе полупотрошенной и потрошенной

тушки на 37, 6 г (1,73 %) и 43,93 г (2,35 %) – в I опытной, 64,97 г (2,98 %) и 77,96 г (4,17%) – во II опытной.

Убойный выход в контрольной группе составил 66,40 %, а в опытных увеличился до 67,1–68,7 %. Возможным следствием улучшения убойных показателей в результате скармливания кормовых добавок на основе органических кислот является формирование в процессе роста и развития полноценной хрящевой ткани, укрепление костного каркаса, при этом птица проявляет большую двигательную активность и лучше потребляет корм. В связи с этим увеличивается живая масса и бройлеры набирают большую мышечную массу.

При осмотре внешнего вида тушек выявлено, что цыплята как контрольной, так и опытных групп соответствовали следующим минимальным требованиям: были хорошо обескровленными, чистыми; не имели посторонних включений и запахов, а в целом имели упругую консистенцию и свойственные доброкачественному мясу состояние поверхности и цвет кожи. На разрезе мясо плотное, грудные мышцы белые, с розоватым оттенком, эластичные, сухожилия блестящие, белые, упругие. Послеубойная экспертиза мяса, полученного от бройлеров опытных групп, свидетельствует о полном созревании мышечной ткани по органолептическим и лабораторным показателям качества.

Анатомическая разделка тушек цыплят-бройлеров, получавших в составе комбикормов подкислитель, бутират и их комплекс, представлена в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что введение подкислителя (5 кг/т) и бутирата (0,3 кг/т) в составе полнорационного комбикорма в технологии выращивания цыплят-бройлеров способствовало увеличению мышечной ткани в I опытной группе в сравнении с контрольной группой на 76,84 г

(6,86 %), во II опытной группе – на 42,90 г (3,83 %), в III опытной – на 106,34 г (9,50 %). Среди опытных групп лучшие показатели имела III группа, где цыплятам скармливали комплекс подкислителя и бутирата без применения антимикробных препаратов: показатели оказались выше аналогов I и II опытных групп на 29,50 г (2,41 %) и 63,44 г (5,18 %) соответственно. Выход мышц от массы потрошеной тушки в опытных группах в сравнении с контролем увеличился на 0,42–1,11 %, наивысший – в III опытной – составил 65,53 %.

Масса грудных мышц контрольной группы – 547,03 г, что ниже в сравнении с I–III опытными группами на 36,4 г (6,65 %); 19,57 г (3,58 %) и 46,44 г (8,49 %). Среди опытных групп лучшие результаты отмечены в III опытной, что лучше показателей I и II опытных групп на 10,04 г (1,69 %) и 26,87 г (4,53 %). Выход мышц был выше на 0,1–0,5 % опытных группах в сравнении с контролем.

Масса кожи в тушках цыплят I опытной группы составила 246,97 г, что выше по сравнению с аналогами контрольной группы на 9,28 г (3,90 %), II опытной – 252,87 г, что выше контроля на 15,18 г (6,39 %), III опытной – 255,73, что выше контроля на 18,04 г (7,59 %). Среди опытных групп большую

массу имели образцы III опытной группы в сравнении с аналогами I и II опытных соответственно на 8,76 г (3,43 %) и 2,86 г (1,12 %). Относительно массы потрошеной тушки выход кожи в опытных группах составил 13,52–14,10 %.

Масса костей контрольной и опытных групп существенно не отличалась как между группами, так и относительно массы потрошеной тушки и составила в контрольной группе 21,15 %, в I опытной – 20,13 %, во II опытной – 20,23 %, в III опытной – 20,02 %.

По результатам анатомической разделки тушек в проведенном научно-хозяйственном опыте был рассчитан мясокостный индекс, который в III опытной группе составил 3,27 ед., что выше показателей контрольной, I и II опытных групп на 0,22 ед., 0,02 ед., 0,06 ед. соответственно.

По результатам контрольного убоя всего подопытного поголовья тушки цыплят-бройлеров подразделяют по сортам: I и II. По характеру упитанности к I сорту можно было отнесено 93,50 % тушек контрольной группы, 94,80 % I опытной группы, 94,70 % II опытной группы и 96,70 % из числа тушек III опытной группы.

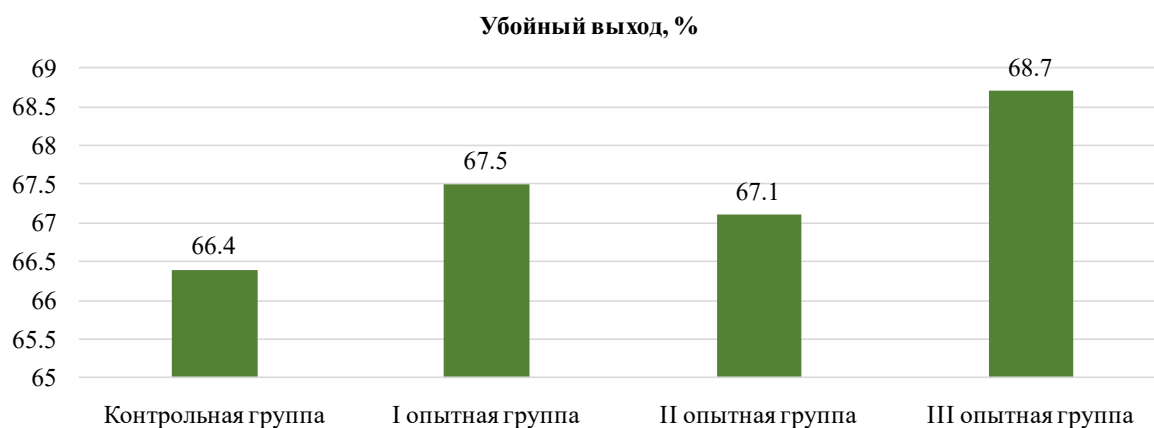


Рис. 2. Убойный выход цыплят-бройлеров, %

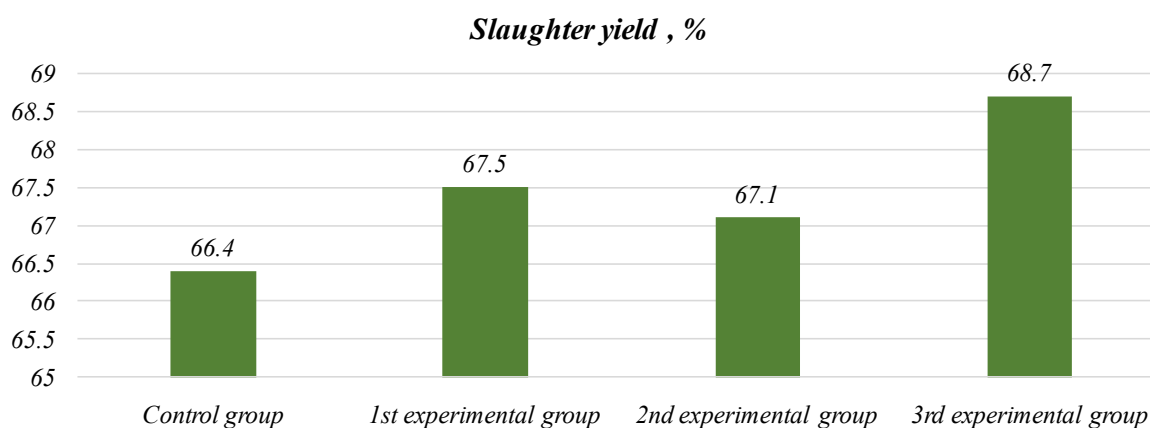


Fig. 2. Slaughter yield of broiler chickens, %



Таблица 3

**Морфологический состав тушек цыплят-бройлеров**

Показатель	Контрольная		I опытная		II опытная		III опытная	
	г	%	г	%	г	%	г	%
Мышцы	1119,53	64,42	1196,37	65,49	1162,43	64,84	1225,87	65,53
В т. ч. грудные	547,03	31,5	583,43	32,0	566,60	31,6	593,47	31,7
Кожа	237,69	13,68	246,97	13,52	252,87	14,10	255,73	13,67
Кости	367,5	21,15	367,67	20,13	362,60	20,23	374,50	20,02
Мясокостный индекс	3,05		3,25		3,21		3,27	
Сортность тушек (по результатам убоя всех подопытных бройлеров), %								
I сорт	93,50		94,80		94,70		96,70	
II сорт	6,50		5,20		5,30		3,30	

Биология и биотехнологии

Table 3

**Morphological composition of carcasses of broiler chickens**

Index	Control		I experienced		II experienced		III experienced	
	g	%	g	%	g	%	g	%
Muscles	1119.53	64.42	1196.37	65.49	1162.43	64.84	1225.87	65.53
Including chest	547.03	31.5	583.43	32.0	566.60	31.6	593.47	31.7
Leather	237.69	13.68	246.97	13.52	252.87	14.10	255.73	13.67
Bones	367.5	21.15	367.67	20.13	362.60	20.23	374.50	20.02
Meat and bone index	3.05		3.25		3.21		3.27	
Grade of carcasses (according to the results of slaughter of all experimental broilers), %								
I grade	93.50		94.80		94.70		96.70	
II grade	6.50		5.20		5.30		3.30	

Таким образом, анализ данных контрольного убоя, анатомической разделки и изучения морфологического состава мяса цыплят-бройлеров кросса Росс-308 при их напольном содержании показал, что комплексное применение подкислителя «Асид Лак» в количестве 5 кг/т и бутирата кальция «Бути-ПЕРЛ» в количестве 0,3 кг/т на протяжении всего периода выращивания и без применения антими-кробных препаратов повышает мясные качества тушек. Безусловно, это связано со стимуляцией роста ворсинок кишечника и с улучшением усвоения питательных веществ, поскольку более эффективное переваривание корма в организме цыплят опытных группы обусловлено также усиленной выработкой ферментов железами желудка и поджелудочной железой под влиянием бутирата, содержащегося в добавке «БутиПЕРЛ». Создавая благоприятные условия для развития ворсинок эпителия кишечной стенки, бутират способствует ее восстановлению и укрепляет барьерную функцию кишечника. Добавка оказывает противовоспалительное и антиоксидантное действие. При ее применении улучшается функционирование иммунных клеток кишечника, снижается скорость освобождения железистого желудка от корма и перехода химуса в тонкий кишечник, что положительно сказывается на усвояемости

питательных компонентов и находит отражение в мясной продуктивности в том числе.

Неотъемлемой частью комплексной оценки качества мяса являются органолептические показатели, для чего и была проведена дегустационная оценка качества вареного и жареного мяса грудных, бедренных мышц, а также бульона, приготовленного из грудных мышц, полученных от цыплят-бройлеров, выращиваемых в течение опытного периода.

Преимуществом органолептического метода оценки качественных характеристик мяса цыплят-бройлеров является возможность за короткий временной промежуток выявить комплекс важных для потребителя показателей, к числу которых относят цвет, аромат, вкусовые достоинства, нежность и сочность мяса, а также прочие характеристики, которые при помощи лабораторных методов оценить затруднительно [19]. Дегустационная оценка вкусовых достоинств мяса не выявила постороннего запаха и привкуса, а показала, что как в вареном, так и в жареном виде мясо всех групп было приятное на вкус, нежное по консистенции и сочное.

Достоверных отличий между контрольной и опытными группами в результате дегустационной оценки нами не выявлено, одинаково высшую оценку, полученную как среднее арифметическое

показателей, имели как в вареном, так и жареном виде грудные и бедренные мышцы бройлеров III опытной группы, где до убоя цыплята-бройлеры выращивались без применения антимикробных препаратов. Аналогичные результаты мы получили исходя из анализа результатов органолептической оценки бульона: III опытная группа, где цыплята получали совместно с кормами комплекс кормовых добавок, имела наилучший средний балл по учитываемым показателям. Таким образом, на основании изменения сенсорных показателей вареного, жареного

мяса и бульона можем сделать вывод, что данные опытных групп свидетельствуют о повышении потребительских свойств мясной продукции, что, вероятнее всего, связано с входящими в состав кормовых добавок ингредиентами.

Результаты химического анализа грудных и ножных мышц цыплят-бройлеров контрольной и опытных групп позволяют сделать вывод о питательности грудных и ножных мышц в сравнительном аспекте.

Таблица 4  
Химический состав грудных и ножных мышц цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	Контроль	I опытная	II опытная	III опытная
<b>Грудные мышцы</b>				
Сухое вещество, %	27,97 ± 0,99	28,26 ± 1,01	27,70 ± 0,29	28,67 ± 1,24
Зола, %	1,46 ± 0,08	1,39 ± 0,02	1,41 ± 0,03	1,57 ± 0,21
Жир, %	1,55 ± 0,14	1,73 ± 0,25	1,70 ± 0,26	1,66 ± 0,32
Белок, %	20,70 ± 0,73	20,82 ± 0,80	20,71 ± 0,42	20,99 ± 0,67
Триптофан, %	1,17 ± 0,02	1,18 ± 0,04	1,19 ± 0,02	1,23 ± 0,04
Оксипролин, %	0,25 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,25 ± 0,00
Белково-качественный показатель (БКП)	4,68	4,72	4,76	4,92
<b>Ножные мышцы</b>				
Сухое вещество, %	25,75 ± 0,21	27,73 ± 0,98	26,72 ± 0,35	27,34 ± 1,85
Зола, %	1,27 ± 0,01	1,30 ± 0,07	1,27 ± 0,03	1,34 ± 0,14
Жир, %	2,45 ± 0,10	4,22 ± 0,21***	3,07 ± 0,44	3,34 ± 0,20**
Белок, %	18,27 ± 0,36	18,38 ± 0,85	18,25 ± 0,11	18,54 ± 1,45
Триптофан, %	1,22 ± 0,02	1,30 ± 0,01**	1,28 ± 0,05	1,31 ± 0,04
Оксипролин, %	0,43 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,42 ± 0,02
Белково-качественный показатель (БКП)	2,81	3,11	3,10	3,14

\*\*  $P \geq 0,95$ ; \*\*\*  $P \geq 0,99$ .

Table 4  
The chemical composition of the pectoral and leg muscles of broiler chickens

Index	Group			
	Control	I experienced	II experienced	III experienced
<b>Pectoral muscles</b>				
Dry content, %	27.97 ± 0.99	28.26 ± 1.01	27.70 ± 0.29	28.67 ± 1.24
Ash, %	1.46 ± 0.08	1.39 ± 0.02	1.41 ± 0.03	1.57 ± 0.21
Fat, %	1.55 ± 0.14	1.73 ± 0.25	1.70 ± 0.26	1.66 ± 0.32
Protein, %	20.70 ± 0.73	20.82 ± 0.80	20.71 ± 0.42	20.99 ± 0.67
Tryptophan, %	1.17 ± 0.02	1.18 ± 0.04	1.19 ± 0.02	1.23 ± 0.04
Oxyproline, %	0.25 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.25 ± 0.00
Protein-quality indicator (PQ)	4.68	4.72	4.76	4.92
<b>Leg muscles</b>				
Dry content, %	25.75 ± 0.21	27.73 ± 0.98	26.72 ± 0.35	27.34 ± 1.85
Ash, %	1.27 ± 0.01	1.30 ± 0.07	1.27 ± 0.03	1.34 ± 0.14
Fat, %	2.45 ± 0.10	4.22 ± 0.21***	3.07 ± 0.44	3.34 ± 0.20**
Protein, %	18.27 ± 0.36	18.38 ± 0.85	18.25 ± 0.11	18.54 ± 1.45
Tryptophan, %	1.22 ± 0.02	1.30 ± 0.01**	1.28 ± 0.05	1.31 ± 0.04
Oxyproline, %	0.43 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.41 ± 0.01	0.42 ± 0.02
Protein-quality indicator (PQ)	2.81	3.11	3.10	3.14

\*\*  $P \geq 0,95$ ; \*\*\*  $P \geq 0,99$ .

Данные таблицы 4 показывают, что дополнение к рациону цыплят-бройлеров опытных групп в виде подкислителя и бутирата способствовало росту в грудных и ножных мышцах процентного содержания жира и белка. Так, содержание жира в грудной мышце цыплят опытных групп было выше в опытных в группах по сравнению с контролем на 0,18 %; 0,15 % и 0,11 % соответственно, а сравнивая опытные – ниже в III опытной на 0,07 % и 0,04 % по отношению к аналогам I и II опытных. По количеству жира в ножной мышце все опытные группы показали в сравнении с контролем лучшие результаты соответственно на 1,77 % ( $P \geq 0,99$ ); 0,62 % и 0,89 % ( $P \geq 0,95$ ). Накопление жира в мышечной ткани может быть связано со снижением влаги в мясе. Повышение содержания белка также происходило на фоне снижения влаги и повышения жирности мяса. По содержанию жира мясо цыплят-бройлеров опытных групп соответствовало нормативным значениям, и его мясо можно рекомендовать при диетическом питании, так как оно содержало низкий уровень жира, при норме не более 5,0 %.

Количество белка в грудных мышцах выше показателя контрольной группы в I опытной группе – на 0,12 %; во II опытной – на 0,01 %; в III опытной – на 0,29 % соответственно. При проведении сравнения между опытными группами установлено, что цыплята III группы отличалась повышенным содержанием белка среди аналогов I и II групп на 0,17 % и 0,28 %. В ножных мышцах бройлеров I и III опытных групп содержание белка превышало контрольный показатель на 0,11 % и 0,27 %, а среди опытных групп отличалась III группа: ее показатель превысил аналогов I и II опытных на 0,44 и 0,28 %.

Содержание золы в грудных мышцах превышало контроль в III опытной группе на 0,11 %, что также выше аналогов I и II опытных групп на 0,18 % и 0,16 %. В I и III опытных группах содержание золы в ножных мышцах превышало контрольный показатель на 0,03 % и 0,07 % соответственно, а показатели I и II опытных групп были ниже в сравнении с III опытной группой на 0,04 % и 0,07 %, что косвенно свидетельствует о повышении содержания минеральных веществ в мясе. Имеющиеся результаты оценки мяса на содержание кальция и фосфора подтверждают данный вывод.

Из результата проведенного химического анализа грудных и ножных мышц видно, что мясо цыплят-бройлеров, дополнительно получавших подкислитель, бутират и их комплекс, имело большее количество сухого вещества как в грудных, так и в ножных мышцах. Количество сухих веществ, содержащихся в грудных мышцах I и III опытных группах превышали контроль на 0,29 % и 0,97 %. В ножных мышцах все опытные были лучше по содержанию сухих веществ по отношению к контролю на 1,98 %; 0,97 % и 1,59 % соответственно.

Среди опытных групп большее количество имела III группа, что выше в сравнении с I и II группами на 0,41 % и 0,97 % в грудных мышцах и на 0,62 % лучше, чем во II опытной в ножных.

Повышение питательности мяса происходит пропорционально содержанию полноценных белков, структурными составляющими которых являются аминокислоты [20]. Количество полноценных белков определяют по концентрации триптофана и оксипролина.

Анализ биологической ценности грудных и ножных мышц показал: содержание триптофана в грудных мышцах цыплят-бройлеров опытных групп увеличилось в сравнении с контролем соответственно на 0,01; 0,02 и 0,06 %. Преимущество по изучаемому показателю среди опытных групп имела III опытная – на 0,05 и 0,04 %. В ножных мышцах содержание триптофана было также выше во всех опытных группах, что лучше в сравнении с аналогами контрольной соответственно на 0,08 % ( $P \geq 0,95$ ); 0,06 % и 0,09 %. Среди опытных групп превосходство по изучаемому показателю также имели результаты по III опытной группе.

Содержание оксипролина в контрольной и опытных группах как в грудных, так и в ножных мышцах существенно отличалось.

Белково-качественным (БКП) принято считать показатель, отражающий полноценность белка, содержащегося в мышцах. В практике его исчисляют как отношение триптофана к оксипролину, и чем оно больше, тем выше с биологической точки зрения ценность содержащегося в мясе белка. В нашем опыте БКП в мышцах цыплят опытных групп был выше в сравнении с контролем соответственно на 0,9, 1,7, 5,1 в грудных, и 10,7 %, 10,3 %, 11,7 % в ножных, что подтверждает улучшение пищевых достоинств мяса опытных групп. В качестве вероятного механизма действия в данном случае можно рассматривать способность подкислителя и бутирата модифицировать морфологию кишечника, изменяя усвояемость и всасывание питательных веществ. Следственно, мясо цыплят-бройлеров получавших комплекс кормовых добавок является диетическим и более ценным с биологической точки зрения, по содержанию протеинов.

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

В ходе проведения опыта установлено, что с целью повышения интенсивности откорма дополнительное введение в комбикорма 5 кг подкислителя «Асид Лак» и 0,3 кг/т бутирата кальция «БутиПЕРЛ» при откорме цыплят-бройлеров кросса Росс-308 в технологии производства мяса цыплят-бройлеров, получаемого в условиях научно-производственной лаборатории УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, оказало положительное влияние на мясную продуктивность, качество и биологическую ценность мяса: предубойная

живая масса увеличилась на 4,0 %; масса потрошеной тушки – на 7,65 %; масса мышц – на 9,50 %, в том числе грудных – на 8,49 %; мясокостный индекс вырос на 0,22 ед., а количество тушек первого сорта увеличилось на 3,2 %. Кроме того, отмечено улучшение химического состава, биологической ценности и вкусовых показателей мяса. По нашему мнению, улучшение убойных показателей и качества мяса в опытных группах цыплят-бройлеров достигается за счет лучшей усвояемости потребленных питательных веществ корма, что является результатом активной работы инкапсулированной кормовой добавки «БутиПЕРЛ» (бутирата кальция), характеризующейся постепенным высвобождением активного вещества на всем протяжении желу-

дочно-кишечного тракта. Действие бутирата кальция проявляется в увеличении высоты ворсинок по всей длине тонкого кишечника. Как известно, на поверхности ворсинок происходит пристеночное пищеварение и всасывание продуктов гидролиза. Таким образом, благодаря увеличению высоты кишечных ворсинок увеличивается площадь пристеночного пищеварения, а при дополнительном подкислении среды кормовой добавкой «Асид Лак» снижается риск возникновения расстройств желудочно-кишечного тракта. Следовательно, можно сделать вывод, что введение в рационы бройлеров кросса Росс-308 подкислителей и бутиратов может послужить достойной заменой антимикробным препаратам, пока еще используемым в технологии выращивания мясной птицы.

### Библиографический список

1. Швецов Н. Н., Корниенко Е. М. Переваримость компонентов рациона при использовании пробиотической кормовой добавки амилоцин в технологии напольного выращивания цыплят-бройлеров // Достижения и перспективы в сфере производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы III национальной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В. Я. Горина. Майский, 2022. С. 111–113.
2. Ястребова О. Н. Современные технологические решения промышленного содержания птицы. Белгород: Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА», 2021. 268 с.
3. Шацких Е. В. Разработка и научно-практическое обоснование способов замены кормовых антибиотиков в рационе современных кроссов птицы на биологически безопасные стимуляторы роста: научно-практические рекомендации. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2020. 60 с.
4. Фисинин В. И., Егоров И. А., Лаптев Г. Ю. Получение продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов // Вопросы питания. 2017. № 6. С. 114–124.
5. Canal B., Mesas L., Puyalto M., Sol C., Agus A., Al Anas M., José J. Mallo PSIII-40 Essential oil blend as a possible alternative to antibiotic growth promoters in broiler production // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98. Pp. 370–371.
6. Korsakov K. V., Vasiliev A. A., Kozlov S. V., Salautin V. V., Moskalenko S. P., Sivokhina L. A., Kuznetsov M. Yu., Dmitriev N. O. The Effect of The Reasil® Humic Health feed Additive on the rate of Antibacterial drugs removal from the Organisms of broiler Chickens // Research Journal of Pharmacy and Technology. 2020. No. 13 (12). Pp. 6113–6119.
7. Rifat Naz Kh., Raziq S., Ullah F., Khan Q., Laudadio N., Tufarelli V., Ragni V. Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet // Environmental Science and Pollution Research. 2022. No. 29. Pp. 32594–32604.
8. Кишняйкина Е. А., Жучаев К. В. Влияние биологически активных добавок на качественные показатели мяса бройлеров // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 8. С. 70–72.
9. Koschayev I., Mezinova C., Sorokina N. Efficiency of feed use by broiler chickens of the Cobb-500 cross when feeding a probiotic preparation // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don, 2021. Pp. 24–26.
10. Талдыкина А. А., Семенютин В. В., Безбородов Н. В. Влияние подкислителя «БИСАЛТЕК» на химический состав мышц, морфо-биохимические показатели крови и продуктивность цыплят-бройлеров // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. № 4. С. 168–176.
11. Гамко Л. Н., Менякина А. Г., Карпухин В. А. Фармакологические аспекты применение подкислителей при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (80). С. 24–30
12. Агеев Б. В. Применение кормовой добавки Овокрак в кормлении кур-несушек // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 102–106.
13. Апалеева М. Г., Краснощекова Т. А., Андреева Г. А. Сравнительная эффективность кормовых препаратов на основе органических кислот при выращивании цыплят-бройлеров в условиях ООО «Амурский бройлер» // Животноводство и кормопроизводство. 2020. № 1. С. 180–189.



14. Воробьев С. С., Васильев А. А., Полябин С. В., Сивохина Л. А. Влияние кормовой добавки на основе органических кислот на продуктивность цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2022. № 6. С. 15–20.
15. Околелова Т. М., Енгашев С. В. Органические кислоты в кормах и воде: особенности применения в птицеводстве // Наше сельское хозяйство. 2021. № 20 (268). С. 38–43.
16. Околелова Т. М. Кормление и содержание сельскохозяйственной птицы. Алматы: Альманахъ, 2022. 576 с.
17. Дорохин Н. А. Качественные характеристики мяса цыплят-бройлеров и факторы, влияющие на них: обзор // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 5 (13). С. 59–64.
18. Панкратова С. В. Ветеринарно-санитарная характеристика мяса птицы при применении в рационе кормовых добавок // Идеи молодых ученых – агропромышленному комплексу: инновационные технологии в ветеринарии и исследования в области ветеринарно-санитарной экспертизы: материалы студенческой научной конференции Института ветеринарной медицины. Троицк, 2022. С. 24–30.
19. Lilburn M. S., Griffin J. R., Wick M. From muscle to food: oxidative challenges and developmental anomalies in poultry breast muscle [e-resource] // Poultry Science. 2018. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/From-muscle-to-food%3A-oxidative-challenges-and-in-Lilburn-Griffin/8a2cbd2533341680c54810722a7c6fc49e81599f> (date of reference: 15.01.2023).
20. Chodová D., Tůmová E., Ketta M., Skřivanová V. Breast meat quality in males and females of fast-, medium- and slow-growing chickens fed diets of two protein levels [e-resource] // Poultry Science. 2021. URL: [https://www.researchgate.net/publication/348572305\\_Breast\\_meat\\_quality\\_in\\_males\\_and\\_females\\_of\\_fast\\_medium\\_and\\_slow-growing\\_chickens\\_fed\\_diets\\_of\\_2\\_protein\\_levels](https://www.researchgate.net/publication/348572305_Breast_meat_quality_in_males_and_females_of_fast_medium_and_slow-growing_chickens_fed_diets_of_2_protein_levels) (date of reference: 10.01.2023).

**Об авторе:**

Кристина Витальевна Лавриненко<sup>1</sup>, аспирант кафедры общей и частной зоотехнии,  
ORCID 0000-0001-9681-5009, AuthorID 1040733; +7 951 135-92-69, [k.mezinova@yandex.ru](mailto:k.mezinova@yandex.ru)

<sup>1</sup> Белгородский государственный аграрный университет, Майский, Россия

**References**

1. Shvetsov N. N., Korniyenko E. M. Perevarimost' komponentov ratsiona pri ispol'zovanii probioticheskoy kormovoy dobavki amilotsin v tekhnologii napol'nogo vyrashchivaniya tsyplyat-broylerov [Digestibility of dietary components when using the probiotic feed additive amylocin in the technology of floor growing of broiler chickens] // Dostizheniya i perspektivy v sfere proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: materialy III natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya V. Ya. Gorina. Mayskiy, 2022. Pp. 111–113. (In Russian.)
2. Yastrebova O. N. Sovremennyye tekhnologicheskiye resheniya promyshlennogo sodержaniya ptitsy [Modern technological solutions for industrial poultry keeping]. Belgorod: Izdatel'sko-poligraficheskiy tsentr "POLITER-RA", 2021. 268 p. (In Russian.)
3. Shatskikh E. V. Razrabotka i nauchno-prakticheskoye obosnovaniye sposobov zameny kormovykh antibiotikov v ratsione sovremennykh krossov ptitsy na biologicheski bezopasnyye stimulyatory rosta: nauchno-prakticheskkiye rekomendatsii [Development and scientific and practical substantiation of methods for replacing feed antibiotics in the diet of modern poultry crosses with biologically safe growth stimulants: scientific and practical recommendations]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo GAU, 2020. 60 p. (In Russian.)
4. Fisinin V. I., Egorov I. A., Laptev G. Yu. Polucheniye produktsii ptitsevodstva bez antibiotikov s ispol'zovaniyem perspektivnykh programm kormleniya na osnove probioticheskikh preparatov [Obtaining Antibiotic-Free Poultry Products Using Promising Probiotic-Based Feeding Programs] // Problems of nutrition. 2017. No. 6. Pp. 114–124. (In Russian.)
5. Canal B., Mesas L., Puyalto M., Sol C., Agus A., Al Anas M., José J. Mallo PSIII-40 Essential oil blend as a possible alternative to antibiotic growth promoters in broiler production // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98. Pp. 370–371.
6. Korsakov K. V., Vasiliev A. A., Kozlov S. V., Salautin V. V., Moskalenko S. P., Sivokhina L. A., Kuznetsov M. Yu., Dmitriev N. O. The Effect of The Reasil® Humic Health feed Additive on the rate of Antibacterial drugs removal from the Organisms of broiler Chickens // Research Journal of Pharmacy and Technology. 2020. No. 13 (12). Pp. 6113–6119.
7. Rifat Naz Kh., Raziq S., Ullah F., Khan Q., Laudadio N., Tufarelli V., Ragni V. Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet // Environmental Science and Pollution Research. 2022. No. 29. Pp. 32594–32604.



8. Kishnyaykina E. A., Zhuchayev K. V. Vliyaniye biologicheskii aktivnykh dobavok na kachestvennyye pokazateli myasa broylerov [Influence of biologically active additives on the quality indicators of broiler meat] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. No. 8. Pp. 70–72. (In Russian.)
9. Koschayev I., Mezinova C., Sorokina N. Efficiency of feed use by broiler chickens of the Cobb-500 cross when feeding a probiotic preparation // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don, 2021. Pp. 24–26.
10. Taldykina A. A., Semenyutin V. V., Bezborodov N. V. Vliyaniye podkislitel'nykh "BISALTEK" na khimicheskiy sostav myshts, morfo-biokhimicheskiye pokazateli krovi i produktivnost' tsyplyat-broylerov [The influence of the acidifier "BISALTEK" on the chemical composition of muscles, morpho-biochemical parameters of blood and the productivity of broiler chickens] // Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya. 2021. No. 4. Pp. 168–176. (In Russian.)
11. Gamko L. N., Menyakina A. G., Karpukhin V. A. Farmakologicheskiye aspekty primeneniye podkisliteley pri vyrashchivaniy tsyplyat-broylerov [Pharmacological aspects of the use of acidifiers in the cultivation of broiler chickens] // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020. No. 4 (80). Pp. 24–30. (In Russian.)
12. Ageev B. V. Primneneniye kormovoy dobavki Ovokrak v kormlenii kur-nesushek [Application of feed additive Ovokrak in feeding laying hens] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022. No. 3. Pp. 102–106. (In Russian.)
13. Apaleeva M. G., Krasnoshchekova T. A., Andreeva G. A. Sravnitel'naya effektivnost' kormovykh preparatov na osnove organicheskikh kislot pri vyrashchivaniy tsyplyat-broylerov v usloviyakh OOO "Amurskiy broyler" [Comparative efficiency of feed preparations based on organic acids in the cultivation of broiler chickens in the conditions of LLC "Amur Broiler"] // Animal Husbandry and Fodder Production. 2020. No. 1. Pp. 180–189. (In Russian.)
14. Vorob'yev S. S., Vasil'yev A. A., Pozyabin S. V., Sivokhina L. A. Vliyaniye kormovoy dobavki na osnove organicheskikh kislot na produktivnost' tsyplyat-broylerov [Influence of a feed additive based on organic acids on the productivity of broiler chickens] // Ptitsevodstvo. 2022. No. 6. Pp. 15–20. (In Russian.)
15. Okolelova T. M., Engashev S. V. Organicheskiye kisloty v kormakh i vode: osobennosti primeneniya v pitsevodstve [Organic acids in feed and water: features of application in poultry farming] // Nashe sel'skoye khozyaystvo. 2021. No. 20 (268). Pp. 38–43. (In Russian.)
16. Okolelova T. M. Kormleniye i sodержaniye sel'skokhozyaystvennoy ptitsy [Feeding and maintenance of poultry]. Almaty: Al'manakh", 2022. 576 p. (In Russian.)
17. Dorokhin N. A. Kachestvennyye kharakteristiki myasa tsyplyat-broylerov i faktory, vliyayushchiye na nikh: obzor [Quality characteristics of broiler chicken meat and factors influencing them: an overview] // Agricultural journal. 2020. No. 5 (13). Pp. 59–64. (In Russian.)
18. Pankratova S. V. Veterinarno-sanitarnaya kharakteristika myasa ptitsy pri primeneni v ratsione kormovykh dobavok [Veterinary and sanitary characteristics of poultry meat when using feed additives in the diet] // Idei molodykh uchenykh – agropromyshlennomu kompleksu: innovatsionnye tekhnologii v veterinarii i issledovaniya v oblasti veterinarno-sanitarnoy ekspertizy: materialy studencheskoy nauchnoy konferentsii Instituta veterinarnoy meditsiny, Troitsk, 2022. Pp. 24–30. (In Russian.)
19. Lilburn M. S., Griffin J. R., Wick M. From muscle to food: oxidative challenges and developmental anomalies in poultry breast muscle [e-resource] // Poultry Science. 2018. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/From-muscle-to-food%3A-oxidative-challenges-and-in-Lilburn-Griffin/8a2cbd2533341680c54810722a7c6fc49e81599f> (date of reference: 15.01.2023).
20. Chodová D., Tůmová E., Ketta M., Skřivanová V. Breast meat quality in males and females of fast-, medium- and slow-growing chickens fed diets of two protein levels [e-resource] // Poultry Science. 2021. URL: [https://www.researchgate.net/publication/348572305\\_Breast\\_meat\\_quality\\_in\\_males\\_and\\_females\\_of\\_fast-medium\\_and\\_slow-growing\\_chickens\\_fed\\_diets\\_of\\_2\\_protein\\_levels](https://www.researchgate.net/publication/348572305_Breast_meat_quality_in_males_and_females_of_fast-medium_and_slow-growing_chickens_fed_diets_of_2_protein_levels) (date of reference: 10.01.2023).

#### Author's information:

Kristina V. Lavrinenko<sup>1</sup>, postgraduate at the department of general and private animal science, ORCID 0000-0001-9681-5009, AuthorID 1040733; +7 951 135-92-69, [k.mezinova@yandex.ru](mailto:k.mezinova@yandex.ru)

<sup>1</sup> Belgorod State Agrarian University, Mayskiy, Russia

## Пиколинат хрома и его действие на метаболические процессы, а также продуктивность бычков мясного типа

С. В. Лебедев<sup>1</sup>, О. В. Шошина<sup>1✉</sup>, Б. С. Нуржанов<sup>1</sup>, Н. М. Ширнина<sup>1</sup>, Е. В. Шейда<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉E-mail: oksana.shoshina.98@mail.ru

**Аннотация.** Добавки на основе хрома имеют преимущества для растущего скота, которые выражаются в улучшении показателей выращивания и откорма. Именно поэтому целью нашего исследования явилось изучение действия хрома на процессы метаболизма и продуктивные качества бычков, использование организмом энергии, кальция и фосфора. **Методы.** Телята казахской белоголовой породы разделены методом пар-аналогов на 3 группы. Научно-хозяйственный опыт был проведен на 30 бычках ( $n = 10$ ). Физиологический опыт проводился на 9 бычках ( $n = 3$ ). Схема эксперимента: контрольные животные – стандартный рацион; I – пиколинат хрома в дозе 1,721 мг/кг сухого вещества рациона; II – в дозе 1,739 мг/кг сухого вещества рациона. **Научная новизна** состояла в том, что в первый раз проведены исследования по определению влияния пиколината хрома в различных дозировках на процессы метаболизма и продуктивность бычков казахской белоголовой породы. **Результаты.** Установили, что благотворное влияние на продуктивные качества бычков оказал пиколинат хрома в дозировках 1,721–1,739 мг/кг сухого вещества рациона. Так, опытные группы потребили валовой энергии больше контрольной на 2,9 и 7,19 %; переваримой – на 4,2 и 11,9 %, обменной – на 4,34 и 12,3 %. Энергия прироста повышалась в исследуемых группах на 8,53 и 22,1 %. Коэффициенты продуктивного использования кальция возрастали в I и II группах на 8,4 и 16,1 %, а по фосфору – на 0,1 и 4,7 % соответственно, что выражалось в превосходстве в 15 месяцев по живой массе на 9,3 и 13,7 кг. Интенсивность белкового обмена характеризовалась увеличением мочевины в сыворотке крови в I группе на 68,5 %, а во II – на 36,8 %, креатинина – на 68,5 % и 36,8 % по сравнению с контролем при снижении мочевой кислоты на 69,4 и 58,5 %.

**Ключевые слова:** бычки, энергия, кальций, фосфор, абсолютный прирост, среднесуточный прирост.

**Для цитирования:** Лебедев С. В., Шошина О. В., Нуржанов Б. С., Ширнина Н. М., Шейда Е. В. Пиколинат хрома и его действие на метаболические процессы, а также продуктивность бычков мясного типа // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 76–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-76-86.

**Дата поступления статьи:** 21.03.2023, **дата рецензирования:** 12.04.2023, **дата принятия:** 26.05.2023.

## Chromium picolinate and its effect on metabolic processes, as well as the productivity of meat-type steers

S. V. Lebedev<sup>1</sup>, O. V. Shoshina<sup>1✉</sup>, B. S. Nurzhanov<sup>1</sup>, N. M. Shirnina<sup>1</sup>, E. V. Sheyda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

✉E-mail: oksana.shoshina.98@mail.ru

**Abstract.** Chromium-based additives have advantages for growing livestock, which are expressed in improving the indicators of cultivation and fattening. That is why the purpose of our study was to study the effect of chromium on the metabolism and productivity of bulls, the use of energy, calcium and phosphorus by the body. **Methods.** Calves of the Kazakh white-headed breed, divided by the method of pairs of analogues into 3 groups. The scientific and economic experiment was carried out on 30 bulls ( $n = 10$ ). The physiological experiment was carried out on 9 bulls

( $n = 3$ ). Experimental scheme: control animals – standard diet; I – chromium picolinate at a dose of 1.625 mg/kg of ration dry matter; II – at a dose of 1.765 mg/kg of ration dry matter. The scientific novelty consisted in the fact that for the first time studies were conducted to determine the effect of chromium picolinate in various dosages on the metabolic processes and productivity of Kazakh white-headed bulls. Results. It was found that chromium picolinate in dosages of 1.739–1.765 mg/kg of dry matter of the diet had a beneficial effect on the productive qualities of bulls. So, the experimental groups consumed gross energy more than the control by 2.9 and 7.19 %; digestible by 4.2 and 11.9 % and exchangeable by 4.34 and 12.3 %. The growth energy increased in the studied groups by 8.53 and 22.1 %. The coefficients of productive use of calcium increased in groups I and II by 8.4 and 16.1 %, and in phosphorus by 0.1 and 4.7 % respectively, which was expressed in superiority in 15 months in live weight by 9.3 and 13.7 kg. The intensity of protein metabolism was characterized by an increase in serum urea in group I by 68.5 %, and in group II by 36.8 %, creatinine by 68.5 % and 36.8 % compared with the control with a decrease in uric acid by 69.4 and 58.5 %.

**Keywords:** bulls, energy, calcium, phosphorus, absolute gain, average daily gain.

**For citation:** Lebedev S. V., Shoshina O. V., Nurzhanov B. S., Shirnina N. M., Sheyda E. V. Pikolinat khroma i ego deystvie na metabolicheskie protsessy, a takzhe produktivnost' bychkov myasnogo tipa [Chromium picolinate and its effect on metabolic processes, as well as the productivity of meat-type steers] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 76–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-76-86. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 21.03.2023, **date of review:** 12.04.2023, **date of acceptance:** 26.05.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Хром участвует во многих функциях метаболизма, он активирует определенные ферменты и стабилизирует аминокислоты и нуклеиновые кислоты. Хром всасывается в желудочно-кишечном тракте, а затем транспортируется в клетку путем связывания с плазменным белком трансферрином [16]. Хром попадает в клетку под действием инсулина и связывается с олигопептидом апохромодулином. Этот олигопептид связывается с четырьмя атомами хрома (III), образуя хромодулин, который играет важную роль в повышении эффективности инсулиновой сигнализации. После связывания с инсулин-активируемым рецептором хромодулин на порядок увеличивает активность тирозинкиназы. Этот фермент является частью внутриклеточного инсулинового рецептора [9].

Известно, что хром участвует в регуляции углеводного и липидного (и, возможно, также белкового) метаболизма путем повышения эффективности инсулина. Он входит в состав молекулярного комплекса, который облегчает связывание и действие инсулина, улучшая при этом усвоение глюкозы клетками после кормления. Инсулин оказывает стимулирующее действие на процесс жевания, увеличивая поступление глюкозы в клетки и, следовательно, на моторику рубца [15].

В последнее время добавкам на основе хрома уделяется большое внимание, поскольку возникает все больше доказательств того, что они могут иметь преимущества для растущего скота, которые выражаются в улучшении показателей выращивания и откорма [12]. Как правило, положительные реакции на добавки с хромом связаны с очевидным изменением распределения энергии или с улучшением иммунокомпетентности и стрессоустойчивости [29].

Хром обычно существует в форме неорганических соединений или органических комплексов. Самые распространенные степени окисления хрома это – Cr<sup>0</sup> (металлическая форма), Cr<sup>3+</sup> (трехвалентная форма) и Cr<sup>6+</sup> (шестивалентная форма). Есть доказательства того, что такие разновидности органического хрома, как Cr-пиколинат, Cr-метионин, комплекс Cr-никотиновой кислоты и Cr-дрожжей характеризуются повышенной биодоступностью и скоростью всасывания в отличие от неорганических форм хрома [10]. В целом биодоступность неорганического хрома составляет от 1 % до 3 %, в то время как органического хрома может составлять от 15 % до 30 %. Это объясняется хелатированием минерала органическими кислотами, аминокислотами, пептидами или другими соединениями [20].

Добавки хрома обычно состоят из трехвалентной его формы в сочетании с лигандами, такими как пиколиновая кислота, в результате чего образуется соединение хромипиколинат. Они способствуют усилению иммунитета и развитию стойкости к стрессовым ситуациям, а также оказывают положительное действие на обмен энергии в организме [17]. Cr<sup>3+</sup> (трехвалентная форма) по завершении абсорбции переходит в плазменные белки. Хром в предельно допустимой дозировке тесно связывается с трансферрином, а если предел дозировки превышен, то в крови хром связывается с остальными белками, некоторое его количество захватывают эритроциты [7].

Пиколинат хрома в виде трехвалентного комплекса является менее токсичной формой, чем его шестивалентная форма, и демонстрирует высокую биодоступность, поэтому широко используется при нарушениях углеводного обмена. Пиколинат Cr (III) может быть восстановлен до соединений

Таблица 1

Энергетический баланс у лабораторных животных, МДж

Контроль	I группа	II группа
<b>Валовая энергия</b>		
133,23 ± 2,09	137,10 ± 0,79	142,81 ± 0,87**
<b>Переваримая энергия</b>		
83 ± 1,96	86,46 ± 0,92	92,95 ± 0,63**
<b>Обменная энергия</b>		
68,4 ± 0,48	71,37 ± 0,59*	76,83 ± 0,52**
<b>Обменная энергия на поддержание жизни</b>		
35,49 ± 2,19	35,58 ± 0,25	36,40 ± 0,31
<b>Обменная энергия на синтез продукции</b>		
32,91 ± 0,71	35,79 ± 0,54*	40,43 ± 0,04**
<b>Энергия прироста</b>		
11,37 ± 0,25	12,34 ± 0,23	13,89 ± 0,14**
<b>Коэффициент продуктивного использования обменной энергии на прирост от валовой энергии</b>		
8,53 ± 0,44	9,0 ± 0,12	9,72 ± 0,67
<b>Коэффициент продуктивного использования обменной энергии на прирост от обменной энергии</b>		
16,6 ± 0,52	17,29 ± 0,44	18,08 ± 0,56

Примечание. \* P ≤ 0,05; \*\* P ≤ 0,01 при сравнении с контролем.

Table 1

Energy balance in laboratory animals, MJ

Control	I group	II group
<b>Gross energy</b>		
133.23 ± 2.09	137.10 ± 0.79	142.81 ± 0.87**
<b>Digestible energy</b>		
83 ± 1.96	86.46 ± 0.92	92.95 ± 0.63**
<b>Exchange energy</b>		
68.4 ± 0.48	71.37 ± 0.59*	76.83 ± 0.52**
<b>Exchange energy for the maintenance of life</b>		
35.49 ± 2.19	35.58 ± 0.25	36.40 ± 0.31
<b>Exchange energy for the synthesis of products</b>		
32.91 ± 0.71	35.79 ± 0.54*	40.43 ± 0.04**
<b>Growth energy</b>		
11.37 ± 0.25	12.34 ± 0.23	13.89 ± 0.14**
<b>The coefficient of productive use of exchange energy for the increase in gross energy</b>		
8.53 ± 0.44	9.0 ± 0.12	9.72 ± 0.67
<b>The coefficient of productive use of exchange energy for the increase in exchange energy</b>		
16.6 ± 0.52	17.29 ± 0.44	18.08 ± 0.56

Note. \* P ≤ 0.05; \*\* P ≤ 0.01, when compared with the control.

Cr (II) в клетках, которые затем могут образовывать свободный гидроксильный радикал в реакции Фентона [17]. Кроме того, добавки пиколината хрома – это наиболее изученный комплекс, способный улучшать метаболизм глюкозы, чувствительность к инсулину и липидный профиль [18]. Однако эффективность пиколината хрома в литературе вызывает споры из-за большого разнообразия фактов, большинство из которых вызвано неоднородностью исследований. Поэтому мы провели дополнительные исследования этого препарата, чтобы определить, какое влияние оказывает пиколинат хрома в раз-

личных дозировках на процессы метаболизма и продуктивность бычков казахской белоголовой породы.

Цель исследования – изучить действие хрома на обменные процессы и производительность бычков, использование организмом энергии, кальция и фосфора.

**Методология и методы исследования (Methods)**

Объектом исследования являлись бычки казахской белоголовой породы в возрасте 10 месяцев со средней живой массой 267 кг. Обслуживание животных и экспериментальные исследования были вы-

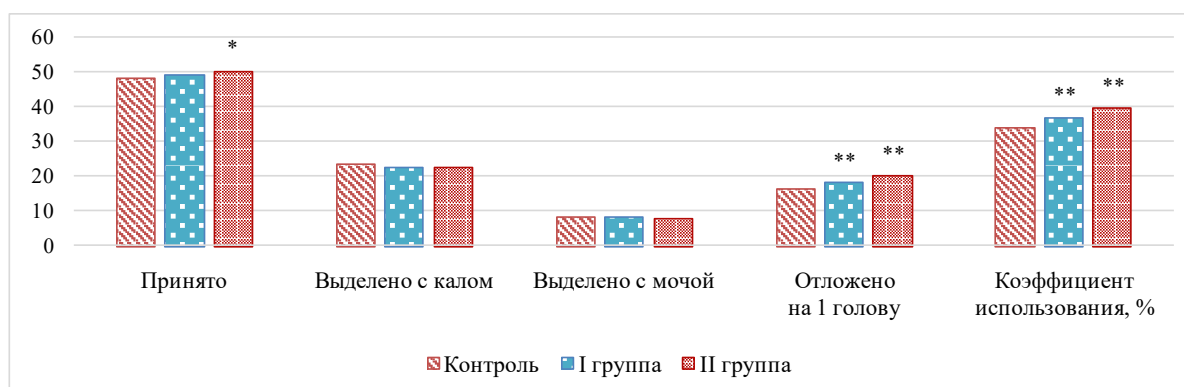


Рис. 1. Среднесуточный баланс кальция, г  
Примечание. \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$  при сравнении с контролем

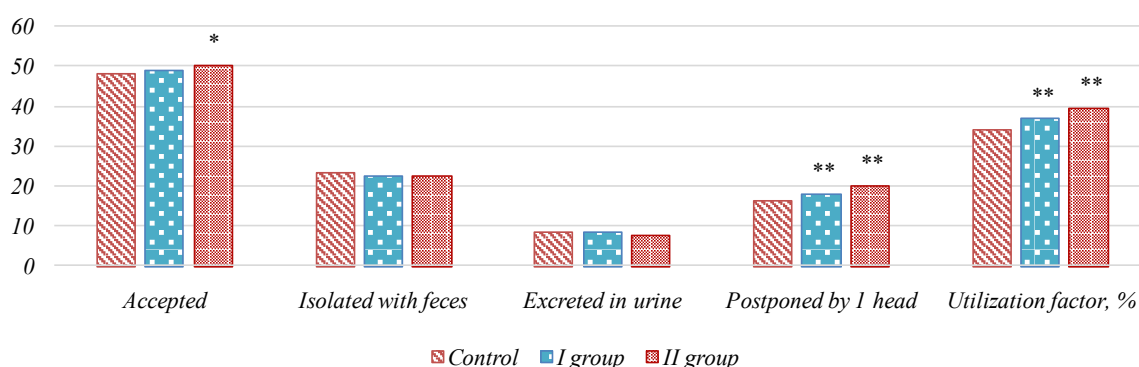


Fig. 1. Average daily calcium balance, g  
Note. \*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ , when compared with the control

полнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington, D. C., 1996).

Научно-хозяйственные и физиологические исследования были проведены на производственном участке КФХ Пфейфер А. Г. с. Федоровка Акбулакского района Оренбургской области. Рационы для животных были сформированы по рекомендациям А. П. Калашниковой и др. [1].

Научно-хозяйственные опыты выполнены на 30 особях казахского белоголового скота, разделенных на три группы ( $n = 10$ ) с использованием системы парных аналогов. Физиологические опыты проводились на 9 ( $n = 3$ ) бычках аналогичной породы. Скот подбирался по весу, общему состоянию, породе и возрасту с использованием метода парных аналогов.

Животные контрольной группы получали стандартный рацион (СР), который включал сено злаковое (1 кг), сено бобовое (2 кг), силос кукурузный (11 кг), дробленую зерносмесь (2 кг), жмых подсол-

нечный (0,2 кг), паточку кормовую (0,6 кг), соль поваренную (40 г), монокальцийфосфат (60,4 г), премикс (20 г).

В рацион опытных групп дополнительно к СР включали пиколинат хрома (Nature's Bounty, Inc., США): I – в дозе 1,721 мг/кг сухого вещества рациона, II – в дозе 1,739 мг/кг сухого вещества рациона.

Дозировки пиколината хрома определены исходя из содержания хрома в кормах и были увеличены на 10 и 15 % на основании лабораторного исследования в искусственном рубце *in vitro* [6], анализа литературных данных [4].

Балансовый эксперимент состоял из 7-дневного подготовительного периода и 10-дневного учетного периода, в течение которого проводился балансовый подсчет количества съеденного корма и его остатков, а также собирались средние образцы кала (10 %) и мочи (3 %) от общего количества в сутки и анализировались в соответствии с методикой зоотехнического анализа Н. А. Лукашик и В. А. Тащилин [5].

Использование энергии, баланс кальция и фосфора в организме бычков рассчитывали на основании химического состава кормов по методикам Н. Г. Григорьева и др. 1989 [1].



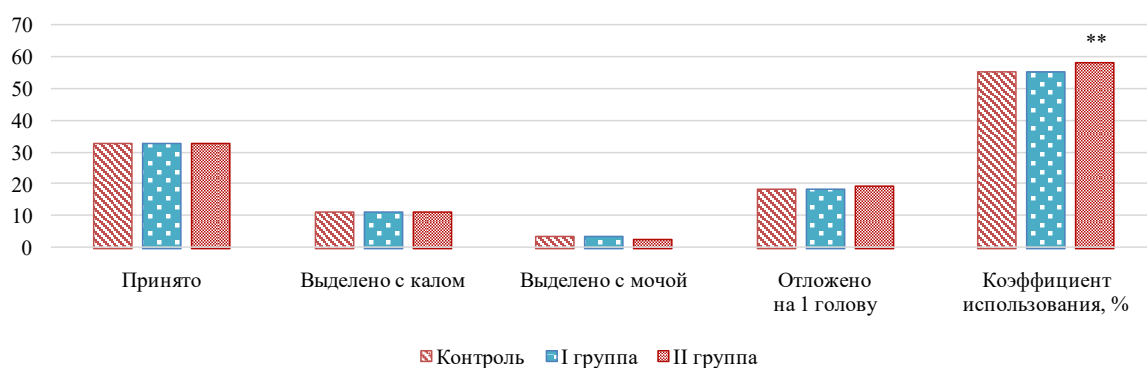


Рис. 2. Среднесуточный баланс фосфора, г  
Примечание. \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$  при сравнении с контролем

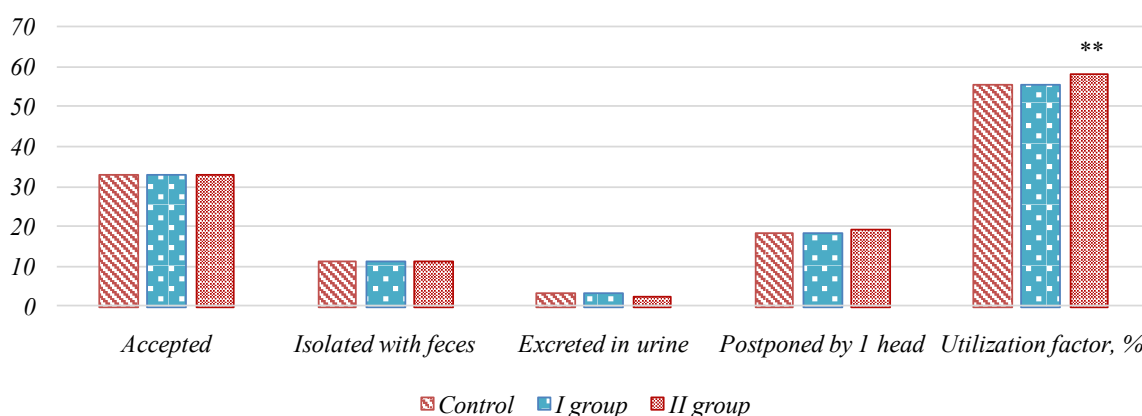


Fig. 2. Average daily phosphorus balance, g  
Note. \*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ , when compared with the control

Таблица 2  
Динамика живой массы, абсолютного и среднесуточного прироста подопытных бычков

Показатель	Возраст, месяцев					
	10			15		
	К	I	II	К	I	II
Живая масса, кг	247,0 ± 1,25	248,5 ± 2,38	247,5 ± 1,54	366,9 ± 2,69	376,2 ± 1,62*	380,6 ± 1,49**
Показатель	10-15					
	К		I		II	
Абсолютный прирост, кг	119,9 ± 0,47		127,7 ± 0,54**		133,1 ± 0,78**	
Среднесуточный прирост, г	799,0 ± 2,27		850,8 ± 2,09**		887,0 ± 2,15	

Примечание. \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$  при сравнении с контролем.

Table 2  
Dynamics of live weight, absolute and average daily growth of experimental bulls

Indicator	Age, months					
	10			15		
	C	I	II	C	I	II
Live weight, kg	247.0 ± 1.25	248.5 ± 2.38	247.5 ± 1.54	366.9 ± 2.69	376.2 ± 1.62*	380.6 ± 1.49**
Indicator	10-15					
	C		I		II	
Absolute gain, kg	119.9 ± 0.47		127.7 ± 0.54**		133.1 ± 0.78**	
Average daily increase, g	799.0 ± 2.27		850.8 ± 2.09**		887.0 ± 2.15	

Note. \*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ , when compared with the control.

## Биохимические показатели крови при введении пиколината хрома в рацион бычков

Группа	Показатель				
	Общий белок, г/л	АЛТ, Ед/л	АСТ, Ед/л	Мочевина, ммоль/л	Креатинин, мкмоль/л
Контрольная	90,33 ± 0,24	21,2 ± 0,17	76,07 ± 0,75	0,67 ± 0,08	116,9 ± 0,08
I	85,3 ± 0,24	27,7 ± 0,26**	67,9 ± 0,27**	2,13 ± 0,07**	129,2 ± 1,12**
II	90,7 ± 0,21**	27,9 ± 0,12**	56,2 ± 0,15**	1,06 ± 0,03**	126 ± 0,4**

Примечание. \*  $P \leq 0,05$ , \*\*  $P \leq 0,01$  при сравнении с контрольной группой.

Table 3

## Biochemical blood parameters during the introduction of chromium picolinate into the diet of bulls

Group	Indicator				
	Total protein, g/l	ALT, Units/l	AST, Units/l	Urea, mmol/l	Creatinine, mmol/l
Control	90.33 ± 0.24	21.2 ± 0.17	76.07 ± 0.75	0.67 ± 0.08	116.9 ± 0.08
I	85.3 ± 0.24	27.7 ± 0.26**	67.9 ± 0.27**	2.13 ± 0.07**	129.2 ± 1.12**
II	90.7 ± 0.21**	27.9 ± 0.12**	56.2 ± 0.15**	1.06 ± 0.03**	126 ± 0.4**

Note. \*  $P \leq 0.05$ , \*\*  $P \leq 0.01$  when compared with the control group.

Научно-хозяйственный опыт включал следующие периоды: подготовительный (30 дней) и учебный (150 дней). Динамику изменений живой массы бычков фиксировали ежемесячно в одну и ту же дату путем взвешивания животных. Основываясь на полученных значениях, рассчитывали абсолютный и среднесуточный прирост, а кроме того, относительную скорость роста экспериментальных бычков.

Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США) и Microsoft Excel (Microsoft, США). Статистическая обработка включала расчет среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего ( $\pm$ SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по *t*-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на  $P \leq 0,05$ .

### Результаты (Results)

В результате физиологического исследования установили, что пиколинат хрома в составе рациона благоприятно повлиял на продуктивность животных. Из показателей таблицы 1 следует, что I и II группы с кормами получали валовой энергии больше контрольной на 2,9 и 7,19 % ( $P \leq 0,01$ ) из-за интенсивного поступления основных питательных веществ; переваримой энергии – на 4,2 и 11,9 % ( $P \leq 0,01$ ), обменной энергии – на 4,34 и 12,3 % ( $P \leq 0,01$ ), так как поступившие с кормами питательные вещества переваривались лучше. Расход энергии на синтез продукции у бычков I группы на 2,88 % ( $P \leq 0,05$ ) лучше контрольных, а во II группе на 7,52 % ( $P \leq 0,01$ ). Пиколинат хрома при дозировке 1,721 мг/кг сухого вещества рациона повышал энергию прироста на 8,53 % ( $P \leq 0,05$ ), а при дозировке 1,739 мг/кг сухого вещества рациона – на 22,1 % ( $P \leq 0,01$ ) (таблица 1).

Кальций – главный макроэлемент для построения скелета, участвует в сгущении крови, активизирует ферменты, развивает стойкость к инфекционным заболеваниям и отвечает за поддержание кислотно-щелочного равновесия. Из всех минералов, присутствующих в организме, на кальций отводится 90 %. В литературе практически отсутствуют данные о влиянии хрома на метаболизм кальция и фосфора. Хром в сочетании с кальцием способен улучшать обменные процессы организма животных, нормализуя углеводный обмен. Всасывание, распространение фосфора и его удаление из организма главным образом зависят от обмена кальция. Фосфаты способствуют лучшему всасыванию аминокислот в кишечнике. Рационализация хрома способствует отложению фосфора внутри организма [10].

С целью выявления действия пиколината хрома на обмен основных макроэлементов – кальция и фосфора – в организме бычков мясного направления продуктивности изучили их баланс. Рис. 1 показывает, что кальциевый баланс положительный во всех экспериментальных группах, поэтому нарушений в минеральном обмене у этих животных не отмечено. В частности, в группах I и II показано увеличение потребления кальция на 1,72 и 4,35 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. Экскреция кальция с калом в экспериментальных группах была на 3,29 % и 3,21 % ниже, чем в контроле. Выделение кальция с мочой также снизилось на 1,06 % и 8,23 % в I и II группах по сравнению с контрольной.

Отложение кальция на одно животное в обеих группах было значительно выше, чем в контрольной: на 10,3 % ( $P \leq 0,01$ ) и 21,6 % ( $P \leq 0,01$ ). Использование кальция увеличилось в I группе на 8,4 % ( $P \leq 0,01$ ), а во II группе – на 16,05 % ( $P \leq 0,01$ ) в сопоставлении с контрольной (рис. 1).

Фосфор поступал с кормами практически на одном уровне с контрольными показателями (рис. 2). Выделение фосфора через желудочно-кишечный тракт у бычков I группы на 1,07 % больше, чем в контрольной группе, а во II группе были идентичны контрольным. Экскреция фосфора у бычков I и II группы была на 3,5 и 24,5 % меньше в сравнении с контрольной группой. На одно животное в I группе откладывалось на 0,1 %, а во II группе – на 4,9 % больше фосфора, чем в контрольной. Коэффициент использования фосфора в I группе на 0,1 %, а во II группе – на 4,7 % ( $P \leq 0,01$ ) был лучше показателей контроля (рис. 2).

Одним из основных показателей развития животного является интенсивность его роста, которая выражается в изменении динамики живой массы. В научно-хозяйственном исследовании установлено, что динамика живой массы между группами в 10 месяцев изменялась незначительно, а в 15 месяцев I и II группы превышали контрольную на 9,3 кг (2,5 %) ( $P \leq 0,05$ ) и 13,7 кг (3,7 %) ( $P \leq 0,01$ ) соответственно.

Абсолютный прирост, представленный в таблице № 2, показывает, что за весь период опыта данный показатель в I и II группах повышался относительно контрольных показателей на 7,8 кг (6,5 %) ( $P \leq 0,01$ ) и 13,2 кг (11 %) ( $P \leq 0,01$ ). Среднесуточный прирост также был выше результатов контрольной группы в возрасте 10–15 месяцев на 51,8 г (6,5 %) ( $P \leq 0,01$ ) и 88 г (11,01 %) (таблица 2).

При характеристике биохимических показателей крови бычков установили, что общий белок в I группе снижался на 5,6 %, а во II повышался на 0,4 % ( $P \leq 0,05$ ). Уровень аланинаминотрансферазы (АЛТ) во всех группах был выше контрольных значений: в I группе – на 23,5 %, во II – на 24,2 % ( $P \leq 0,05$ ). Уровень аспаратаминотрансферазы (АСТ) во всех группах снижался: в I группе – на 10,7 %, во II – 26,1 % относительно контроля соответственно ( $P \leq 0,05$ ).

Введение в рацион пиколината хрома повышало интенсивность белкового обмена, так как концентрация мочевины в сыворотке крови повышалась во всех опытных группах. Продукт распада белков и мочевой кислоты креатинин повышался также во всех трех группах. Уровень мочевины повышался в I группе на 68,5 %, во II – на 36,8 % относительно контроля ( $P \leq 0,05$ ). Креатинин в I опытной группе повышался на 9,5 %, во II – на 7,2 % относительно контрольных значений ( $P \leq 0,05$ ). Напротив, мочевая кислота снижалась в I группе на 69,4 %, во II – на 58,5 % ( $P \leq 0,05$ ) (таблица 3).

Полученные в проведенном эксперименте результаты совпадают с исследованием по действию хрома на метаболизм и продуктивность коров, авторы обнаружили положительный баланс между кальцием и фосфором в виду различных вариаций

доз хрома. В теле этих коров было отложено 13,94–15,84 г кальция и 7,87–8,74 г фосфора, что констатирует факт о нормально протекающем метаболизме хрома в организме крупного рогатого скота [9].

Переваримость, а кроме того, использование организмом питательных веществ из кормов зависят в основном от минерального набора рациона. Недостаточное или избыточное количество тех или иных элементов в рационе приводит к ухудшению переваримости и усвоению питательных веществ. Приемлемая концентрация хрома в кормах может повысить коэффициент переваримости питательных веществ, увеличить количество азота в организме, повысить энергию роста [3].

В исследовании Т. Н. Alex et al. потребление корма было выше у овец, получавших рацион с пиколинатом хрома во время теплового стресса. Объяснение заключается в том, что пиколинат хрома может улучшить использование энергии [8].

В исследованиях В. А. Кокорева и др. бычки получали хлористый хром в различных уровнях: I группа – оптимальный, II группа – пониженный, III группа – повышенный. Бычки из первой группы росли на 3,66 кг (3,40%) и 0,81 кг (0,72 %) эффективнее, чем молодняк из второй и третьей групп. Среднесуточный прирост повышался в I группе на 1,77 и 4,93 % по сравнению со II и III группами. Абсолютный прирост составил в I группе – 128 кг, во II группе – 122 кг, в III группе – 126 кг [4].

Влияние хрома на продуктивные качества растущих жвачных животных остается спорным. Так, авторы исследовали влияние добавки хрома на продуктивность бычков и определили протекторное действие на среднесуточный прирост на фоне неизменного соотношения затрат корма к привесу [11]. Напротив, А. Hung et al., сообщили, что добавки с хромом не оказали влияния на показатели роста бычков на откорме [13]. В. С. Bernhard et al. обнаружили, что добавки с хромом линейно увеличивали среднесуточный прирост крупного рогатого скота на откормочных площадках [8]. Однако несколько исследований продемонстрировали, что добавки хрома не воздействовали на показатели роста у телят и бычков [14].

А. И. Козинец и др., в своих трудах по введению наночастиц хрома в рацион телят в количестве 0,050 и 0,075 мг на 1 кг сухого вещества рациона отметили, что среднесуточные приросты возрастали на 3,3 и 6,6 %, напротив себестоимость продукции понижалась на 1,4 и 4,9 %, в результате чего дополнительная прибыль от реализации продукции составила 4,9–18,0 руб. из расчета на одну голову [3].

Наноплант Хром (К) при дозе 0,2 мг хрома на 1 кг сухого вещества корма может увеличить среднесуточный прирост живой массы на 3,6 % и понизить себестоимость продукции на 2,8 % [20].

Хелатные соединения, добавляемые в рацион полигастрических животных, влияют на определенные параметры белкового обмена и антиоксидантной защиты. В исследовании К. Yuan применение добавок хрома привело к некоторому повышению общего белка в сыворотке крови, что связано со снижением концентрации кортизола в крови или повышением чувствительности тканей к инсулину [21]. Под влиянием хелатного комплекса хрома синтез мочевины усиливается за счет дезактивации аммиака, который образуется в результате катаболизма аминокислот в ткани. Результаты исследований показали, что концентрация аммиака в крови телят, которым вводили метионин хрома, на 26,8 и 21,2 % снижались относительно контрольных значений. Уровень мочевины в сыворотке крови под действием метионина хрома на всех этапах исследования был выше, чем в контрольном опыте [22].

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

Применение пиколината хрома в рационах бычков мясного направления продуктивности оказы-

вает положительное влияние на весовой рост за счет стимуляции обменных процессов в организме. В результате исследований доказана эффективность применения пиколината хрома в дозах 1,72–1,739 мг/кг сухого вещества рациона для повышения энергии прироста на 8,53 ( $P \leq 0,05$ ) и 22,1 % ( $P \leq 0,01$ ), а также потреблению кальция на 1,72 и 4,35 % ( $P \leq 0,05$ ). Динамика живой массы между группами на конец периода (15 месяцев) в опытных группах превосходила таковую в контрольной на 9,3 кг (2,5 %) ( $P \leq 0,05$ ) и 13,7 кг (3,7 %) ( $P \leq 0,01$ ). Интенсивность белкового обмена усиливалась, о чем свидетельствуют повышения уровня мочевины на 68,5 и 36,8 % ( $P \leq 0,05$ ), а также креатинина на 9,5 и 7,2 % ( $P \leq 0,05$ ).

#### Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в рамках тематического плана НИР ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» No. 0761-2019-0005.

#### Библиографический список

1. Григорьев Н. Г., Волков Н. П., Воробьев Е. С. Биологическая полноценность кормов. Москва: Агропромиздат, 1989. 287 с.
2. Калашникова А. П., Фисинина В. И., Щеглова В. В., Клейменова Н. И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Россельхозакадемия, 2003. 456 с.
3. Козинец А. И., Козинец Т. Г., Голушко О. Г., Надаринская М. А., Гринь М. С., Гонакова С. А., Соловьев А. В. Использование наночастиц хрома в рационах молодняка крупного рогатого скота // Зоотехническая наука Беларуси. 2020. Т. 55. № 1. С. 360–368.
4. Кокорев В. А., Гурьянов А. М., Гибалкина Н. И., Федаев А. Н. Влияние разных уровней хрома на обменные процессы в организме молодняка крупного рогатого скота // Селекционно-генетические аспекты развития молочного скотоводства: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения видного государственного и политического деятеля Ш. И. Шихсаидова. Махачкала, 2019. С. 257–276.
5. Лукашик Н. А., Тащилин В. А. Зоотехнический анализ кормов: практикум. Москва: Колос, 1965. 225 с.
6. Шошина О. В., Лебедев С. В., Шейда Е. В., Корнейченко В. И. Сравнительный анализ влияния различных форм хрома на пищеварительные процессы в рубце телят // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 31–38.
7. Aathira C. M., Arivarasu L., Rajeshkumar S. Antioxidant and AntiInflammatory Potential of Chromium Picolinate Mediated Zinc Oxide Nanoparticle // Journal of Pharmaceutical Research International. 2020. No. 19. Pp. 118–121. DOI: 10.9734/jpri/2020/v32i1930717.
8. Hung A. T., Leury B. J., Sabin M. A., Fahri F., DiGiacomo K., Lien T.-F., Dunshea F. R. Dietary nano chromium picolinate can ameliorate some of the impacts of heat stress in cross-bred sheep // Animal Nutrition Journal. 2021. Vol. 7. No. 1. Pp. 198–205. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.07.004.
9. Ambarwati Y., Martoprawiro M. A., Mulyani I., Ismunandar, Onggo D. Docking Interaction of Chromium (III) Phenylalanine with Protein Tyrosine Phosphatase // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1751. No. 1. Article number 012102. DOI: 10.1088/1742-6596/1751/1/012102.
10. Baggerman J., Smith Z., Thompson A., Kim J., Hergenreder J., Rounds W., Johnson B. Chromium propionate supplementation alters animal growth performance, carcass characteristics, and skeletal muscle properties in feedlot steers // Translational Animal Science. 2020. Vol. 4. No. 3. Article number txaa146. DOI: 10.1093/tas/txaa146.
11. Budde A., Sellins K., Lloyd K., Wagner J., Heldt J., Spears J., Engle T. Effect of zinc source, concentration, and chromium supplementation on performance and carcass characteristics in feedlot steers // Journal of Animal Science. 2019. Vol. 97. No. 3. Pp. 1286–1295. DOI: 10.1093/jas/skz016.



12. Herkelman K., Hall R., Walker P., Veracini J. Effect of Supplemental Chromium on the Growth Performance and Health of Stocker/Grower Cattle // *Journal of Animal Science*. 2018. No. 96 (suppl\_2). Pp. 223–223. DOI: 10.1093/jas/sky073.412.
13. Hung A., Leury B., Sabin M., Fahri F., Digiaco K., Lien T.-F., Dunshea F. Nano-chromium picolinate and heat stress enhance insulin sensitivity in cross-bred sheep // *Animal Nutrition*. 2023. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.01.003
14. Jin Y., Zhou Y. Effects of concentrate level and chromium-methionine supplementation on the performance, nutrient digestibility, rumen fermentation, blood metabolites, and meat quality of Tan lambs // *Animal Bioscience*. 2022. Vol. 35. No. 5. Pp. 677–689. DOI: 10.5713/ab.20.0802.
15. Kargar S., Habibi Z., Karimi-Dehkordi S. Grain source and chromium supplementation: effects on feed intake, meal and rumination patterns, and growth performance in Holstein dairy calves // *Animal*. 2019. No. 13 (6). Pp. 1173–1179. DOI: 10.1017/S1751731118002793.
16. Lashkari S. A., Habibian M., Jensen S. K. Review on the Role of Chromium Supplementation in Ruminant Nutrition – Effects on Productive Performance, Blood Metabolites, Antioxidant Status, and Immunocompetence // *Biological Trace Element Research*. 2018. Vol. 186. No. 2. Pp. 305–321. DOI: 10.1007/s12011-018-1310-5.
17. Uddin K. M., Alrawashdeh A., Debnath T., Aziz M., Poirier R. Synthesis, spectroscopic characterization, and theoretical studies on the substitution reaction of chromium(III) picolinate // *Journal of Molecular Structure*. 2019. Vol. 1189. No. 9. DOI: 10.1016/j.molstruc.2019.04.015.
18. Mousavi F., Karimi-Dehkordi S., Kargar S., Ghaffari M. H. Effect of chromium supplementation on growth performance, meal pattern, metabolic and antioxidant status and insulin sensitivity of summer-exposed weaned dairy calves // *Animal*. 2019. No. 13 (5). Pp. 968–974. DOI: 10.1017/S1751731118002318.
19. Shree M. K., Lakshminarayanan A., Shanmugam R. Cytotoxicity and Antimicrobial Activity of Chromium Picolinate Mediated Zinc Oxide Nanoparticle // *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2020. DOI: 10.9734/jpri/2020/v32i2030726.
20. Spears J. W. Boron, Chromium, Manganese, and Nickel in Agricultural Animal Production // *Biological Trace Element Research*. 2019. Vol. 188. No. 1. Pp. 35–44. DOI: 10.1007/s12011-018-1529-1.
21. Stępniewska A., Tutaj K., Drazbo A., Kozłowski K., Ognik K., Jankowski J. Estimated intestinal absorption of phosphorus and its deposition in chosen tissues, bones and feathers of chickens receiving chromium picolinate or chromium nanoparticles in diet // *PLoS One*. 2020. Vol. 15. No.11. Article number e0242820. DOI: 10.1371/journal.pone.0242820.
22. Vincent J. B. Effects of chromium supplementation on body composition, human and animal health, and insulin and glucose metabolism // *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2019. Vol. 22. No. 6. Pp. 483–489. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000604.

#### Об авторах:

Святослав Валерьевич Лебедев<sup>1</sup>, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-9485-7010, AuthorID 223254; +7 912 345-87-38, [lsv74@list.ru](mailto:lsv74@list.ru)

Оксана Вячеславовна Шошина<sup>1</sup>, аспирант 3-го года обучения, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4104-3333, AuthorID 82101967; +7 987 891-96-55, [oksana.shoshina.98@mail.ru](mailto:oksana.shoshina.98@mail.ru)

Баер Серекпаевич Нуржанов<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3240-6112, AuthorID 605587; +7 986 795-05-46, [baer.nurzhanov@mail.ru](mailto:baer.nurzhanov@mail.ru)

Надежда Михайловна Ширнина<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3908-3865, AuthorID 569306; +7 919 854-84-69, [shirnina.2021@mail.ru](mailto:shirnina.2021@mail.ru)

Елена Владимировна Шейда<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2586-613X, AuthorID 569299; +7 922 862-64-02, [elena-shejjda@mail.ru](mailto:elena-shejjda@mail.ru)

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

#### References

1. Grigor'ev N. G., Volkov N. P., Vorob'ev E. S. *Biologicheskaya polnotsennost' kormov* [Biological value of feed]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 287 p. (In Russian.)
2. Kalashnikova A. P., Fisina V. I., Shcheglova V. V., Kleymenova N. I. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Norms and rations of feeding farm animals. Reference manual]. 3rd edition, revised and expanded. Moscow: Rossel'khozakademiya, 2003. 456 p. (In Russian.)
3. Kozinets A. I., Kozinets T. G., Galushko O. G., Nadarinskaya M. A., Grin M. S., Kondakova S. A., Solov'ev A. V. *Ispol'zovanie nanochastits khroma v ratsionakh molodnyaka krupnogo rogatogo skota* [The use of chromium



nanoparticles in the diets of young cattle] // Zootechnical Science of Belarus. 2020. Vol. 55. No. 1. Pp. 360–368. (In Russian.)

4. Kokorev V. A., Gur'yanov A. M., Gibalkina N. I., Fedaev A. N. Vliyaniye raznykh urovney khroma na obmennyye protsessy v organizme molodnyaka krupnogo rogatogo skota [Influence of different chromium levels on metabolic processes in the body of young cattle] // Breeding and genetic aspects of the development of dairy cattle breeding: sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchenoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya vidnogo gosudarstvennogo i politicheskogo deyatelya Sh. I. Shikhsaidova. Makhachkala, 2019. Pp. 257–276. (In Russian.)

5. Lukashik N. A., Tashilin V. A. Zootekhnicheskii analiz kormov: praktikum [Zootechnical analysis of feed: practicum]. Moscow: Kolos, 1965. 225 p. (In Russian.)

6. Shoshina O. V., Lebedev S. V., Sheyda E. V., Korneychenko V. I. Sravnitel'nyy analiz vliyaniya razlichnykh form khroma na pishchevaritel'nyye protsessy v rubtse telyat [Comparative analysis of the effect of various forms of chromium on digestive processes in the rumen of calves] // Animal husbandry and feed production. 2022. Vol. 105. No. 1. Pp. 31–38. (In Russian.)

7. Aathira C. M., Arivarasu L., Rajeshkumar S. Antioxidant and AntiInflammatory Potential of Chromium Picolinate Mediated Zinc Oxide Nanoparticle // Journal of Pharmaceutical Research International. 2020. No. 19. Pp. 118–121. DOI: 10.9734/jpri/2020/v32i1930717.

8. Hung A. T., Leury B. J., Sabin M. A., Fahri F., DiGiacomo K., Lien T-F., Dunshea F. R. Dietary nano chromium picolinate can ameliorate some of the impacts of heat stress in cross-bred sheep // Animal Nutrition Journal. 2021. Vol. 7. No. 1. Pp. 198–205. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.07.004.

9. Ambarwati Y., Martoprawiro M. A., Mulyani I., Ismunandar, Onggo D. Docking Interaction of Chromium (III) Phenylalanine with Protein Tyrosine Phosphatase // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1751. No. 1. Article number 012102. DOI: 10.1088/1742-6596/1751/1/012102.

10. Baggerman J., Smith Z., Thompson A., Kim J., Hergenreder J., Rounds W., Johnson B. Chromium propionate supplementation alters animal growth performance, carcass characteristics, and skeletal muscle properties in feedlot steers // Translational Animal Science. 2020. Vol. 4. No. 3. Article number txaa146. DOI: 10.1093/tas/txaa146.

11. Budde A., Sellins K., Lloyd K., Wagner J., Heldt J., Spears J., Engle T. Effect of zinc source, concentration, and chromium supplementation on performance and carcass characteristics in feedlot steers // Journal of Animal Science. 2019. Vol. 97. No. 3. Pp. 1286–1295. DOI: 10.1093/jas/skz016.

12. Herkelman K., Hall R., Walker P., Veracini J. Effect of Supplemental Chromium on the Growth Performance and Health of Stocker/Grower Cattle // Journal of Animal Science. 2018. No. 96 (suppl\_2). Pp. 223–223. DOI: 10.1093/jas/sky073.412.

13. Hung A., Leury B., Sabin M., Fahri F., DiGiacomo K., Lien T-F., Dunshea F. Nano-chromium picolinate and heat stress enhance insulin sensitivity in cross-bred sheep // Animal Nutrition. 2023. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.01.003

14. Jin Y., Zhou Y. Effects of concentrate level and chromium-methionine supplementation on the performance, nutrient digestibility, rumen fermentation, blood metabolites, and meat quality of Tan lambs // Animal Bioscience. 2022. Vol. 35. No. 5. Pp. 677–689. DOI: 10.5713/ab.20.0802.

15. Kargar S., Habibi Z., Karimi-Dehkordi S. Grain source and chromium supplementation: effects on feed intake, meal and rumination patterns, and growth performance in Holstein dairy calves // Animal. 2019. No. 13 (6). Pp. 1173–1179. DOI: 10.1017/S1751731118002793.

16. Lashkari S. A., Habibi M., Jensen S. K. Review on the Role of Chromium Supplementation in Ruminant Nutrition – Effects on Productive Performance, Blood Metabolites, Antioxidant Status, and Immunocompetence // Biological Trace Element Research. 2018. Vol. 186. No. 2. Pp. 305–321. DOI: 10.1007/s12011-018-1310-5.

17. Uddin K. M., Alrawashdeh A., Debnath T., Aziz M., Poirier R. Synthesis, spectroscopic characterization, and theoretical studies on the substitution reaction of chromium(III) picolinate // Journal of Molecular Structure. 2019. Vol. 1189. No. 9. DOI: 10.1016/j.molstruc.2019.04.015.

18. Mousavi F., Karimi-Dehkordi S., Kargar S., Ghaffari M. H. Effect of chromium supplementation on growth performance, meal pattern, metabolic and antioxidant status and insulin sensitivity of summer-exposed weaned dairy calves // Animal. 2019. No. 13 (5). Pp. 968–974. DOI: 10.1017/S1751731118002318.

19. Shree M. K., Lakshminarayanan A., Shanmugam R. Cytotoxicity and Antimicrobial Activity of Chromium Picolinate Mediated Zinc Oxide Nanoparticle // Journal of Pharmaceutical Research International. 2020. DOI: 10.9734/jpri/2020/v32i2030726.

20. Spears J. W. Boron, Chromium, Manganese, and Nickel in Agricultural Animal Production // Biological Trace Element Research. 2019. Vol. 188. No. 1. Pp. 35–44. DOI: 10.1007/s12011-018-1529-1.

21. Stepniowska A., Tutaj K., Drazbo A., Kozłowski K., Ognik K., Jankowski J. Estimated intestinal absorption of phosphorus and its deposition in chosen tissues, bones and feathers of chickens receiving chromium picolinate

or chromium nanoparticles in diet // PLoS One. 2020. Vol. 15. No.11. Article number e0242820. DOI: 10.1371/journal.pone.0242820.

22. Vincent J. B. Effects of chromium supplementation on body composition, human and animal health, and insulin and glucose metabolism // Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care. 2019. Vol. 22. No. 6. Pp. 483–489. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000604.

**Authors' information:**

Svyatoslav V. Lebedev<sup>1</sup>, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, doctor of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-9485-7010, AuthorID 223254; +7 912 345-87-38, [lsv74@list.ru](mailto:lsv74@list.ru)

Oksana V. Shoshina<sup>1</sup>, PhD student of the 3<sup>rd</sup> year of study, junior researcher, ORCID 0000-0003-4104-3333, AuthorID 82101967; +7 987 891-96-55, [oksana.shoshina.98@mail.ru](mailto:oksana.shoshina.98@mail.ru)

Baer S. Nurzhanov<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-3240-6112, AuthorID 605587; +7 986 795-05-46, [baer.nurzhanov@mail.ru](mailto:baer.nurzhanov@mail.ru)

Nadezhda M. Shirnina<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-3908-3865, AuthorID 569306; +7 919 854-84-69, [shirnina.2021@mail.ru](mailto:shirnina.2021@mail.ru)

Elena V. Sheyda<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0002-2586-613X, AuthorID 569299; +7 922 862-64-02, [elena-shejjda@mail.ru](mailto:elena-shejjda@mail.ru)

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

## Отечественный ферментный препарат в комбикормах для молодняка свиней на откорме

Л. Р. Михайлова<sup>1</sup>✉, А. Ю. Лаврентьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

✉E-mail: Lmikhaylova01@mail.ru

**Аннотация.** Рациональная организация кормления всегда является одним из решающих факторов для достижения высокой продуктивности животных. Немаловажной задачей современного свиноводства является снижение затрат за счет повышения усвояемости организмом животного переваренных питательных веществ корма. Одним из значимых способов, которые необходимы для решения поставленной задачи, можно считать дополнительное включение в состав комбикормов для сельскохозяйственных животных биологически активных веществ, а именно современных ферментных препаратов нового поколения. Животный организм нуждается в них для увеличения переваримости питательных веществ, поступающих с кормом. **Цель** – изучить влияние ферментного препарата Feedbest P5000 GT в составе комбикормов на рост, развитие и затраты кормов откармливаемого молодняка свиней. **Методы.** Для того чтобы достичь этой цели, проводился научно-хозяйственный опыт на молодняке свиней крупной белой породы в возрасте от 60 до 210 суток. Продолжительность откорма составила 150 суток. Для эксперимента были сформированы 4 группы молодняка свиней по 12 голов в каждой по принципу групп-аналогов с учетом породы, пола, возраста, живой массы. Содержание животных групповое. Для определения эффективности препарата Feedbest P5000 GT для роста и развития откармливаемого молодняка свиней проводили взвешивания каждые 30 дней и снимали промеры животных, в дополнение учитывалось потребление комбикорма и остатков на последующие сутки. Состав комбикормов, обогащенных ферментным препаратом Feedbest P5000 GT, в ходе опыта позволил повысить рост, развитие и снизить затраты комбикорма на единицу продукции откармливаемого молодняка свиней. **Результаты.** Использование ферментного препарата Feedbest P5000 GT в комбикормах позволило повысить среднесуточный прирост живой массы молодняка свиней на 4,8 %, 9,3 % и 6,8 %, получить снижение затрат корма на 4,7 %, 8,6 % и 6,5 % по сравнению с молодняком контрольной группы. Лучшие показатели были выявлены у животных второй подопытной группы, где в состав комбикормов дополнительно был введен изучаемый ферментный препарат в количестве 90 г/т. **Научная новизна.** Впервые проведены исследования по определению оптимальной дозы ферментного препарата Feedbest P5000 GT в комбикормах для молодняка свиней. Изучено влияние препарата на рост, развитие и затраты кормов.

**Ключевые слова:** фермент, фитаза, комбикорма, живая масса, индексы телосложения, затраты кормов, молодняк свиней.

**Для цитирования:** Михайлова Л. Р., Лаврентьев А. Ю. Отечественный ферментный препарат в комбикормах для молодняка свиней на откорме // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 87–96. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-87-96.

**Дата поступления статьи:** 20.03.2023, **дата рецензирования:** 12.04.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.

## Domestic enzyme preparation in compound feeds for young pigs on fattening

L. R. Mikhaylova<sup>1</sup>✉, A. Yu. Lavrentiev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

✉E-mail: Lmikhaylova01@mail.ru

**Abstract.** Rational organization of feeding is always one of the decisive factors for achieving high productivity of animals. An important task of modern pig breeding is to reduce costs by increasing the digestibility of digested

feed nutrients by the animal's body. One of the significant ways that are necessary to solve the task can be considered the additional inclusion of biologically active substances in the composition of animal feed for farm animals, namely modern enzyme preparations of a new generation. The animal body needs them to increase the digestibility of nutrients coming from the feed. **The purpose** is to study the effect of "Feedbest P5000 GT" enzyme preparation as part of compound feeds on the growth, development and feed costs of fattened young pigs. **Methods.** In order to achieve this goal, a scientific and economic experiment was conducted on young pigs of large white breed aged from 60 to 210 days. For the experiment, 4 groups of young pigs of 12 heads each were formed according to the principle of analog groups, taking into account breed, gender, age, and live weight. The animals are kept in groups. To determine the effectiveness of "Feedbest P5000 GT" for the growth and development of fattened young pigs, weighings were carried out every thirty days and animal measurements were taken, in addition, the consumption of feed and residues for the next day was taken into account. The composition of compound feeds enriched with "Feedbest P5000 GT" enzyme preparation during the experiment allowed to increase the growth, development and reduce the cost of compound feed per unit of production of fattened young pigs. **Results.** The use of "Feedbest P5000 GT" enzyme preparation in compound feeds made it possible to increase the average daily live weight gain of young pigs by 4.8 %, 9.3 % and 6.8 %, to obtain a reduction in feed costs by 4.7 %, 8.6 % and 6.5 % compared with the young pigs of the control group. The best indicators were found in animals of the second experimental group, where the studied enzyme preparation in the amount of 90 g/t was additionally introduced into the compound feed. **Scientific novelty.** For the first time, studies have been conducted to determine the optimal dose of the enzyme preparation "Feedbest P5000 GT" in compound feeds for young pigs. The effect of the drug on growth, development and feed costs has been studied.

**Keywords:** enzyme, phytase, compound feed, live weight, physique indices, feed costs, young pigs.

**For citation:** Mikhaylova L. R., Lavrentiev A. Yu. Otechestvennyy fermentnyy preparat v kombikormakh dlya molodnyaka sviney na otkorme [Domestic enzyme preparation in compound feeds for young pigs on fattening] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 87–96. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-87-96. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 20.03.2023, **date of review:** 12.04.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Решением продовольственной проблемы в Российской Федерации является обеспечение населения продуктами питания, в том числе и свининой. Для этого большое внимание уделяется повышению продуктивности откармливаемого молодняка свиней. С этой целью в дополнение к основному сырью для кормления молодняка свиней используются различные кормовые добавки и биологически активные вещества (БАВ), которые влияют на переваримость и усвояемость питательных веществ [1–3]. Исследования многих ученых показывают, что треть органических веществ, поступающих из корма, как правило, не усваиваются организмом животного. В связи с этим отечественное свиноводство на сегодняшний день ставит одну из задач, как уменьшение убытков за счет повышения усвояемости кормов и комбикормов, а также усвоение организмом всех переваренных питательных веществ [4–6].

Для определения генетического потенциала современных и местных пород свиней необходимо изготавливать комбикорм высокого качества. На данный момент показатель генетического потенциала животных превосходит уровень кормления; иначе говоря, совершенствуя технологию кормления свиней, можно быстро повысить экономические показатели по производству свинины.

Сегодня развитие свиноводства невозможно без освоения и внедрения новых современных технологий, использования в кормлении качественных кормов и подготовки квалифицированных кадров.

Устойчивая кормовая база является необходимым условием отрасли животноводства, которая может удовлетворить потребности животных во всех необходимых питательных веществах. Она может быть одной из главных аспектов свиноводства – отрасли, которая обеспечивает современный продовольственный рынок страны мясом и мясной продукцией. В то же время необходимо учитывать бесперебойное снабжение любой животноводческого хозяйства собственными кормами [17].

Некоторые производители комбикормовой продукции используют в своих рецептах импортные кормовые добавки, которые в достаточной степени являются качественными, но относительно дорогими по стоимости. В связи с этим интенсивное развитие свиноводства нуждается не только обеспечением полноценным сбалансированным кормлением для достижения высоких продуктивных показателей по производству свинины по всем физиологическим группам свиней, но и поиском альтернативных решений по замене импортных кормовых добавок собственно разработанными [16].

Содержание и выращивание свиней может быть интенсивным и прибыльным только на основе ста-

бильной кормовой базы и при наличии достаточного количества разнообразия концентрированных кормов [7].

В современном мире развитие и усиление роста отрасли свиноводства возможно только в случае рационального использования концентрированных кормов, которые используются в кормлении свиней в связи с тем, что зерновой состав рациона является основным источником энергии и может занимать 90–95 % в структуре кормления свиней. Эти зерновые корма следует вскармливать молодняку свиней на откорме в виде полнорационных комбикормов, которые содержат необходимое количество питательных и БАВ, а обогащение этих комбикормов ферментными препаратами будет способствовать лучшему их перевариванию, что приведет к повышению усвояемости и тем самым увеличению продуктивности молодняка свиней [8; 9].

Сбалансированное кормление означает поступление в организм животного полноценных белков, жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов. Поступившие питательные вещества проходят сложные этапы в организме такие, как всасывание, транспортировка продуктов гидролиза и ресинтеза в тканях, синтез белков, жиров и углеводов в печени и их использование клетками.

Факторы питания, которые являются одним из наиболее важных факторов окружающей среды, оказывают немаловажное влияние на животный организм, включая иммунную систему. Понижение иммунного статуса и неспецифической резистентности организма могут указывать в качественной неполноценности рациона, несмотря на сбалансированное соотношение питательных веществ в корме и достаточную энергию. Выделяют три фактора неправильного кормления: голод, недостаточное кормление и избыточное кормление. Они могут оказывать прямое влияние на состояние иммунной системы организма. Несбалансированное кормление по питательным веществам может привести к негативным последствиям нервной и иммунной системы, в виде в виде слабых, средних и сильных стрессоров [18].

Пищеварительная система свиней включает однокамерный желудок, где не имеется достаточного количества ферментов, расщепляющих такие элементы, как целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, пектин, фитаты, а также другие высокомолекулярные соединения. Ферментные препараты особенно эффективны для животных с однокамерным желудком и при кормлении и выращивании молодняка этих животных, а также при расстройствах в желудочно-кишечном тракте животных ферментативных реакций или при избыточном количестве трудногидролизуемых, подавляющих или задерживающих усвоение веществ в корме [10; 11].

Расщепление фитатов в растениях происходит под действием фермента фитазы, который обеспечивает фосфором многие биохимические реакции, происходящие с ними. Между тем растительная фитаза активна только во время прорастания семян, и когда она попадает в организм животных с растительным кормом, ее эффективность значительно снижается [13].

Содержащийся фитатный фосфор из растительных кормов усваивается в организме свиней до 30 %, а его оставшаяся часть выделяется, что может загрязнять окружающую среду, а это, в свою очередь, является важной экологической проблемой. Добавление неорганического фосфора и других минеральных добавок в рационы сельскохозяйственных животных приводит только к усугублению нынешней ситуации. Таким образом, желательно использовать в кормлении молодняка свиней фермент фитазу, который способствует расщеплению фитатного фосфора, что позволяет повысить усвояемость фосфора, кальция, микроэлементов и протеина [12–14].

В связи с этим одним из основных развивающихся технологических направлений откорма молодняка свиней является дополнительное применение ферментных препаратов в составе комбикормов. В свою очередь, дополнительное использование этого позволит снизить стоимость кормов и улучшить их усвояемость организмом животных [15; 16]. Актуальность и влияние ферментных препаратов в технологии откорма молодняка свиней занимает одну из перспективных направлений кормления сельскохозяйственных животных. Ферментный препарат Feedbest P5000 GT можно отнести одним из таких способов улучшения кормления.

Целью исследования является изучить влияние ферментного препарата Feedbest P5000 GT в составе комбикормов на рост, развитие и затраты кормов молодняка свиней на откорме.

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

Для достижения цели исследования проводился научно-хозяйственный опыт на молодняке свиней крупной белой породы в возрасте от 60 до 210 суток. Продолжительность опыта составила 150 суток. Для опыта сформировали 4 группы молодняка свиней по 12 голов в каждой по принципу групп-аналогов. Молодняк свиней во всех группах находился в аналогичных условиях кормления и содержания [17]. Кормление животных в ходе опыта осуществлялось два раза в день согласно графику, принятому в хозяйстве на день проведения исследования. Содержание подопытных животных было групповое, боксовое. Возраст откармливаемого молодняка свиней контрольной и опытных групп на начало постановки опыта составлял два месяца, а на конец опыта – семь месяцев.



Молодняку контрольной группы вскармливался основной рацион (комбикорм), который применялся в хозяйстве. Комбикорм заготавливали из собственных кормов хозяйства и дополнительно включали ферментный препарат. В свою очередь, в дополнение к основному хозяйственному рациону откармливаемый молодняк свиней первой опытной группы получал ферментный препарат Feedbest P5000 GT в количестве 60 г/т, второй опытной группы – 90 г/т, а третьей опытной группы – 120 г/т согласно схеме опыта.

Рост и развитие являются индивидуальными количественными и качественными показателями изменения онтогенеза любого живого организма в целом. Чтобы установить влияние ферментного препарата на рост молодняка свиней, ежемесячно проводили индивидуальные контрольные взвешивания на электронных платформенных весах ВСП4-1000.2. Данные, полученные в ходе взвешиваний, применяли для вычисления абсолютного, среднесуточного и относительного приростов массы тела. Далее для оценки развития подопытных свиней были взяты экстерьерные промеры в контрольной группе и в трех опытных группах, которые дают представление о качественном выражении статей тела животных. На основании взятия промеров статей тела животных были рассчитаны индексы телосложения. В любой отрасли животноводства показателем, указывающим на эффективность использования комбикорма и кормовых добавок, является затраты кормов на 1 кг прироста. Для вычисления этого показателя проводили еженедельный учет заданного комбикорма и его остатка на следующий день.

### Результаты (Results)

В ходе научно-хозяйственного опыта в комбикорма опытных групп молодняка свиней дополнительно был введен высокотермостабильный ферментный препарат Feedbest P5000 GT. Производителем ферментного препарата является ООО ПО «Сиббиофарм» (г. Бердск, Новосибирская область).

Feedbest P5000 GT – это ферментный препарат с фитазной активностью для усвоения биодоступности фосфора, минеральных веществ, аминокислот из составных частей кормов для сельскохозяйственной птицы и свиней.

Содержание и кормление молодняка свиней осуществлялось по технологии, которая была принята в хозяйстве в соответствии с детализованными нормами кормления.

В рацион кормления молодняка свиней была включена смесь концентрированных кормов из ячменя, пшеницы, гороха, кукурузы, жмыха подсолнечного, отрубей пшеничных, мясо-костной муки, премикса и поваренной соли. Структура комбикорма откармливаемого молодняка состояла из концентратов – 94 %, кормов животного происхождения – 5 %, премикса – 1 % по питательности.

В соответствии с разработанной схемой кормления для проведения эксперимента животным первой подопытной группы скармливался основной рацион (комбикорм), сбалансированный по детализованным нормам кормления, и в дополнение был введен ферментный препарат Feedbest P5000 GT в дозе 60 г/т. Молодняку второй подопытной группы давали основной рацион (комбикорм) с дополнительным включением данного ферментного препарата в дозе 90 г/т. Животные третьей подопытной группы получали сбалансированный основной рацион с добавлением ферментного препарата Feedbest P5000 GT в количестве 120 г/т.

Живая масса молодняка свиней колебалась от 17,27 до 17,39 кг перед началом постановки научно-хозяйственного опыта. Данный показатель немного поменялся на конец опыта. За период опыта среднесуточный прирост молодняка свиней показал, что животные контрольной группы имеют наименьший прирост по сравнению с откармливаемым молодняком первой опытной группы на 4,86 %, второй опытной группы – на 9,29 %, третьей опытной группы – на 6,87 %.

Таблица 1  
Схема опыта

Группы	Количество голов	Характеристика кормления
Контрольная	12	Основной рацион
I опытная	12	ОР + 60 г/т Feedbest P5000 GT
II опытная	12	ОР + 90 г/т Feedbest P5000 GT
III опытная	12	ОР + 120 г/т Feedbest P5000 GT

Table 1  
Scheme of the experience

Groups	Number of heads	Feeding characteristics
Control	12	Basic diet
I experimental	12	BD + 60 g/t of "Feedbest P5000 GT"
II experimental	12	BD + 90 g/t of "Feedbest P5000 GT"
III experimental	12	BD + 120 g/t of "Feedbest P5000 GT"

Таблица 2

Динамика прироста живой массы и среднесуточного прироста подопытных животных (в среднем на 1 голову по группам) за период опыта

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Средняя живая масса 1 головы, кг:				
в начале опыта	17,36 ± 0,21	17,31 ± 0,2	17,39 ± 0,21	17,27 ± 0,17
в конце опыта	119,11 ± 1,49	124,0 ± 1,20*	128,60 ± 1,36**	126,0 ± 1,69**
Абсолютный прирост живой массы 1 головы, кг	101,75	106,70	111,21	108,74
Относительный прирост 1 головы, %	586,12	616,35	639,51	629,59
Среднесуточный прирост за период опыта, г	678,33 ± 9,17	711,3 ± 7,26**	741,42 ± 8,31***	724,91 ± 10,74**
В % к контролю	100	104,86	109,30	106,87

\* При  $P \leq 0,05$ ; \*\* при  $P \leq 0,01$ ; \*\*\* при  $P \leq 0,001$ .Table 2  
Dynamics of live weight gain and average daily gain of experimental animals (on average per 1 head in groups) during the experiment period

Indicator	Groups			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
Average live weight of 1 head, kg:				
at the beginning of the experience	17.36 ± 0.21	17.31 ± 0.2	17.39 ± 0.21	17.27 ± 0.17
at the end of the experience	119.11 ± 1.49	124.0 ± 1.20*	128.60 ± 1.36**	126.0 ± 1.69**
Absolute increase in live weight of 1 head, kg	101.75	106.70	111.21	108.74
Relative gain of 1 head, %	586.12	616.35	639.51	629.59
Average daily increase over the period of experience, g	678.33 ± 9.17	711.3 ± 7.26**	741.42 ± 8.31***	724.91 ± 10.74**
In % to control	100	104.86	109.30	106.87

\*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ .

Таблица 3

Экстерьерные промеры свиней (в среднем на 1 голову по группам)

Промеры, см	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Длина туловища	118,58 ± 1,25	120,75 ± 1,26	124,83 ± 1,42**	123,67 ± 1,24**
Обхват груди	105 ± 1,35	117,33 ± 1,36***	118,17 ± 1,41**	116,83 ± 1,35***
Высота в холке	66,33 ± 0,49	68,83 ± 0,59***	67,50 ± 0,29*	68 ± 0,30**
Обхват пясти	17,62 ± 0,16	17,75 ± 0,07	17,45 ± 0,06	17,6 ± 0,05

\* При  $P \leq 0,05$ ; \*\* при  $P \leq 0,01$ ; \*\*\* при  $P \leq 0,001$ .Table 3  
Exterior measurements of pigs (on average per 1 head in groups)

Measurements, cm	Groups			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
Body length	118.58 ± 1.25	120.75 ± 1.26	124.83 ± 1.42**	123.67 ± 1.24**
Chest girth	105 ± 1.35	117.33 ± 1.36***	118.17 ± 1.41**	116.83 ± 1.35***
Height at the withers	66.33 ± 0.49	68.83 ± 0.59***	67.50 ± 0.29*	68 ± 0.30**
Pastern girth	17.62 ± 0.16	17.75 ± 0.07	17.45 ± 0.06	17.6 ± 0.05

\*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ .

В условиях научно-хозяйственного опыта были взяты измерения показателей длины туловища, высоты в холке, обхвата груди и обхвата пясти молодняка свиней. В ходе использования в рационах Feedbest P5000 GT измерения длины туловища свиней трех опытных групп по сравнению с животными контрольной группы были выше в первой опытной группе на 1,8 %, во второй – на 5,3 %, в третьей – на 4,3 %. Дальнейшие измерения экстерьерных промеров показали, что обхват груди за лопатками второй опытной группы был выше, чем в контрольной группе, на 13,05 %, чем в первой опытной – на 0,7 %, чем в третьей опытной группой – на 1,15 %. Также следует отметить, что по показателям высоты в холке откармливаемые животные контрольной группы имели наименьшие измерения. Они отставали от своих сверстников первой опытной группы на 3,7 %, второй – на 1,7 %, третьей – на 2,5 %.

По измерениям обхвата пясти животных было выявлено превышение у первой опытной группы на 0,7 % по сравнению с контрольной группой. В свою очередь, контрольная группа превосходила вторую опытную на 0,9 %, третью опытную – на 0,2 %. Было выявлено превышение по измерениям обхвата пясти животных у первой опытной группы на 0,7 % по сравнению с контрольной группой. Контрольная группа превосходила вторую опытную на 0,9 %, третью опытную – на 0,2 %.

В дополнение к вычислению индексов телосложения измерения промеров тела откармливаемых свиней контрольной и опытных групп используются для графического рисунка. Построение графика экстерьерного профиля дает представление о степени отличия промеров животных между опытными группами (рис. 1).

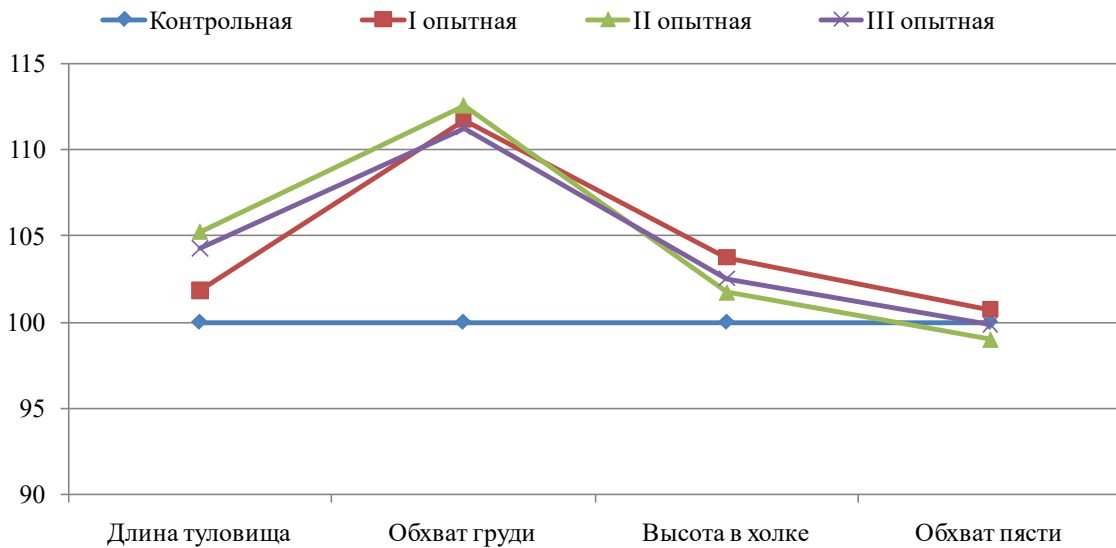


Рис. 1. Экстерьерный профиль животных, %

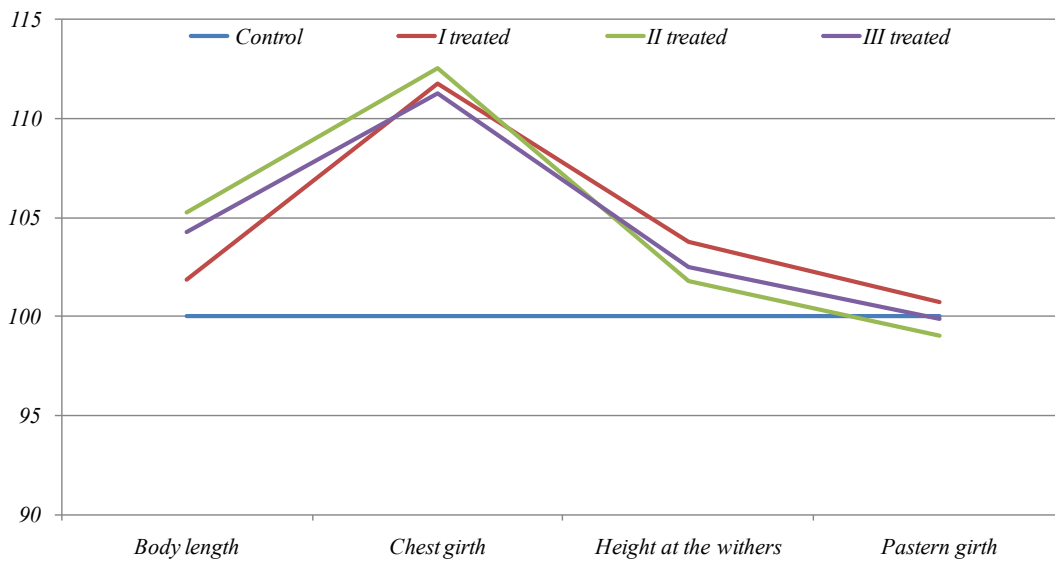


Fig. 1. Exterior profile of animals, %

Таблица 4  
Индексы телосложения у свиней (в среднем на 1 голову по группам)

Показатели	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Массивности	158,93 ± 2,47	170,49 ± 1,65***	175,11 ± 2,60***	171,84 ± 2,0***
Растянутости	178,8 ± 2,0	175,52 ± 2,02*	184,96 ± 2,13*	181,91 ± 2,17*
Сбитости	88,60 ± 1,20	97,24 ± 1,19***	94,72 ± 1,29***	94,56 ± 1,29**
Костистости	26,56 ± 0,20	25,81 ± 0,22*	25,86 ± 0,11**	25,89 ± 0,16

\* При  $P \leq 0,05$ ; \*\* при  $P \leq 0,01$ ; \*\*\* при  $P \leq 0,001$ .

Table 4  
Physique indices in pigs (on average per 1 head in groups)

Indicator	Groups			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
Massiveness	158.93 ± 2.47	170.49 ± 1.65***	175.11 ± 2.60***	171.84 ± 2.0***
Stretching	178.8 ± 2.0	175.52 ± 2.02*	184.96 ± 2.13*	181.91 ± 2.17*
Blockiness	88.60 ± 1.20	97.24 ± 1.19***	94.72 ± 1.29***	94.56 ± 1.29**
Bony	26.56 ± 0.20	25.81 ± 0.22*	25.86 ± 0.11**	25.89 ± 0.16

\*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*\*\*  $P \leq 0.001$ .

Таблица 5  
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы

Показатели	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Общие затраты корма, ЭКЕ	470,8	470,8	470,8	470,8
Прирост живой массы, кг	101,75	106,7	111,21	108,73
Затраты корма на 1 кг прироста, ЭКЕ	4,63	4,41	4,23	4,33
затраты в % к контролю	100	95,25	91,36	93,52

Table 5  
Feed costs per 1 kg of live weight gain

Indicator	Groups			
	Control	I experimental	II experimental	III experimental
Total feed costs, EFU	470.8	470.8	470.8	470.8
Live weight gain, kg	101.75	106.7	111.21	108.73
Feed costs per 1 kg of increment, EFU	4.63	4.41	4.23	4.33
costs as % of control	100	95.25	91.36	93.52

Данные по промерам, полученные в ходе измерений, анализируются по отношению друг к другу, и животное должно рассматриваться как единое целое [17; 18]. Определяли индексы телосложения: массивности, растянутости, сбитости, костистости.

Серьезных отклонений в индексах телосложения между группами не выявили. Молодняк свиней контрольной группы имел наименьшие показатели по индексу массивности по сравнению со сверстниками первой опытной группы на 7,3 %, второй – на 10,2 %, третьей – на 8,2 %. Расчет индекса растянутости показал, что свиньи второй опытной группы превосходили животных контрольной на 6,16 %, первой опытной – на 9,44 %, третьей опытной – на 3,05 %. Индекс сбитости у животных второй опытной группы был выше, чем в контрольной, на 6,12 %, чем в третьей – на 0,16 %, был ниже, чем в первой опытной группе, на 2,52 %. По индексу костистости свиньи контрольной группы имели наибольший показатель по сравнению с животными

ми первой опытной группы на 2,83 %, второй – на 2,64 %, третьей – на 2,52 %.

Определение затрат кормов для получения 1 кг прироста живой массы имеет большое значение при кормлении и выращивании откармливаемого молодняка свиней и является показателем, указывающим на эффективность использования кормов в любом свиноводческом хозяйстве.

В ходе научно-хозяйственного опыта рассчитаны затраты кормов. В опытных группах по сравнению с контрольной группой на 1 кг прироста было затрачено наименьшее количество кормов. Самые меньшие показатели затраты кормов на 1 кг прироста были у молодняка во второй опытной группе – 4,23 ЭКЕ, что меньше на 8,6 % контрольной группы, на 4,1 % первой опытной группы и на 2,3 % третьей опытной группы. По результатам экспериментальных измерений и расчетов определили, что увеличение роста и развития животных и снижение

расхода кормов у откармливаемых свиней второй опытной группы было наибольшим.

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

Задачи по эффективному применению комбикормов, повышению питательной ценности рационов кормления и целесообразного включения в кормление биологически активных веществ имеют большое значение в современных научных исследованиях интенсивного свиноводства. В основе научных исследований – дополнительное включение современных биологически активных веществ, установление взаимодействия и сочетаний с различными кормами, создание новых технологий по производству мяса и мясной продукции, разработка и совершенствование систем кормления животных, которые будут направлены на повышение роста и усвоение питательных веществ кормов [12].

Практика организации кормления свиней в промышленных условиях показывает, что обеспечение невозможно без оптимального уровня полноценного кормления, без использования биологически активных добавок.

В последние годы актуальной и имеющей большое значение становится проблема полноценного кормления сельскохозяйственных животных в связи с интенсификацией выращивания животных. Доказано, что необходимо не только удовлетворять потребности животных в основных элементах питания, но и соблюдать соотношение отдельных питательных веществ в рационе, устраняя антипитательные и токсичные вещества в кормах.

Дополнительное включение ферментных препаратов в основной рацион позволяет повышать усвояемость питательных веществ различных кормов для свиней в 3–4 раза. Ферменты по своему составу нетоксичны, и риск осложнения после случайных передозировок в кормлении маловероятен. В свою очередь, использование в рационах ферментных препаратов дает возможность снизить себестоимость корма [5; 6].

Таким образом, за период научно-хозяйственного опыта было установлено, что применение ферментного препарата Feedbest P5000 GT в составе комбикормов позволяет повысить рост, развитие и уменьшить затраты кормов на единицу продукции молодняка свиней на откорме.

Показатель среднесуточного прироста молодняка свиней за период опыта показал, что животные контрольной группы имеют наименьший прирост по сравнению с подопытными откармливаемыми животными первой группы на 4,86 %, второй группы – на 9,29 %, третьей группы – на 6,87 %.

Что касается измерений экстерьерных показателей молодняка свиней на откорме, следует отметить, что измерения длины туловища свиней трех опытных групп по сравнению с контрольной группой были выше в первой опытной группе на 1,8 %, во второй – на 5,3%, в третьей – на 4,3 %. Обхват груди за лопатками у животных второй опытной группы был выше по сравнению со свиньями контрольной группы на 13,05 %, первой опытной – на 0,7 %, третьей опытной – на 1,15 %. Высота в холке откармливаемых животных контрольной группы имела наименьшие измерения. Они отставали от своих сверстников первой опытной группы на 3,7 %, второй – на 1,7 %, третьей – на 2,5 %. По измерениям обхвата пясти животных было выявлено превышение у первой опытной группы на 0,7 % по сравнению с контрольной группой. В свою очередь, контрольная группа превосходила вторую опытную на 0,9 %, третью – на 0,2 %.

В ходе научно-хозяйственного опыта установлено оптимальное количество ферментного препарата Feedbest P5000 GT в составе комбикормов для молодняка свиней на откорме. Лучшие показатели были выявлены у откармливаемого молодняка второй опытной группы, в схему кормления которых дополнительно вводили изучаемый ферментный препарат в количестве 90 г на тонну комбикорма.

#### **Библиографический список**

1. Гамко Л. Н., Хомченко В. В. Использование высокобелковых кормов в сочетании со смектитным трепелом в кормлении молодняка свиней // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 2 (199). С. 10–21. DOI: 10.33920/se1-05-2202-02.
2. Горобец А. Ю., Трубников Д. В., Умеренков И. А. и др. Анализ кормов для свиней селекции Genesus и применение микрокапсулированного пробиотического препарата «Энзимспорин» с ферментом в их кормлении // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 6. С. 86–95.
3. Грикшас С. А., Кульмакова Н. И., Спицына К. С., Дарьин А. И., Миттельштейн Т. М. Эффективность использования энтеросорбента Shelltic ES при выращивании молодняка свиней // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 1. С. 3–11. DOI: 10.33920/se1-05-2001-01.
4. Дарьин А. И., Кердяшов Н. Н., Бусов А. А. Живая масса и сохранность поросят, полученных от свиноматок с разной продолжительностью сервис-периода и лактации // Нива Поволжья. 2021. № 1 (58). С. 89–94. DOI: 10.36461/NP.2021.58.1.006.
5. Ильяшенко А. Н. Актуальность мультиферментов в кормлении свиней. Наше сельское хозяйство. 2022. № 16 (288). С. 57–61.



6. Крюков В. С., Глебова И. В., Антипов А. А. Оценка действия фитаз в пищеварительном тракте и использование препаратов фитазы в питании животных (обзор) // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 2. С. 19–43.
7. Крюков В. С., Глебова И. В., Зиновьев С. В. Переоценка механизма действия фитазы в питании животных // Успехи биологической химии. 2021. № 61. С. 317–346
8. Михайлова Л. Р., Жестянова Л. В., Лаврентьев А. Ю., Шерне В. С. Влияние природных цеолитов на продуктивные качества молодняка свиней // Зоотехния. 2021. № 10. С. 20–23. DOI: 10.25708/ZT.2021.95.88.005.
9. Михайлова Л. Р., Лаврентьев А. Ю., Шерне В. С. Специальные комбикорма и иммуностимулятор при выращивании поросят-сосунов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 206–210. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-206-210.
10. Молоскин С. А., Сычева И. Н., Бадмаева А. А. Применение мультиферментного комплекса «Ровабио» для свиней // Управление рисками в АПК. 2020. № 3 (37). С. 39–55.
11. Некрасов Р. В., Чабаев М. Г., Боголюбова Н. В., Цис Е. Ю., Рыков Р. А., Семенова А. А. Влияние алиментарных факторов на обмен веществ растущих откармливаемых свиней в условиях технологических стрессов // Аграрная наука. 2019. № 10. С. 49–55. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-332-9-49-54.
12. Некрасов Р., Чабаев М., Зеленченкова А. Ферментный препарат на основе глюкоамилазы повысит кормовую ценность рациона // Свиноводство. 2019. № 8. С. 27–28.
13. Сницаренко Г. Н., Гамко Л. Н. Переваримость и эффективность использования энергии у молодняка свиней на доращивании // Свиноводство. 2021. № 5. С. 24–26. DOI: 10.37925/0039-713X-2021-5-24-26.
14. Чабаев М. Г., Некрасов Р. В., Мошкучело И. И., Надеев В. П., Цис Е. Ю., Юлдашбаев Ю. А. Повышение продуктивного потенциала свиней с использованием кормовых смесей, обогащенных комплексом биоорганического железа // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. Т. 45. № 1. С. 72–76. DOI: 10.3103/S1068367419010026.
15. Хомченко В. В., Гамко Л. Н., Подольников В. Е. Эффективность использования высокобелковых кормов в сочетании с природными минералами в рационах молодняка свиней // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (45). С. 127–130.
16. Daryin A., Busov A., Kerdyashov N. Reproductive qualities of sows with different duration of the service period and lactation // Scientific Papers. Series D. Animal Science. 2021. Vol. 64. No. 2. Pp. 161–165.
17. Lavrentev A. Y., Evdokimov N. V., Larionov G. A., Nemtseva E. Yu., Mikhaylova L. R., Zhestyanova L. V., Sherne V. S. Silicon-based natural zeolites in feeding store pigs // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 2021. Article number 012019. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012019.
18. Lavrentyev A., Sherne V., Semenov V., Zhestyanova L., Mikhaylova L. Use of activated charcoal feed supplement in diets of pigs // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number 012013. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012013.

#### Об авторах:

Лилия Ревовна Михайлова<sup>1</sup>, ассистент кафедры общей и частной зоотехнии, ORCID 0000-0002-5991-1621, AuthorID 954389; +7 917 670-62-57, [lmikhaylova01@mail.ru](mailto:lmikhaylova01@mail.ru),

Анатолий Юрьевич Лаврентьев<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой общей и частной зоотехнии, ORCID 0000-0001-5793-8786, AuthorID 540600; +7 927 864-68-63, [lavrentev65@list.ru](mailto:lavrentev65@list.ru)

<sup>1</sup> Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

#### References

1. Gamko L. N., Khomchenko V. V. Ispol'zovanie vysokobelkovykh kormov v sochetanii so smektitnym trepelom v kormlenii molodnyaka sviney [The use of high-protein feeds in combination with smektit trepel in feeding young pigs] // Feeding of Agricultural Animals and Feed Production. 2022. No. 2 (199). Pp. 10–21. DOI: 10.33920/sel-05-2202-02. (In Russian.)
2. Gorobets A. Yu., Trubnikov D. V., Umerenkov I. A. i dr. Analiz kormov dlya sviney selektsii “Genesis” i primeneniye mikrokapsulirovannogo probioticheskogo preparata “Enzimsporin” s fermentom v ikh kormlenii [Analysis of feed for pigs breeding “Genesis” and the use of microcapsulated probiotic drug “Enzimsporin” with an enzyme in their feeding] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. No. 6. Pp. 86–95. (In Russian.)
3. Grikshas S. A., Kul'makova N. I., Spitsyna K. S., Dar'in A. I., Mittel'shteyn T. M. Effektivnost' ispol'zovaniya enterosorbenta Shelltic ES pri vyrashchivaniy molodnyaka sviney [The efficiency of using the enterosorbent Shelltic ES in the rearing of young pigs] // Feeding of Agricultural Animals and Feed Production. 2020. No. 1. Pp. 3–11. DOI: 10.33920/sel-05-2001-01 (In Russian.)

4. Dar'in A. I., Kerdyashov N. N., Busov A. A. Zhivaya massa i sokhrannost' porosyat, poluchennykh ot svinomatok s raznoy prodolzhitel'nost'yu servis-perioda i laktatsii [Live weight and safety of piglets obtained from sows with different duration of the service period and lactation] // Volga Region Farmland. 2021. No. 1 (58). Pp. 89–94. DOI: 10.36461/NP.2021.58.1.006. (In Russian.)
5. Il'yashenko, A. N. Aktual'nost' mul'tifermentov v kormlenii sviney [Relevance of multifermets in pig feeding] // Nashe sel'skoe khozyaystvo. 2022. No. 16 (288). Pp. 57–61. (In Russian.)
6. Kryukov V. S., Glebova I. V., Antipov A. A. Otsenka deystviya fitaz v pishchevaritel'nom trakte i ispol'zovanii preparatov fitazy v pitanii zhivotnykh (obzor) [Evaluation of the action of phytases in the digestive tract and the use of phytase preparations in animal nutrition (review)] // Problems of Productive Animal Biology. 2019. No. 2. Pp. 19–43. (In Russian.)
7. Kryukov V. S., Glebova I. V., Zinov'ev S. V. Pereotsenka mekhanizma deystviya fitazy v pitanii zhivotnykh [Reevaluation of the mechanism of action of phytase in animal nutrition] // Advances in Biological Chemistry. 2021. No. 61. Pp. 317–346. (In Russian.)
8. Mikhaylova L. R., Zhestyanova L. V., Lavrent'ev A. Yu., Sherne V. S. Vliyanie prirodnykh tseolitov na produktivnye kachestva molodnyaka sviney [The influence of natural zeolites on the productive qualities of young pigs] // Zootechniya. 2021. No. 10. Pp. 20–23. DOI: 10.25708/ZT.2021.95.88.005. (In Russian.)
9. Mikhaylova L. R., Lavrent'ev A. Yu., Sherne V. S. Spetsialnye kombikorma i immunostimulyator pri vyrashchivanii porosyat-sosunov [Special compound feed and immunostimulator for growing suckling pigs] // Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No. 3 (55). Pp. 206–210. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-206-210. (In Russian.)
10. Moloskin S. A., Sycheva I. N., Badmaeva A. A. Primenenie mul'tifermentnogo kompleksa "Rovabio" dlya sviney [Application of the "Rovabio" multi-enzyme complex for pigs] // Upravlenie riskami v APK. 2020. No. 3 (37). Pp. 39–55. (In Russian.)
11. Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Bogolyubova N. V., Tsis E. Yu., Rykov R. A., Semenova A. A. Vliyanie alimentarnykh faktorov na obmen veshchestv rastushchikh otkarmlyvaemykh sviney v usloviyakh tekhnologicheskikh stressov [The influence of alimentary factors on the metabolism of growing fattened pigs under technological stress] // Agrarian science. 2019. No. 10. Pp. 49–55. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-332-9-49-54. (In Russian.)
12. Nekrasov R., Chabaev M., Zelenchenkova A. Fermentnyy preparat na osnove glyukoamilazy povysit kormovuyu tsennost' ratsiona [Enzyme preparation based on glucoamylase to increase the feed value of the diet] // Pigbreeding. 2019. No. 8. Pp. 27–28. (In Russian.)
13. Snitsarenko G. N., Gamko L. N. Perevarimost' i effektivnost' ispol'zovaniya energii u molodnyaka sviney na dorashchivanii [Digestibility and efficiency of energy use in young pigs on rearing] // Pigbreeding. 2021. No. 5. Pp. 24–26. DOI: 10.37925/0039-713X-2021-5-24-26. (In Russian.)
14. Chabaev M. G., Nekrasov R. V., Moshkutelo I. I., Nadeev V.P., Tsis E Yu., Yuldashbaev Yu. A. Povyshenie produktivnogo potentsiala sviney s ispol'zovaniem kormovykh smesey, obogashchennykh kompleksom bioorganicheskogo zheleza [Increasing the productive potential of pigs using feed mixtures enriched with a complex of bioorganic iron] // Russian Agricultural Sciences. 2019. Vol. 45. No. 1. Pp. 72–76. DOI: 10.3103/S1068367419010026. (In Russian.)
15. Khomchenko V. V., Gamko L. N., Podol'nikov V. E. Effektivnost' ispol'zovaniya vysokobelkovykh kormov v sochetanii s prirodnyimi mineralami v ratsionakh molodnyaka sviney [Efficiency of using high-protein feeds in combination with natural minerals in the diets of young pigs] // Vestnik of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2019. No. 1 (45). Pp. 127–130. (In Russian.)
16. Daryin A., Busov A., Kerdyashov N. Reproductive qualities of sows with different duration of the service period and lactation // Scientific Papers. Series D. Animal Science. 2021. Vol. 64. No. 2. Pp. 161–165.
17. Lavrentev A. Y., Evdokimov N. V., Larionov G. A., Nemtseva E. Yu., Mikhaylova L. R., Zhestyanova L. V., Sherne V. S. Silicon-based natural zeolites in feeding store pigs // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 2021. Article number 012019. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012019.
18. Lavrentyev A., Sherne V., Semenov V., Zhestyanova L., Mikhaylova L. Use of activated charcoal feed supplement in diets of pigs // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number 012013. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012013.

#### Authors' information:

Liliya R. Mikhaylova<sup>1</sup>, assistant of the department of general and private animal science, ORCID 0000-0002-5991-1621, AuthorID 954389; +7 917 670-62-57, [lmikhaylova01@mail.ru](mailto:lmikhaylova01@mail.ru)

Anatoliy Yu. Lavrentiev<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of general and private animal science, ORCID 0000-0001-5793-8786, AuthorID 540600; +7 927 864-68-63, [lavrentev65@list.ru](mailto:lavrentev65@list.ru)

<sup>1</sup> Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

## Биологически активные вещества в цветках и листьях сортов сибирских ирисов

Л. Л. Седельникова<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

✉ E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

**Аннотация.** В последнее десятилетие большой популярностью пользуются садовые сорта ириса сибирского (*Iris sibirica* L.) семейства ирисовых (*Iridaceae* Juss.), которые представляют ценность не только как декоративные растения, но и как источник биологически активных веществ, используемых в медицине и парфюмерной промышленности. Сведений о наличии данных веществ в генеративных и вегетативных органах у изученных нами сортов ириса сибирского не отмечено, что представляет новизну и актуальность данной работы. **Цель** исследования – сравнительное изучение и оценка количественного содержания биологически активных веществ в цветках и листьях ириса сибирского и семи сортов из группы сибирских ирисов (SIB), культивируемых в лесостепной зоне Западной Сибири. **Методы.** Содержание флавонолов, катехинов, каротиноидов определено спектрофотометрическим методом, пектиновых веществ – бескарбазольным спектрофотометрическим, танинов – титриметрическим методом. **Результаты.** Результаты сравнительного анализа вторичных метаболитов в надземных органах ирисов показали, что содержание танинов (в 1,3–3,2 раза), флавонолов (в 1,5–4,6 раза), катехинов (в 5,0–6,3 раза), каротиноидов (в 2,6–9,5 раза) в листьях выше, чем в цветках. Содержание пектинов выше (в 3,5–9,5 раза) и протопектинов (в 1,2–1,9 раза) в цветках. Наиболее высокими показаниями по отдельным компонентам отличались сорта Fialcovy, Vals Katuni, Cassandra. Отмечены сорто- и видоспецифичность в распределении данных компонентов в цветках и листьях растений, а также влияние гидрометеорологических факторов в вегетационные периоды роста и развития 2020–2021 гг. **Научная новизна.** Впервые в условиях лесостепной зоны Новосибирской области проведен сравнительный количественный анализ содержания танинов, флавонолов, пектинов, протопектинов, катехинов, каротиноидов в надземных органах *Iris sibirica* и его сортов: Baltik Blue, Blue Cup, Cambridge, Fialcovy, Cassandra, Mandy Morse, Vals Katuni.

**Ключевые слова:** ирис сибирский, сорта, цветок, лист, танины, флавонолы, пектины, протопектины, катехины, каротиноиды, лесостепная зона, Западная Сибирь.

**Для цитирования:** Седельникова Л. Л. Биологически активные вещества в цветках и листьях сортов сибирских ирисов // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 97–107. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-97-107.

**Дата поступления статьи:** 10.03.2023, **дата рецензирования:** 20.04.2023, **дата принятия:** 26.05.2023.

## Biologically active substances in flowers and leaves of Siberian irises

L. L. Sedelnikova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Central Siberian Botanical Garden of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

✉ E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

**Abstract.** In the last decade, garden varieties of Siberian iris (*Iris sibirica* L.) of the iris family (*Iridaceae* Juss.), which are valuable not only as ornamental plants, but also as a source of biologically active substances used in medicine and the perfume industry, have been very popular. Information on the presence of these substances in the generative and vegetative organs of the varieties of Siberian iris studied by us was not noted, which is the novelty

and relevance of this work. **The purpose** of the study is a comparative study and assessment of the quantitative content of biologically active substances in the flowers and leaves of *I. sibirica* and seven varieties from the Siberian irises (SIB) group cultivated in the forest-steppe zone of Western Siberia. **Methods.** The content of flavonols, catechins, carotenoids was determined by the spectrophotometric method, pectin substances by the carbazole-free spectrophotometric method and tannins by the titrimetric method. **Results.** The results of a comparative analysis of secondary metabolites in the aerial organs of irises showed that the content of tannins (1.3–3.2 times), flavonoids (1.5–4.6 times), catechins (5.0–6.3 times), carotenoids (2.6–9.5 times) higher in leaves than in flowers. The content of pectins is higher (3.5–9.5 times) and protopectins (1.2–1.9 times) in flowers. The varieties Fialcovy, Vals Katuni, Cassandra were distinguished by the highest indications for individual components. Variety and species specificity in the distribution of these components in the flowers and leaves of plants, as well as the influence of hydrometrological factors during the growing seasons of growth and development of 2020–2021, were noted. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region, a comparative quantitative analysis of the content of tannins, flavonols, pectins, protopectins, catechins, carotenoids in the aboveground organs of *Iris sibirica* and its varieties: Baltik Blue, Blue Cup, Cambridge, Fialcovy, Cassandra, Mandy Morse, Vals Katuni was carried out.

**Keywords:** *Iris sibirica*, varieties, flower, leaf, tannins, flavonols, pectins, protopectins, catechins, carotenoids, forest-steppe zone, Western Siberia.

**For citation:** Sedelnikova L. L. Biologicheski aktivnye veshchestva v tsvetkakh i list'yakh sortov sibirskikh irisov [Biologically active substances in flowers and leaves of Siberian irises] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 97–107. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-97-107. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 10.03.2023, **date of review:** 20.04.2023, **date of acceptance:** 26.05.2023.

#### Постановка проблемы (Introduction)

Вегетативные и генеративные органы выполняют многофункциональную роль в жизнедеятельности растений. Синтез и накопление вторичных метаболитов участвуют в механизмах адаптации и зависят не только от стадии развития растения, но и от формирования органов в весенне-летний период. Значительный успех по изучению биологически активных веществ в надземных и подземных органах занимают представители рода *Iris* L.: ирис (касатик) – многолетний весенне-ранне-летнецветущий поликарпик. Известно, что листья, семена и подземные органы видов рода *Iris* богаты содержанием биологически активных и запасных веществ [1–8]. Это позволяет применять их в лекарственных целях и парфюмерной промышленности. В связи с этим особое внимание уделяется влиянию экологических факторов среды местообитания видового состава на изменчивость биоморфологических, биохимических, кариологических признаков [9–15]. Большой интерес вызывают исследования антиоксидантной активности, регуляции метаболизма, накопления токсичных микроэлементов в органах ирисов [1; 4; 16]. При интродукции в различных географических зонах России выявлены для озеленения регионов перспективные и устойчивые виды и сорта из разных садовых групп [17–23]. Среди них *Iris sibirica* L. – ирис сибирский, распространен от таежной до теплоумеренной зоны Европы, Кавказа, Западной и Средней Сибири, влаголюбив, зимостоек, устойчив, представитель сибирской флоры. У вида обнаружены глюкоманнаны в семенах; флавоноиды, фенилкарбоновые кислоты, пектины и про-

топектины, сахара в листьях; крахмал, сапонины в подземных органах. У некоторых сортов *I. sibirica* исследован химический состав, который показал специфичность распределения флавонолов, сапонинов, гликозидов и танинов в органах культивированных Supernatural и Whiskey White. Известно, что в листьях и корневищах сорта Cambridge обнаружены флавоноиды, дубильные вещества, гликозиды, фенолкислоты, кумарины, ксантоны, сапонины, терпены. Отмечена биологическая активность экстрактов сырья *I. sibirica* в отношении вирусов герпеса, в тибетской медицине его цветки используют при гепатитах и пневмонии. В последнее десятилетие сорта сибирских ирисов (Siberian, SIB) успешно культивируются как декоративные растения в различных ботанических садах и природно-климатических зонах России [24–29]. Наличие вторичных метаболитов в цветках и листьях сортов *I. sibirica* из группы сибирских ирисов в настоящий период не исследовано. Это позволило впервые подойти к изучению содержания биологически активных веществ в наземных органах сортового разнообразия *I. sibirica*, что представляет актуальность и новизну данной работы.

Цель исследования – сравнительное изучение и оценка количественного содержания биологически активных веществ в цветках и листьях семи сортов из группы сибирских ирисов (SIB), культивируемых в лесостепной зоне Западной Сибири.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в 2020–2021 гг. с использованием сортов из биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекции живых рас-



тений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534. Объектами изучения послужили растения вида *Iris sibirica* – ириса сибирского (семейство *Iridaceae* Juss.) и его сортов: Fialcovy – Фиалковый, Mandy Morse – Мэнди Морс, Baltik Blue – Балтик Блу, Blue Cup – Блу Кап, Vals Katuni – Вальс Катунь, Cambridge – Кэмбридж, Kassandra – Кассандра (рис. 1). Содержание биологически активных веществ определяли следующими методами: катехинов, флавонолов и каротиноидов спектрофотометрическим, пектиновых веществ – бескарбазольным спектрофотометрическим, танинов – титриметрическим, согласно методикам, описанным в работах [23, 30]. Для количественного определения данных веществ использовали предварительно высушенное сырье (цветки, листья). Пробы для анализа брали в 2020–2021 гг. в период массового цветения (14.06 и 16.06 соответственно). Все биохимические показатели рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Определения проводили в трехкратной повторности. Математическую обработку выполняли в программах Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007.

### Результаты (Results)

Развитие сортов сибирских ирисов в условиях лесостепной зоны Новосибирской области наступает при сумме положительных температур выше

5 °С, сразу после схода снега (третья декада апреля – вторая декада мая). Цветение сортов в 2020–2021 гг. наблюдали с 10.06 по 29.06. Начало цветения у вида *I. sibirica* наступало раньше на 5–6 дней. 2020 г. отличался умеренно увлажненным теплым вегетационным периодом с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 0,98. Для 2021 г. характерен засушливый вегетационный период, но с ранней теплой весной (ГТК = 0,84).

Результаты анализа по содержанию биологически активных веществ в цветках ирисов представлены в таблице 1. Наибольшее значение **танинов** в период цветения 2020 г. обнаружено у сортов Vals Katuni и Fialcovy, что в 1,5–3,0 раза выше по сравнению с другими сортами. Причем в сухой вегетационный период 2021 г. этот показатель у данных сортов и дополнительно к ним у сортов Baltik Blue, Mandy Morse снижен в 1,2–1,6 раза. У сортов Blue Cup, Kassandra, Cambridge и *I. sibirica*, наоборот, количественное содержание танинов в 2021 г. выше в 1,1–1,4 раза, чем в 2020 г. Установлено, что концентрация танинов в 2021 г. в листьях сортов в 1,3–3,2 раза выше, чем в цветках, с наибольшим показателем у сорта Fialcovy; средним у Kassandra, Vals Katuni, Baltik Blue, Mandy Morse, *I. sibirica*; низким у Blue Cup и Cambridge (таблица 2).



Рис. 1. Цветение сортов из группы Сибирских ирисов в Центральном сибирском ботаническом саду (Новосибирск): Baltik Blue (1), Fialcovy (2), Vals Katuni (3), Cambridge (4), Kassandra (5), Blue Cup (6), Mandy Morse (7), *Iris sibirica* (8)  
Fig. 1. Flowering varieties from the group of Siberian irises in the Central Siberian Botanical Garden (Novosibirsk): Baltik Blue (1), Fialcovy (2), Vals Katuni (3), Cambridge (4), Kassandra (5), Blue Cup (6), Mandy Morse (7), *Iris sibirica* (8)



Относительно содержания **флавонолов** в цветках в разные годы получены стабильные данные для сорта Blue Cup ( $2,54 \pm 0,04$  %), у других сортов этот показатель незначительно меньше в 1,1 раза в 2021 г., а у *I. sibirica* больше в 1,4 раза. В период вегетации 2021 г. концентрация флавонолов в листьях в 1,5–4,6 раза выше, чем в цветках, с наибольшим показателем у сорта Fialcovy (5,71 %); средним содержанием ( $2,87$ – $3,48$  %) у сортов Blue Cup и Kassandra, Vals Katuni, Mandy Morse; низким ( $2,0$ – $2,37$  %) у Cambridge, Baltik Blue, *I. sibirica*. Сравнительно одинаковое их содержание в обоих органах за этот же год отмечено у сортов Vals Katuni, Cambridge, *I. sibirica*: в цветках –  $1,88$ – $2,66$  %, листьях –  $2,00$ – $2,37$  %. Причем в сухой период вегетации 2021 г. содержание флавонолов в листьях ниже, особенно у *I. sibirica*.

Сравнительные результаты по содержанию в цветках **пектинов** показали стабильность у сорта Baltik Blue ( $1,59 \pm 0,01$  %) в сухой вегетационный период 2021 г. и незначительное их повышение (в 1,1–1,3 раза) у других сортов. Однако в теплый период вегетации 2020 г. количество пектинов в цветках сорта Mandy Morse и *I. sibirica* было в 1,3–1,5 раза больше, чем в сухой период вегетации 2021 г. Количество **протопектинов** было незначительно выше в сухой период в цветках всех сортов, кроме сорта Cambridge и *I. sibirica*, с наименьшим значением (в 1,3 раза) у последнего. Причем содержание пектинов в цветках сортов ириса в 2021 г. было в 3,5–9,5 раза больше, чем в листьях. А протопектинов, соответственно, больше, всего в 1,2–1,9 раза (см. таблицы 1, 2).

Таблица 1  
Содержание биологически активных веществ в цветках *Iris sibirica* и его сортов в период цветения 2020–2021 гг. в ЦСБС\*

Сорт, вид	Танины, %	Флавонолы, %	Пектины, %	Протопектины, %	Катехины, мг%
Blue Cup	$4,98 \pm 0,01$	$2,54 \pm 0,04$	$1,91 \pm 0,05$	$4,00 \pm 0,14$	$210,7 \pm 6,8$
	$6,05 \pm 0,08$	$2,54 \pm 0,04$	$2,56 \pm 0,02$	$4,55 \pm 0,02$	$119,6 \pm 6,4$
Fialcovy	$8,56 \pm 0,06$	$2,73 \pm 0,06$	$2,31 \pm 0,06$	$5,13 \pm 0,02$	$428,3 \pm 5,6$
	$5,37 \pm 0,05$	$2,50 \pm 0,01$	$2,50 \pm 0,05$	$5,48 \pm 0,07$	$195,0 \pm 3,6$
Kassandra	$3,05 \pm 0,04$	$1,65 \pm 0,01$	$1,62 \pm 0,01$	$4,43 \pm 0,04$	$560,9 \pm 1,1$
	$4,13 \pm 0,03$	$1,54 \pm 0,01$	$1,81 \pm 0,02$	$4,65 \pm 0,05$	$215 \pm 1,5$
Cambridge	$2,76 \pm 0,01$	$1,98 \pm 0,04$	$1,64 \pm 0,03$	$4,55 \pm 0,08$	$582,0 \pm 0,5$
	$3,12 \pm 0,03$	$1,88 \pm 0,01$	$1,75 \pm 0,05$	$4,51 \pm 0,08$	$575,4 \pm 1,5$
Vals Katuni	$8,39 \pm 0,11$	$3,18 \pm 0,02$	$1,57 \pm 0,02$	$4,98 \pm 0,11$	$722,9 \pm 1,2$
	$5,12 \pm 0,05$	$2,03 \pm 0,03$	$1,69 \pm 0,01$	$5,05 \pm 0,10$	$308,7 \pm 1,4$
Baltik Blue	$5,86 \pm 0,04$	$2,36 \pm 0,04$	$1,59 \pm 0,01$	$4,17 \pm 0,03$	$690,2 \pm 4,9$
	$3,94 \pm 0,03$	$0,57 \pm 0,01$	$1,59 \pm 0,06$	$5,40 \pm 0,12$	$418,6 \pm 1,8$
Mandy Morse	$4,48 \pm 0,05$	$2,45 \pm 0,05$	$1,60 \pm 0,02$	$4,25 \pm 0,04$	$534,7 \pm 4,5$
	$3,59 \pm 0,04$	$1,98 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,06$	$4,85 \pm 0,15$	$822,8 \pm 2,1$
<i>Iris sibirica</i>	$4,49 \pm 0,01$	$1,96 \pm 0,01$	$2,27 \pm 0,03$	$5,20 \pm 0,17$	$357,7 \pm 2,0$
	$6,14 \pm 0,07$	$2,66 \pm 0,03$	$1,49 \pm 0,04$	$3,99 \pm 0,02$	$503,3 \pm 1,3$

Примечание. В числителе данные за 2020 г., в знаменателе – за 2021 г.

Table 1  
The content of biologically active substances in the flowers of *Iris sibirica* and its varieties during the flowering period of 2020–2021 in Central Siberian Botanical Garden

Variety, species	Tannins, %	Flavonols, %	Pectins, %	Protopectins, %	Catechins, mg%
Blue Cup	$4.98 \pm 0.01$	$2.54 \pm 0.04$	$1.91 \pm 0.05$	$4.00 \pm 0.14$	$210.7 \pm 6.8$
	$6.05 \pm 0.08$	$2.54 \pm 0.04$	$2.56 \pm 0.02$	$4.55 \pm 0.02$	$119.6 \pm 6.4$
Fialcovy	$8.56 \pm 0.06$	$2.73 \pm 0.06$	$2.31 \pm 0.06$	$5.13 \pm 0.02$	$428.3 \pm 5.6$
	$5.37 \pm 0.05$	$2.50 \pm 0.01$	$2.50 \pm 0.05$	$5.48 \pm 0.07$	$195.0 \pm 3.6$
Kassandra	$3.05 \pm 0.04$	$1.65 \pm 0.01$	$1.62 \pm 0.01$	$4.43 \pm 0.04$	$560.9 \pm 1.1$
	$4.13 \pm 0.03$	$1.54 \pm 0.01$	$1.81 \pm 0.02$	$4.65 \pm 0.05$	$215 \pm 1.5$
Cambridge	$2.76 \pm 0.01$	$1.98 \pm 0.04$	$1.64 \pm 0.03$	$4.55 \pm 0.08$	$582.0 \pm 0.5$
	$3.12 \pm 0.03$	$1.88 \pm 0.01$	$1.75 \pm 0.05$	$4.51 \pm 0.08$	$575.4 \pm 1.5$
Vals Katuni	$8.39 \pm 0.11$	$3.18 \pm 0.02$	$1.57 \pm 0.02$	$4.98 \pm 0.11$	$722.9 \pm 1.2$
	$5.12 \pm 0.05$	$2.03 \pm 0.03$	$1.69 \pm 0.01$	$5.05 \pm 0.10$	$308.7 \pm 1.4$
Baltik Blue	$5.86 \pm 0.04$	$2.36 \pm 0.04$	$1.59 \pm 0.01$	$4.17 \pm 0.03$	$690.2 \pm 4.9$
	$3.94 \pm 0.03$	$0.57 \pm 0.01$	$1.59 \pm 0.06$	$5.40 \pm 0.12$	$418.6 \pm 1.8$
Mandy Morse	$4.48 \pm 0.05$	$2.45 \pm 0.05$	$1.60 \pm 0.02$	$4.25 \pm 0.04$	$534.7 \pm 4.5$
	$3.59 \pm 0.04$	$1.98 \pm 0.01$	$1.27 \pm 0.06$	$4.85 \pm 0.15$	$822.8 \pm 2.1$
<i>Iris sibirica</i>	$4.49 \pm 0.01$	$1.96 \pm 0.01$	$2.27 \pm 0.03$	$5.20 \pm 0.17$	$357.7 \pm 2.0$
	$6.14 \pm 0.07$	$2.66 \pm 0.03$	$1.49 \pm 0.04$	$3.99 \pm 0.02$	$503.3 \pm 1.3$

\*Note. Numerator for 2020, denominator for 2021.

Содержание биологически активных веществ в листьях *Iris sibirica* и его сортов в период цветения 2021 г. в ЦСБС

Сорт, вид	Танины, %	Флавонолы, %	Пектины, %	Протопектины, %	Катехины, мг%
Blue Cup	8,36 ± 0,10	3,04 ± 0,05	0,26 ± 0,01	3,58 ± 0,04	703,0 ± 2,0
Fialcovy	15,75 ± 0,21	5,71 ± 0,05	0,31 ± 0,01	3,16 ± 0,15	135,8 ± 4,0
Kassandra	10,69 ± 0,11	3,48 ± 0,04	0,19 ± 0,01	3,22 ± 0,03	1098,2 ± 1,7
Cambridge	4,00 ± 0,05	2,00 ± 0,01	0,26 ± 0,01	3,79 ± 0,11	701,2 ± 2,2
Vals Katuni	11,07 ± 0,13	2,81 ± 0,02	0,42 ± 0,01	3,21 ± 0,02	718,7 ± 1,0
Baltik Blue	8,18 ± 0,08	2,25 ± 0,03	0,21 ± 0,00	2,80 ± 0,14	862,7 ± 1,6
Mandy Morse	10,86 ± 0,12	2,87 ± 0,03	0,36 ± 0,01	2,72 ± 0,01	846,6 ± 0,9
<i>Iris sibirica</i>	12,06 ± 0,01	2,37 ± 0,02	0,84 ± 0,02	3,13 ± 0,07	640,0 ± 1,8

Table 2

The content of biologically active substances in the leaves of *Iris sibirica* and its varieties during the flowering period of 2021 in Central Siberian Botanical Garden

Variety, species	Tannins, %	Flavonols, %	Pectins, %	Protopectins, %	Catechins, mg%
Blue Cup	8.36 ± 0.10	3.04 ± 0.05	0.26 ± 0.01	3.58 ± 0.04	703.0 ± 2.0
Fialcovy	15.75 ± 0.21	5.71 ± 0.05	0.31 ± 0.01	3.16 ± 0.15	135.8 ± 4.0
Kassandra	10.69 ± 0.11	3.48 ± 0.04	0.19 ± 0.01	3.22 ± 0.03	1098.2 ± 1.7
Cambridge	4.00 ± 0.05	2.00 ± 0.01	0.26 ± 0.01	3.79 ± 0.11	701.2 ± 2.2
Vals Katuni	11.07 ± 0.13	2.81 ± 0.02	0.42 ± 0.01	3.21 ± 0.02	718.7 ± 1.0
Baltik Blue	8.18 ± 0.08	2.25 ± 0.03	0.21 ± 0.00	2.80 ± 0.14	862.7 ± 1.6
Mandy Morse	10.86 ± 0.12	2.87 ± 0.03	0.36 ± 0.01	2.72 ± 0.01	846.6 ± 0.9
<i>Iris sibirica</i>	12.06 ± 0.01	2.37 ± 0.02	0.84 ± 0.02	3.13 ± 0.07	640.0 ± 1.8

Для катехинов характерно высокое их содержание (в 1,5–2,6 раза) в теплый вегетационный период 2020 г. у всех сортов. Причем у сорта Cambridge отмечены относительно стабильные показания содержания катехинов в цветках (575,4–582,0 мг%). У сорта Mandy Morse и *I. sibirica* наблюдали увеличение содержания катехинов в цветках в сухой период 2021 г. в 1,4–1,5 раза. Однако установлено, что в листьях в 2021 г. содержание катехинов было высоким в 5,0–6,3 раза, чем в цветках, особенно у сортов Kassandra и Blue Cup, средними показателями (увеличение в 2,0–2,3 раза) отличались сорта Baltik Blue и Vals Katuni. Незначительно выше в листьях (в 1,2–1,4 раза), чем в цветках, отмечено содержание катехинов у Fialcovy, Cambridge, Mandy Morse и *I. sibirica*.

Сравнивая показания содержания вторичных метаболитов относительно сортов, можно выделить сорта Fialcovy и Vals Katuni с наиболее высоким количеством танинов в цветках: 8,39–8,56 % в 2020 г. и 5,12–5,37 % в 2021 г. Высоким содержанием флавонолов (2,73–3,10 %) отличались цветки этих же сортов. По количеству содержания пектинов (2,31–2,50 %) и протопектинов (5,13–5,48 %) выделен сорт Fialcovy, по катехинам (534,7–822,8 мг%) – сорта Cambridge, Vals Katuni, Baltik Blue, Mandy Morse. Показания этих же биологически активных веществ в цветках *Iris sibirica* занимают промежуточное положение в количественном соотношении относительно сортов.

Содержание вторичных метаболитов в листьях исследованных интродуцентов показало, что наибольшее количество танинов отмечено у сортов Fialcovy (15,75 %) и *I. sibirica* (12,06 %) с наименьшим значением у Cambridge (4,00 %). Флавонолов в листьях сорта Fialcovy (5,71 %) также было в 1,5–2,0 раза больше, чем у других сортов. Что касается результатов по содержанию в листьях пектинов, то их в 2–4 раза больше у культивируемого дикорастущего вида *I. sibirica* (0,84 %). Однако при сравнении их содержания у изученных сортов наибольшее значение наблюдали у сорта Vals Katuni (0,42 %). Концентрация протопектинов в листьях выше в 3,7 раза, в 10,0 раз, в 13,3 раза, в 13,7 раза, в 14,5 раза, в 16,9 раза соответственно у *I. sibirica*, Fialcovy, Baltik Blue, Blue Cup, Cambridge, Kassandra. Причем у сортов Mandy Morse и Vals Katuni содержание протопектинов в листьях, наоборот, было в 1,3 меньше, чем пектинов. Самым высоким содержанием катехинов (1098,2 мг%) отличались листья сорта Kassandra – в 8,1 раза выше, чем у сорта Fialcovy, и в 1,3–1,5 раза, чем у других сортов и *I. sibirica*.

Установлено, что в цветках концентрация каротиноидов изменялась от 5,7 мг% (сорт Blue Cup) до 9,4 мг% (сорт Baltik Blue). Причем у *I. sibirica* эти показания занимали положение среди сортов со значением 5,8 мг%, близки к сортам Blue Cup, Cambridge, Fialcovy. Достоверное отличие (в 1,4–1,6 раза) отмечено в цветках сортов Mandy Morse и Baltik Blue, имеющих наибольшее значение

(рис. 2). В листьях всех сортов содержание каротиноидов было значительно выше (в 2,6–9,5 раза), чем в цветках. Так, наибольшими показаниями отличались листья сорта Fialcovy (61,4 мг%). Наименьшие результаты получены у сорта Baltik Blue (24,9 мг%) и *I. sibirica* (29,9 мг%). У остальных сортов концентрация каротиноидов находилось в пределах 35,1–49,4 мг% (рис. 3).

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

Таким образом, при культивировании сортов из группы сибирских ирисов биологически активные вещества, влияющие на адаптивную реакцию растений, обеспечивают устойчивый фенотип с широкой нормой реакции морфобиохимических показателей на неблагоприятные и крайне экстремальные весенне-летние условия лесостепной зоны Западной Сибири. Поэтому их накопление в листьях и цветках происходило неоднозначно. Так, в результате сравнительного анализа вторичных метаболитов в надземных органах ирисов установлено высокое содержание в листьях танинов (в 1,3–3,2 раза), флавоноидов (в 1,5–4,6 раза), ка-

техинов (в 5,0–6,3 раза), каротиноидов (в 2,6–9,5 раза) по сравнению с цветками за вегетационный период 2021 г. Однако в цветках сортов и *I. sibirica* содержание пектинов было выше в 3,5–9,5 раза и протопектинов в 1,2–1,9 раза, чем в листьях. Наиболее высокими показаниями в листьях по отдельным компонентам отличались: по танинам – Fialcovy, *I. sibirica*; флавоноидам и каротиноидам – Fialcovy; пектинам – Vals Katuni, *I. sibirica*; протопектинам – Cambridge; катехинам – Kassandra.

В результате проведенного исследования можно утверждать, что генеративные органы семи сортов из группы Сибирских ирисов и *I. sibirica* в целом также богаты содержанием биологически активных веществ. Сравнительный анализ полученных результатов в течение двух лет показал, что в цветках танины составляют от 2,76 % (Cambridge) до 8,56 % (Fialcovy); флавонолы – от 0,57 % (Baltik Blue) до 2,73 % (Fialcovy); пектины – от 1,27 % (Mandy Morse) до 2,56 % (Blue Cup); протопектины – от 4,00 % (Blue Cup) до 5,48 % (Fialcovy); катехины – от 119,6 мг% (Blue Cup) до 822, 8 мг%

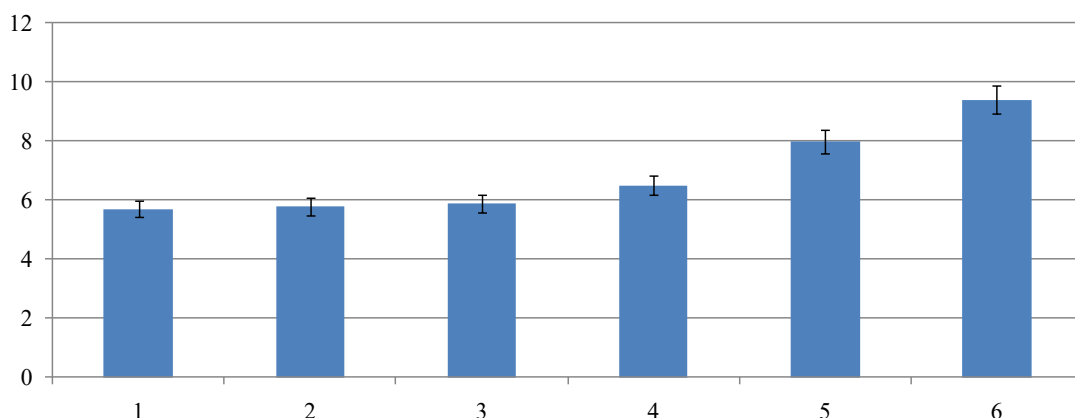


Рис. 2. Содержание каротиноидов (мг%) в цветках:  
 1 – Blue Cup, 2 – Cambridge, 3 – Iris sibirica, 4 – Fialcovy, 5 – Mandy Morse, 6 – Baltik Blue  
 Fig. 2. Content of carotenoids (mg%) in flowers of *Iris sibirica* varieties:  
 1 – Blue Cup, 2 – Cambridge, 3 – Iris sibirica, 4 – Fialcovy, 5 – Mandy Morse, 6 – Baltik Blue

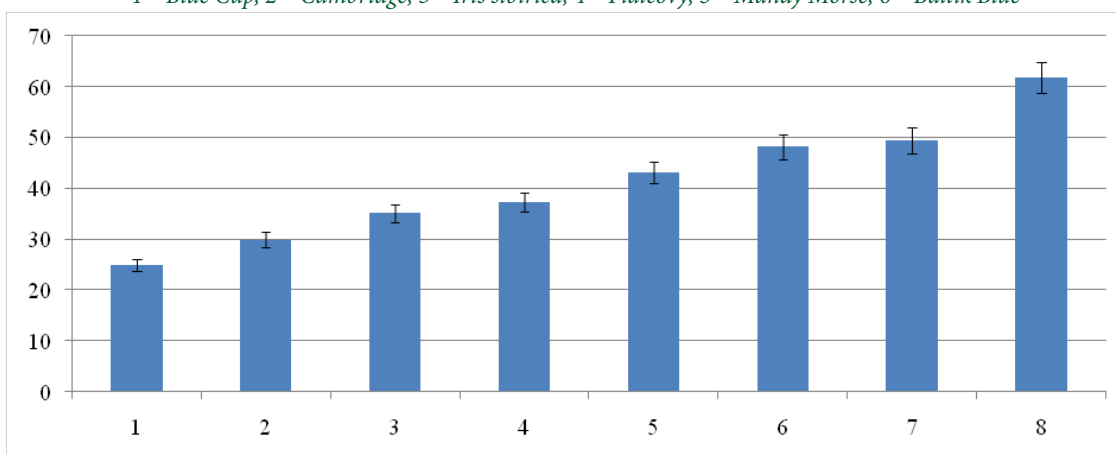


Рис. 3. Содержание каротиноидов (мг%) в листьях: 1 – Baltik Blue, 2 – Iris sibirica, 3 – Cambridge, 4 – Blue Cup, 5 – Mandy Morse, 6 – Vals Katuni, 7 – Kassandra, 8 – Fialcovy  
 Fig. 3. The content of carotenoids (mg%) in leaves: 1 – Baltik Blue, 2 – Iris sibirica, 3 – Cambridge, 4 – Blue Cup, 5 – Mandy Morse, 6 – Vals Katuni, 7 – Kassandra, 8 – Fialcovy

(Mandy Morse); каротиноиды – от 5,7 мг% (Blue Cup) до 9,4 мг% (Baltik Blue). Показания данных веществ в цветках *I. sibirica* входят в этот диапазон, занимая средние значения между сортами. Среди них выделяются сорта с высоким и средним их содержанием. Высоким содержанием танинов, флавонолов, протопектинов отличался раннецветущий сорт Fialcovy с темно-фиолетовыми цветками; пектинов – среднецветущий сорт Blue Cup с темно-фиолетовыми цветками; катехинов – раннецветущий сорт Mandy Morse с голубыми цветками; каротиноидов – среднецветущий сорт Baltik Blue с бордово-фиолетовыми цветками. Повышенная концентрация катехинов, представляющих полифенольные соединения, обладающих противомикробным действием, и флавонолов оказывает влияние на устойчивость данных сортов к болезням в период вегетации, что способствует их адаптации в условиях возделывания. Известно, что фенольным соединениям отводится большая роль в метаболизме растений как одному из факторов экологической пластичности и адаптивной изменчивости к условиям среды. Поэтому количество флавонолов в цветках сортов Blue Cup, Fialcovy, Kassandra, Cambridge отличалось стабильностью как в умеренно-увлажненном (2020 г.), так и в засушливом (2021 г.) сезонных периодах вегетации. Наличие танинов как источника дубильных веществ и каротиноидов в цветках и листьях, оказывающих антиоксидантное действие, дает возможность использования растительного сырья в лекарственных целях. Повышенное содержание пектинов и протопектинов в цветках служит влагоудерживающим агентом для усиления тургора в лепестках цветков в период массового цветения сорта, одновременно оберегая их от солнечных ожогов, сохраняя и увеличивая продолжительность

декоративного эффекта. Следует отметить, что по генотипу сорта имеют близкородственную связь с *I. sibirica*, которая проявляется в пределах нормы в количественном соотношении наличия вторичных метаболитов в надземных органах изученных растений. Особенно это отмечено в одинаковом уровне танинов и пектинов в листьях данного вида с сортами Fialcovy и Vals Katuni. Однако присутствует индивидуальная специфичность в распределении данных компонентов в цветках и листьях сортов Сибирских ирисов и *I. sibirica*. Варьирование некоторых биохимических показателей, таких как катехины и танины, связано с гидро- и теплообеспеченностью вегетационных периодов 2020–2021 гг. в период их роста и развития в лесостепной зоне Новосибирской области. Таким образом, механизмы адаптации у исследованных интродуцентов проявляются на биохимическом уровне количественного содержания изученных компонентов в листьях и цветках. В целом сорта сибирских ирисов и *I. sibirica* адаптированы и проявляют лабильность в биохимических механизмах устойчивости, обладают декоративностью и рекомендованы для широкого использования в озеленении данного региона.

#### Благодарности (Acknowledgements)

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

Автор благодарен старшему научному сотруднику лаборатории фитохимии ЦСБС СО РАН Т. А. Кукушкиной за проведение анализов по содержанию биологически активных веществ.

#### Библиографический список

1. Kostić A. Ž., Gašić U. M., Pešić M. B., Stanojević S. P., Barać M. B., Mačukanović-Jocić M. P., Avramov S. N., Tešić Ž. L. Phytochemical analysis and total antioxidant capacity of rhizome, above-ground vegetative parts and flower of three *Iris* species // Chemistry & Biodiversity. 2019. Vol. 16 (3). Article number 1800565. DOI: 10.1002/cbdv.201800565.
2. Антипова Е. А., Лейтес Е. А. Определение содержания ксантонов и элементного состава надземной части и экстракта *Iris lactea* Pall. // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 189–196. DOI: 10.14258/jcrpm.2019024011.
3. Седельникова Л. Л., Кукушкина Т. А. Содержание некоторых групп соединений в листьях и корневищах *Iris hybrida hort.* сорт Coronation // Химия растительного сырья. 2018. № 2. С. 131–136. DOI: 10.14258/jcrpm.2018023476.
4. Tešić Ž. L. Phytochemical analysis and total antioxidant capacity of rhizome, above-ground vegetative parts and flower of three *Iris* species // Chemistry & Biodiversity. 2019. Vol. 16 (3). Article number e1800565. DOI: 10.1002/cbdv.201800565.
5. Liu Q. Q., Zhang Y. X., Wang Y. J., Wang W. L., Gu C. S., Huang S. Z., Yuan H. Y., Dhankher O. P. Quantitative proteomic analysis reveals complex regulatory and metabolic response of *Iris lactea* Pall. var. chinensis to cadmium toxicity // Journal of Hazardous Materials. 2020. Vol. 400. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123165.
6. Goldblatt P. Phylogeny and classification of the Iridaceae and the relationships of *Iris* // Annali di Botanica. 2000. Vol. 58. Pp. 13–28. DOI: 10.4462/annbotm-9059.



7. Лужанин В. Г., Уэйли А. К., Понкратова А. О., Жохова Е. В., Зингалюк М. А., Пряхина Н. И. Касатик молочно-белый (*Iris lactea* Pall.) – перспективный источник биологически активных веществ // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 5–17. DOI: 10.14258/jcprm.2021038890.
8. Khatib S., Faraloni C., Bouissane L. Exploring the Use of *Iris* Species: Antioxidant Properties, Phytochemistry, Medicinal and Industrial Applications // Antioxidants. 2022. Vol. 11 (3). Article number 526. DOI: 10.3390/antiox11030526.
9. Аскерова Л. А. Экологическая валентность некоторых видов ирисов западной части Азербайджана // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 10. С. 50–55. DOI: 10.33619/2414-2948/47/06.
10. Бекшенева Л. Ф., Реут А. А. Водный режим некоторых представителей рода *Iris* при интродукции на Южном Урале // Экосистемы. 2020. № 22. С. 82–89. DOI: 10.37279/2414-4738-2020-22-82-89.
11. Kryuhova A., Mustafina A. N., Abramova L. On the rare species biology of the genus *Iris* L. in culture and natural habitats in the South Urals // BIO Web Conferences. 2020. Vol. 24. International Conference “Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept”. Article number 00046. DOI: 0.1051/bioconf/20202400046.
12. Vronskaya O., Tsandekova O. Analyses of morphobiochemical characteristics of the *Iris* genus within of conditions of the Kuzbass botanic garden // BIO Web. Conferences. 2020. Vol. 24. International Conference “Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept”. Article number 00097. DOI: 10.1051/bioconf/20202400097.
13. Реут А. А., Бекшенева Л. Ф. Сравнительная оценка эколого-физиологических особенностей видов рода *Iris* // Вестник КрасГАУ. 2021. № 7. С. 35–42. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-35-42.
14. Aukhadieva E., Kalashnik N., Ishbirdin A. Discussion of some taxonomy issues of species of the genus *Iris* L. based of biomorphological and karyological characteristics // BIO Web Conferences. 2021. Vol. 254. International Conference and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues Achievements and Innovations”. Article number 06008. DOI: 10.1051/e3sconf/202125406008.
15. Tsandekova O., Vronskaya O. Appraisal of perspectivity of growing of decorative perennials of genus *Iris* L. for introduction // BIO Web Conferences. 2021. Vol. 31. VI International Scientific Conference “Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions”. Article number 00028. DOI: 10.1051/bioconf/20213100028.
16. Реут А. А., Бекшенева Л. Ф. Токсиканты I класса опасности в декоративных травянистых многолетников // Таврич. Вестник Аграрной науки. 2022. № 1 (22). С. 132–144.
17. Бекшенева Л. Ф., Реут А. А. Итоги изучения карликовых бородатых ирисов при интродукции в Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 71. С. 29–35. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-71-29-35.
18. Долганова З. В. Перспективные сорта ириса *Spuria* для условий лесостепи Алтайского края // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 70. С. 28–37. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-70-28-37.
19. Сорокопудова О. А. Формирование гибридного фонда травянистых декоративных многолетников в ФГБНУ ВСТИСП // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 71. С. 139–144. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-71-139-144.
20. Миронова Л. Н., Калинкина В. Н. Репродуктивные особенности Дальневосточных видов рода *Iris* (*Iridaceae*) в условиях *ex situ* // Растительные ресурсы. 2022. Т. 58. № 3. С. 244–253.
21. Седельникова Л. Л. Сортимент, сезонное развитие и размножение карликовых ирисов на юге Новосибирской области // Вестник КрасГУ. 2022. № 2. С. 70–78. DOI: 10.3618/1819-4036-2022-2-70-78.
22. Седельникова Л. Л., Цандекова О. Л. Оценка содержания биологически активных веществ и химических элементов в листьях хост и ириса гибридного в зеленых насаждениях Новосибирской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22. Вып. 4. С. 419–426. DOI: 10.18500/1816-9775-2022-22-4-419-426.
23. Седельникова Л. Л. Морфобиологическая характеристика сорта *Iris ensata* ‘Василий Алферов’ на юге Западной Сибири // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2023. № 1 (45). С. 19–30. DOI: 10.32516/2303-9922.2023.45.2.
24. Долганова З. В. Изучение сортов ириса класса «Сибирские» в условиях лесостепи Алтайского края // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. Вып. 65. С. 40–47.
25. Слепченко Н.А., Шошина Е.И. К вопросу о разработке методики оценки сортов ириса сибирского (*I. sibirica*) для использования их в озеленении // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 67. С. 64–72. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-67-64-72.
26. Долганова З. В. Селекционные достижения по сибирским ирисам на юге Западной Сибири // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 71. С. 132–139. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-71-132-139.
27. Шошина Е. И., Слепченко Н. А. Новые сорта ириса сибирского в коллекции Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 69. С. 89–96. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-69-89-96.



28. Седельникова Л. Л. Сезонное развитие сибирских ирисов в лесостепной зоне Новосибирской области // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2020. № 3 (35). С. 42–52. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.35.4.

29. Слепченко Н. А., Слепченко К. В. Изучение декоративности сортообразцов *Iris sibirica* в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. 2020. № 75. С. 28–33. DOI: 10.31360/2225-3068-2020-75-28-33.

30. Седельникова Л. Л., Кукушкина Т. А. Биологически активные и запасные вещества в вегетативных органах *Нemerocallis hybrida* сорта Vambery Crismas // Химия растительного сырья. 2022. № 1. С. 153–160. DOI: 10.14258/jcprm.2022019544.

#### Об авторе:

Людмила Леонидовна Седельникова<sup>1</sup>, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции декоративных растений, ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902; +7 913 472-19-77, [lusedelnikova@yandex.ru](mailto:lusedelnikova@yandex.ru)

<sup>1</sup>Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

#### References

1. Kostić A. Ž., Gašić U. M., Pešić M. B., Stanojević S. P., Barać M. B., Mačukanović-Jocić M. P., Avramov S. N., Tešić Ž. L. Phytochemical analysis and total antioxidant capacity of rhizome, above-ground vegetative parts and flower of three *Iris* species // Chemistry & Biodiversity. 2019. Vol. 16 (3). Article number 1800565. DOI: 10.1002/cbdv.201800565.

2. Antipova E. A., Leytes E. A. Opredeleniye sodержaniya ksantonov i elementnogo sostava nadzemnoy chasti i ekstrakta *Iris lactea* Pall. [Determination of xanthones content and elemental composition of the aerial part and extract of *Iris lactea* Pall.] // Chemistry of plant raw materials. 2019. No. 2. Pp. 189–196. DOI: 10.14258/jcprm.2019024011. (In Russian.)

3. Sedel'nikova L. L., Kukushkina T. A. Soderzhaniye nekotorykh grupp soedineniy v list'yakh i kornevishchakh *Iris hybrida* hort. sort Coronation [The content of some groups of compounds in the leaves and rhizomes of *Iris hybrida* hort. variety Coronation] // Chemistry of plant raw materials. 2018. No. 2. Pp. 131–136. DOI: 10.14258/jcprm.2018023476. (In Russian.)

4. Tešić Ž. L. Phytochemical analysis and total antioxidant capacity of rhizome, above-ground vegetative parts and flower of three *Iris* species // Chemistry & Biodiversity. 2019. Vol. 16 (3). Article number e1800565. DOI: 10.1002/cbdv.201800565.

5. Liu Q. Q., Zhang Y. X., Wang Y. J., Wang W. L., Gu C. S., Huang S. Z., Yuan H. Y., Dhankher O. P. Quantitative proteomic analysis reveals complex regulatory and metabolic response of *Iris lactea* Pall. var. chinensis to cadmium toxicity // Journal of Hazardous Materials. 2020. Vol. 400. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123165.

6. Goldblatt P. Phylogeny and classification of the Iridaceae and the relationships of *Iris* // Annali di Botanica. 2000. Vol. 58. Pp. 13–28. DOI: 10.4462/annbotm-9059.

7. Luzhanin V. G., Ueyli A. K., Ponkratova A. O., Zhokhova E. V., Zingalyuk M. A., Pryakhina N. I. Kasatik molochno-belyy (*Iris lactea* Pall.) – perspektivnyy istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv [Milky white iris (*Iris lactea* Pall.) – a promising source of biologically active substances] // Chemistry of plant raw materials. 2021. No. 3. Pp. 5–17. DOI: 10.14258/jcprm.2021038890. (In Russian.)

8. Khatib S., Faraloni C., Bouissane L. Exploring the Use of *Iris* Species: Antioxidant Properties, Phytochemistry, Medicinal and Industrial Applications // Antioxidants. 2022. Vol. 11 (3). Article number 526. DOI: 10.3390/antiox11030526.

9. Askerova L. A. Ekologicheskaya valentnost' nekotorykh vidov irisov zapadnoy chasti Azerbaydzhana [Ecological valence of some species of irises in the western part of Azerbaijan] // Bulletin of science and practice. 2019. Vol. 5. No. 10. Pp. 50–55. DOI: 10.33619/2414-2948/47/06. (In Russian.)

10. Beksheneva L. F., Reut A. A. Vodnyy rezhim nekotorykh predstaviteley roda *Iris* pri introduktsii na Yuzhnom Urals [Water regime of some representatives of the genus *Iris* during introduction in the Southern Urals] // Ecosystems. 2020. No. 22. Pp. 82–89. DOI: 10.37279/2414-4738-2020-22-82-89. (In Russian.)

11. Kryuhova A., Mustafina A. N., Abramova L. On the rare species biology of the genus *Iris* L. in culture and natural habitats in the South Urals // BIO Web Conferences. 2020. Vol. 24. International Conference “Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept”. Article number 00046. DOI: 10.1051/bioconf/20202400046.

12. Vronskaya O., Tsandekova O. Analyses of morphobiochemical characteristics of the *Iris* genus within of conditions of the Kuzbass botanic garden // BIO Web Conferences. 2020. Vol. 24. International Conference “Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept”. Article number 00097. DOI: 10.1051/bioconf/20202400097.

13. Reut A. A., Beksheneva L. F. Sravnitel'naya otsenka ekologo-fiziologicheskikh osobennostey vidov roda *Iris* [Comparative assessment of the ecological and physiological characteristics of species of the genus *Iris*] // Vestnik KrasGAU. 2021. No. 7. Pp. 35–42. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-35-42. (In Russian.)
14. Aukhadieva E., Kalashnik N., Ishbirdin A. Discussion of some taxonomy issues of species of the genus *Iris* L. based of biomorphological and karyological characteristics // BIO Web Conferences. 2021. Vol. 254. International Conference and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues Achievements and Innovations”. Article number 06008. DOI: 10.1051/e3sconf/202125406008.
15. Tsandekova O., Vronskaya O. Appraisal of perspectivity of growing of decorative perennials of genus *Iris* L. for introduction // BIO Web Conferences. 2021. Vol. 31. VI International Scientific Conference “Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions”. Article number 00028. DOI: 10.1051/bioconf/20213100028.
16. Reut A. A., Beksheneva L. F. Toksikanty I klassa opasnosti v dekorativnykh travyanistykh mnogoletnikov [Hazard class I toxicants in ornamental herbaceous perennials] // Tavrich. Bulletin of Agrarian Science. 2022. No. 1 (22). Pp. 132–144. (In Russian.)
17. Beksheneva L. F., Reut A. A. Itogi izucheniya karlikovykh borodatykh irisov pri introduktsii v Yuzhno-Ural'skiy botanicheskiy sad-institut UFITS RAN [Results of the study of dwarf bearded irises when introduced into the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ural Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences] // Subtropical and ornamental horticulture. 2019. No. 71. Pp. 29–35. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-71-29-35. (In Russian.)
18. Dolganova Z. V. Perspektivnyye sorta irisa *Spuria* dlya usloviy lesostepi Altayskogo kraya [Promising varieties of iris *Spuria* for the conditions of the forest-steppe of the Altai Territory] // Subtropical and ornamental horticulture. 2019. No. 70. Pp. 28–37. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-70-28-37. (In Russian.)
19. Sorokopudova O.A. Formirovaniye gibridnogo fonda travyanistykh dekorativnykh mnogoletnikov v FGBNU VSTISP [Formation of a hybrid fund of herbaceous ornamental perennials in All-Russian Breeding and Technological Institute of Horticulture and Nursery Breeding] // Subtropical and ornamental horticulture. 2019. No. 71. Pp.139–144. doi: 10.31360/2225-3068-2019-71-139-144 (In Russian.)
20. Mironova L. N., Kalinkina V. N. Reproduktivnyye osobennosti Dal'nevostochnykh vidov roda *Iris* (*Iridaceae*) v usloviyakh *ex situ* [Reproductive features of the Far Eastern species of the genus *Iris* (*Iridaceae*) in *ex situ* conditions] // Plant resources. 2022. Vol. 58. No. 3. Pp. 244–253. (In Russian.)
21. Sedel'nikova L. L. Sortiment, sezonnoye razvitiye i razmnozheniye karlikovykh irisov na yuge Novosibirskoy oblasti [Assortment, seasonal development and reproduction of dwarf irises in the south of the Novosibirsk region] // Vestnik KrasGU. 2022. No. 2. Pp. 70–78. DOI: 10.3618/1819-4036-2022-2-70-78. (In Russian.)
22. Sedel'nikova L. L., Tsandekova O. L. Otsenka sodержaniya biologicheskii aktivnykh veshchestv i khimicheskikh elementov v list'yakh khost i irisa gibridnogo v zelenykh nasazhdeniyakh Novosibirskoy oblasti [Evaluation of the content of biologically active substances and chemical elements in the leaves of hostas and iris hybridus in green spaces of the Novosibirsk region] // Bulletin of the Saratov University. New episode. Series: Chemistry. Biology. Ecology. 2022. Vol. 22. No. 4. Pp. 419–426. DOI: 10.18500/1816-9775-2022-22-4-419-426. (In Russian.)
23. Sedel'nikova L. L. Morfobiologicheskaya kharakteristika sorta *Iris ensata* ‘Vasiliy Alferov’ na yuge Zapadnoy Sibiri [Morphobiological characteristics of the variety *Iris ensata* ‘Vasily Alferov’ in the south of Western Siberia] // Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. 2023. No. 1 (45). Pp. 19–30. DOI: 10.32516/2303-9922.2023.45.2. (In Russian.)
24. Dolganova Z. V. Izucheniye sortov irisa klassa “Sibirskie” v usloviyakh lesostepi Altayskogo kraya [The study of varieties of iris class “Siberian” in the conditions of the forest-steppe of the Altai Territory] // Subtropical and ornamental horticulture. 2018. No. 65. Pp. 40–47. (In Russian.)
25. Slepchenko N. A., Shoshina E. I. K voprosu o razrabotke metodiki otsenki sortov irisa sibirskogo (*I. sibirica*) dlya ispol'zovaniya ikh v ozelenenii [On the issue of developing a methodology for assessing varieties of Siberian iris (*I. sibirica*) for their use in landscaping] // Subtropical and ornamental horticulture. 2018. No. 67. Pp. 64–72. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-67-64-72. (In Russian.)
26. Dolganova Z. V. Seleksionnyye dostizheniya po sibirskim irisam na yuge Zapadnoy Sibiri [Breeding achievements in Siberian irises in the south of Western Siberia // Subtropical and ornamental horticulture]. 2019. No. 71. Pp. 132–139. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-71-132-139. (In Russian.)
27. Shoshina E. I., Slepchenko N. A. Novyye sorta irisa sibirskogo v kollektsii Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta tsvetovodstva i subtropicheskikh kul'tur [New varieties of Siberian iris in the collection of the All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops] // Subtropical and ornamental horticulture. 2019. No. 69. Pp. 89–96. DOI: 10.31360/2225-3068-2019-69-89-96. (In Russian.)

28. Sedel'nikova L. L. Sezonnoye razvitiye sibirskikh irisov v lesostepnoy zone Novosibirskoy oblasti [Seasonal development of Siberian irises in the forest-steppe zone of the Novosibirsk region] // Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. 2020. No. 3 (35). Pp. 42–52. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.35.4. (In Russian.)

29. Slepchenko N. A., Slepchenko K. V. Izucheniye dekorativnosti sortoobraztsov *Iris sibirica* v usloviyakh vlazhnykh subtropikov Rossii [Study of the decorativeness of *Iris sibirica* varieties in the conditions of humid subtropics of Russia] // Subtropical and decorative horticulture. 2020. No. 75. Pp. 28–33. DOI: 10.31360/2225-3068-2020-75-28-33. (In Russian.)

30. Sedel'nikova L. L., Kukushkina T. A. Biologicheski aktivnyye i zapasnyye veshchestva v vegetativnykh organakh *Hemerocallis hybrida* sorta Bambery Crismas [Biologically active and reserve substances in the vegetative organs of *Hemerocallis hybrida* variety Bambery Crismas] // Chemistry of plant materials. 2022. No. 1. Pp. 153–160. DOI: 10.14258/jcprm.2022019544. (In Russian.)

**Author's information:**

Lyudmila L. Sedelnikova<sup>1</sup>, doctor of biological sciences, senior researcher at the laboratory of introduction of ornamental plants, ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902; +7 913 472-19-77, [lusedelnikova@yandex.ru](mailto:lusedelnikova@yandex.ru)

<sup>1</sup> Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

## Роль аграрного образования в повышении устойчивости развития сельских территорий

Л. А. Калинина<sup>1</sup>, С. В. Труфанова<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, Иркутск, Россия

✉ E-mail: sofya\_trufanova@mail.ru

**Аннотация.** Цель – определение роли аграрного образования в повышении устойчивости развития сельских территорий на основе анализа показателей устойчивости развития этих территорий, обоснованных авторами в предыдущих исследованиях. **Методология и методы.** Для проведения расчетов использовались методы экономико-статистического анализа, такие как наблюдение (сплошное и выборочное), методы группировок, относительных и средних величин и экономическое прогнозирование, а также абстрактно-логический и экспертный методы. **Научная новизна исследования** заключается в обосновании роли аграрного образования в повышении устойчивости развития сельских территорий, способного обеспечить развитие сельскохозяйственного производства, являющегося основной сферой приложения труда в сельской местности, кадрами, обладающими новыми современными цифровыми компетенциями, а также разработки методического подхода к определению перспективной потребности в кадрах конкретных специальностей для сельского хозяйства региона, позволяющего спланировать подготовку и расстановку кадров в соответствии с потребностью в них. Входными параметрами для модели являются количество вакантных мест, кадровый состав сельскохозяйственных предприятий и организаций в соответствии с занимаемыми должностями, возраст работников, стаж работы и уровень образования. **Результаты исследования** состоят в апробации предложенного нами методического подхода на базе самого крупного муниципального образования Иркутской области – Усольского районного муниципального образования, валовое производство сельскохозяйственной продукции которого занимают 1/5 часть в валовом производстве сельскохозяйственной продукции в регионе, и распространении данных выборочного обследования на всю генеральную совокупность. В качестве исходных данных для апробации были использованы сайты Министерства сельского хозяйства Иркутской области (раздел кадровая политика) и службы занятости, а также данные ведомственной статистики.

**Ключевые слова:** аграрное образование, устойчивое развитие, сельские территории, кадры.

**Для цитирования:** Калинина Л. А., Труфанова С. В. Роль аграрного образования в повышении устойчивости развития сельских территорий // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 108–118. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-108-118.

**Дата поступления статьи:** 10.04.2023, **дата рецензирования:** 02.05.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.

## The role of agrarian education in increasing the sustainable development of rural territories

L. A. Kalinina<sup>1</sup>, S. V. Trufanova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

✉ E-mail: sofya\_trufanova@mail.ru

**Abstract. Purpose** is determining the role of agricultural education in improving the sustainability of rural areas development based on the analysis of indicators of sustainable development of these areas, substantiated by the authors in previous studies. **Methodology and methods.** For the calculations, methods of economic and statistical analysis were used, such as (observation (continuous and selective), grouping methods, relative and average values and economic forecasting), as well as abstract-logical and expert methods. **The scientific novelty** of the study revealed the validity of the role of agricultural education in the sustainability of the development of sustainability

of perception, which can manifest itself in the development of agricultural production, which has the main area of application of labor in areas, personnel with observable modern digital competencies. As well as the development of a methodological approach to determining the prospective need for personnel in specific specialties for agriculture in the region, which allows planning the training and placement of personnel in accordance with the need for them. The input parameters for the model are the number of vacancies, the personnel composition of agricultural enterprises and organizations in accordance with the positions held, the age of employees, work experience and level of education. **The results** of the study consist in approbation of the methodological approach proposed by us on the basis of the largest municipality of the Irkutsk region – the Usol'skiy district municipality, the gross agricultural production of which is 1/5 of the gross agricultural production in the region, and the distribution of sample survey data to the entire general totality. The websites of the Ministry of Agriculture of the Irkutsk Region (section of personnel policy) and employment services, as well as data from departmental statistics, were used as initial data for testing.

**Keywords:** agricultural education, sustainable development, rural areas, personnel.

**For citation:** Kalinina L. A., Trufanova S. V. Rol' agrarnogo obrazovaniya v povyshenii ustoychivosti razvitiya sel'skikh territoriy [The role of agrarian education in increasing the sustainable development of rural territories] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 108–118. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-108-118. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 10.04.2023, **date of review:** 02.05.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Необходимость в высококвалифицированных специалистах становится неотъемлемой частью обеспечения продовольственной безопасности страны через устойчивое развитие сельских территорий, что остается одной из ключевых задач современности. Важно проанализировать не только структурные проблемы, сдерживающие устойчивое развитие сельских территорий, но и проблемы развития аграрного образования посредством системного анализа.

В предыдущих исследованиях авторами предложены и обоснованы показатели оценки устойчивости развития сельских территорий, такие как:

- стабилизация численности сельского населения;
- рост доходов сельского населения и наличие иных доходов;
- прирост собственного жилья у сельского населения;
- стабильное энергообеспечение сельского жилища;
- бесперебойная работа интернета и наличие сетевой связи;
- наличие собственного автомобиля;
- наличие маршрутов муниципального транспорта;
- наличие торговых точек;
- развитие сельскохозяйственного производства [6].

Достижение этих показателей позволит снизить механический отток в город сельской молодежи – наиболее трудоспособной части населения, которая может строить семьи, сберечь кадры на селе, приблизиться к устойчивому развитию сельскохозяйственного производства, являющегося основной

сферой приложения труда в сельской местности [6]. В свою очередь, достигнуть этих показателей невозможно без высококвалифицированных кадров. Их роль в решении этой проблемы неоспорима, однако обеспеченность кадрами сельского хозяйства обусловлена вытеснением из конкурентной борьбы значительного числа сельскохозяйственных организаций, снижением привлекательности сельской жизни из-за слаборазвитой социальной инфраструктуры, престижности труда на земле и низкой заработной платой. Поэтому в настоящем исследовании мы остановимся на роли аграрного образования в повышении устойчивости развития сельских территорий.

В современных условиях развитие сельского хозяйства невозможно и без внедрения цифровых технологий во все сферы хозяйственной деятельности, иначе оно становится неконкурентоспособным как на внутренних, так и на внешних рынках. Новые тренды в развитии цифровизации могут дать только специалисты, окончившие программы профессионалитета и высшего образования – программы бакалавриата, специалитета, магистратуры в аграрных образовательных организациях.

К ключевым проблемам аграрного образования относится в первую очередь его непопулярность среди молодежи как среди поступающих на обучение по программам среднего профессионального и высшего образования, так и среди молодых высококвалифицированных ученых и преподавателей, а также невысокий темп осовременивания образовательных программ и низкая практическая ориентация.

Соответствие структуры подготовки кадров долгосрочным потребностям развития региона подробно изучено в трудах Т. Н. Блиновой, А. В. Фе-



дотова, N. Horie, I. Iwasaki [1; 11]; роль аграрного образования в формировании кадрового потенциала как отдельных сельскохозяйственных организаций, так и отрасли в целом, его влияния на конкурентоспособность сельского хозяйства – в трудах Е. В. Бураевой, К. Ивановой, Д. Козловой, П. Петруша, Н. В. Шараповой, N. Rada, W. Liefert, O. Liefert [2; 9; 13; 14]; социально-экономические условия развития человеческого капитала сельских территорий – в трудах С. Г. Головиной, И. Н. Миколайчика, Л. Н. Смирновой, W. Huffman [3; 10]; совершенствование государственной поддержки процесса формирования человеческого потенциала – в трудах С. Щелковникова, И. Кузнецовой, Д. Денисова, О. Пешковой, Я. Малышева [15].

В настоящее время наблюдается нехватка кадров в сельской местности в целом и тем более кадров, готовых работать с цифровыми технологиями. В этой связи перед образовательными организациями ставится не только вопрос о подготовке кадров высшего образования, обладающих ключевыми компетенциями цифровой экономики, но и вопрос, касающийся определения потребности региона в этих кадрах [8].

Прогнозированием потребности в кадрах для экономики региона занимались многие отечественные и зарубежные ученые. В предлагаемых ими методиках принимается во внимание ряд допущений, призванных смягчить признак неопределенности при моделировании экономических процессов (используются различные сценарии прогноза) [4; 5; 7; 12]. В результате реализации таких расчетов, как правило, представлены прогноз структуры занятости населения в экономике региона; прогноз среднегодовой численности занятых в экономике региона, в том числе по видам экономической деятельности, и прогноз дополнительной кадровой потребности (избытка) в экономике. При этом отсутствуют методики определения потребности в кадрах отдельных секторов экономики региона в разрезе конкретных специальностей и направлений подготовки.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Нами предложен методический подход для выявления перспективной потребности в кадрах для сельского хозяйства. Мы исходили из того, что потребность в кадрах значительно выше, чем количество вакантных мест, и, следовательно, анализа показателей, характеризующих рынок труда (уровень вакантности, коэффициент напряженности) будет недостаточно. Также учли, что часть руководящих работников и специалистов, которые, согласно квалификационным требованиям, должны иметь высшее образование, но не имеют его в настоящее время, должны быть включены в учебный процесс. Помимо этого, некоторые работники находятся в предпенсионном или пенсионном возрасте и в бли-

жайшее время могут завершить свою трудовую деятельность. Алгоритм определения потребности в кадрах для сельского хозяйства региона в разрезе конкретных специальностей и направлений подготовки представлен на рис. 1.

На материалах Иркутской области авторами апробирован методический подход к определению потребности в кадрах экономических специальностей для сельского хозяйства региона. В качестве исходных были использованы сайты Министерства сельского хозяйства Иркутской области (раздел «Кадровая политика») и службы занятости, а также данные ведомственной статистики.

#### Результаты (Results)

Расчет потребности в кадрах экономических специальностей для сельского хозяйства региона нами предлагается начать с изучения вакансий на должность бухгалтера, экономиста, заместителя начальника в разрезе муниципальных образований Иркутской области. Вакантные места на эти должности для сельского хозяйства в муниципальных образованиях Иркутской области по состоянию на 01.01.2022 г. представлены в таблице 1.

На 01.01.2022 г. в муниципальных образованиях Иркутской области имеется 22 вакантных места специалистов, требующих экономической подготовки для сельского хозяйства. Стоит обратить внимание на то, что уровень предлагаемой заработной платы в среднем не намного превышает минимальный размер оплаты труда в Иркутской области, установленный с 01.01.2022 г. Поскольку Иркутская область приравнена к районам Крайнего Севера (группы 3 и 4), где действуют 50- и 30-процентная надбавка, с учетом этого размер оплаты труда в Иркутской области должен быть не ниже 15 769 рублей ( $12\ 130 \times 1,3$ ) в южных районах, и 18 195 рублей ( $12\ 130 \times 1,5$ ) – в северных. Так, например, в Жигаловском районе, который относится к северным территориям, предлагаемый уровень заработной платы ниже минимального для этих территорий на 28,55 %.

Далее более углубленный анализ кадрового состава сельского хозяйства продолжен на материалах самого крупного муниципального образования региона – Усольского районного муниципального образования Иркутской области (таблицы 2–5).

В Усольском районном муниципальном образовании трудятся в должности руководителей хозяйств 34 человека, в том числе 52,9 % из них в пенсионном или близком к пенсионному возрасте (таблица 2). В ближайшем будущем эти места могут стать вакантными. В связи с этим необходимо готовить кадровый резерв с учетом компетенций цифровой экономики.

Группировка руководителей хозяйств по стажу работы в Усольском районном муниципальном образовании в 2022 г. представлена в таблице 3.



Рис. 1. Алгоритм определения потребности в кадрах для сельского хозяйства региона в разрезе специальностей и направлений подготовки

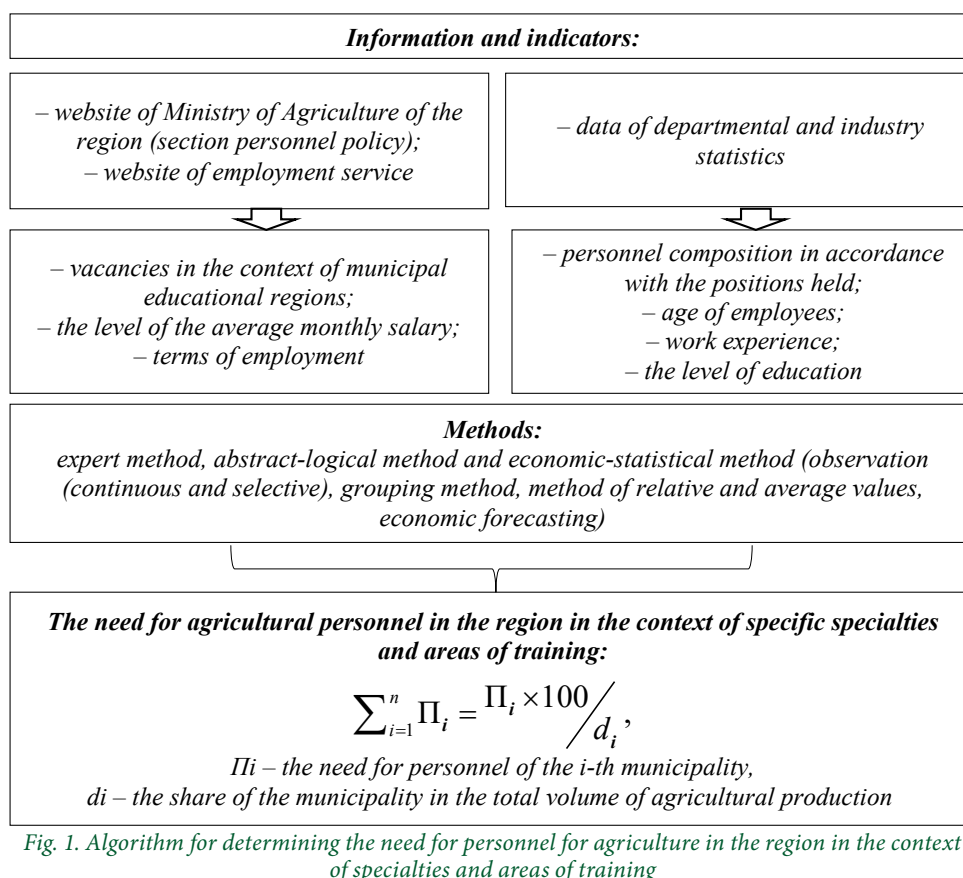


Fig. 1. Algorithm for determining the need for personnel for agriculture in the region in the context of specialties and areas of training

Таблица 1

**Вакантные места на должности экономических специальностей для сельского хозяйства в разрезе муниципальных образований Иркутской области по состоянию (01.01.2022 г.)**

Экономика

Наименование муниципального образования	Наименование хозяйств	Вакансия	Предлагаемая заработная плата, руб.	Наличие жилья
Аларский район	ООО «Нива»	Экономист	25 000	+
		Бухгалтер	25 000	+
Баяндаевский район	СПССПК «ОМА»	Бухгалтер	18 100	+
Боханский район	ОГБУ «Боханская СББЖ»	Заместитель начальника	30 000	+
Жигаловский район	ООО «Рубин»	Бухгалтер	13 000	–
	ООО «Еланское»	Бухгалтер	13 000	–
Зиминский район	ОГБУ «Зиминская СББЖ»	Заместитель начальника	38 153	–
Иркутский район	ОГБУ «Иркутская районная СББЖ»	Ведущий бухгалтер	30 000	–
		Ведущий бухгалтер	23 026	–
		Бухгалтер I категории	21 749	–
Нижнеудинский район	ООО «Широково»	Бухгалтер	20 000	+
	СПКХ «Заря»	Главный бухгалтер	20 000	Аренда
	ИП глава К(Ф)Х Лашманов А. Л.	Бухгалтер	19 000	Аренда
Усольский район	ИП глава К(Ф)Х Лохова Н. А.	Бухгалтер	30 000	–
	ИП глава К(Ф)Х Солнцев Н. И.	Бухгалтер	25 000	+
Усть-Илимский район	ОГБУ «Усть-Илимская СББЖ»	Бухгалтер I категории	23 960	–
Усть-Удинский район	ИП Глава К(Ф)Х Пинигин А. В.	Бухгалтер	от 30 000	+
Черемховский район	ИП глава К(Ф)Х Лохова Н. А.	Бухгалтер	30 000	–
	ОГБУ «Черемховская СББЖ»	Ведущий бухгалтер	18 048	–
Эхирит-Булагатский район	СХЗСППП «Сагаан-Гол»	Бухгалтер	20 000–25 000	–
		Заведующая складом	20 000–25 000	–
		Оператор диспетчерской службы	20 000–25 000	–

Источник: <https://irkobl.ru/sites/agroline/kadry/vacancies>.

Table 1

**Vacancies for the positions of economic specialties for agriculture in the Irkutsk region (01.01.2022)**

Name of the municipality	Name of enterprises	Job vacancy	Wage, ruble	Availability of housing
Alarskiy district	Niva LLC	Economist	25 000	+
		Accountant	25 000	+
Bayandaevskiy district	OMA APC	Accountant	18100	+
Bokhanovskiy district	Bohansk station for the fight against animal diseases RSBI	Deputy Chief	30 000	+
Zhigalovskiy district	Rubin LLC	Accountant	13 000	–
	Elanskoye LLC	Accountant	13 000	–

Ziminskiy district	Ziminskiy station for the fight against animal diseases RSBI	Deputy Chief	38 153	–	
Irkutskiy district	Irkutsk regional station for the fight against animal diseases RSBI	Lead Accountant	30 000	–	
		Lead Accountant	23 026	–	
		1st Category Accountant	21 749	–	
Nizhneudinskiy district	Irkutsk regional station for the fight against animal diseases RSBI	Accountant	20 000	+	
		Zarya APC	Chief Accountant	20 000	Rent
		IE Head of the farm, Lashmanov A. L.	Accountant	19 000	Rent
Usol'skiy district	IE Head of the farm, Lokhova N. A.	Accountant	30 000	–	
		IE Head of the farm, Solntsev N. I.	Accountant	25 000	+
Ust'-Ilimskiy district	RSBI Ust'-Ilim station for the fight against animal diseases	1st Category Accountant	23 960	–	
Ust'-Udinskiy district	IE Head of the farm Pinigin A. V.	Accountant	om 30 000	+	
Cheremkhovskiy district	IE Head of the farm, Lokhova N. A.	Accountant	30 000	–	
		Cheremkhovskaya station for the fight against animal diseases RSBI	Lead Accountant	18 048	–
Ekhirit-Bulagatskiy district	Sagaan-Gol APSPCC	Accountant	20 000-25 000	–	
		Warehouse Manager	20 000-25 000	–	
		Dispatcher Operator	20 000-25 000	–	

Source: <https://irkobl.ru/sites/agroline/kadry/vacancies>.

Таблица 2  
Группировка руководителей хозяйств по возрасту в Усольском районном муниципальном образовании Иркутской области (2022)

Категория хозяйств	Количество, ед.	Должность руководителя в соответствии со свидетельством о регистрации хозяйства	Возраст руководителя, лет	Количество, ед.	Удельный вес, %
Крестьянские (фермерские) хозяйства	18	Глава крестьянского (фермерского) хозяйства	До 30	2	11,1
			30–40	7	38,9
			40–50	2	11,1
			50 и больше	7	38,9
Кооперативы	1	Председатель кооператива	30–40	1	100,0
Сельскохозяйственные предприятия	11	Директор	до 30	0	0,0
			30–40	1	9,1
			40–50	2	18,2
			50 и больше	8	72,7
Руководящие работники и специалисты отдела сельского хозяйства	4	Начальник отдела сельского хозяйства, главный специалист по растениеводству, главный специалист по животноводству, ведущий специалист по учетно-аналитической работе	До 30	0	0,0
			30–40	1	25,0
			40–50	0	0,0
			50 и больше	3	75,0

Table 2  
Grouping of heads of farms by age in the Usol'skiy district municipality of the Irkutsk region (2022)

Category of households	Quantity, units	Position of the head in accordance with the certificate of registration of the farm	Age of the head, years	Quantity, units	Specific weight, %
Peasant (farmer) households	18	Head of a peasant (farm) economy	Up to 30	2	11.1
			30–40	7	38.9
			40–50	2	11.1
			50 and more	7	38.9
Cooperatives	1	Chairman of the cooperative	30–40	1	100.0
Agricultural enterprises	11	Director	Up to 30	0	0.0
			30–40	1	9.1
			40–50	2	18.2
			50 and more	8	72.7
Leading employees and specialists of the department of agriculture	4	Head of the Department of Agriculture, Chief Plant Growing Specialist, Chief Livestock specialist, Leading Specialist	Up to 30	0	0.0
			30–40	1	25.0
			40–50	0	0.0
			50 and more	3	75.0

Таблица 3  
Группировка руководителей хозяйств по стажу работы в Усольском районном муниципальном образовании Иркутской области (2022)

Категория хозяйств	Количество, ед.	Должность руководителя в соответствии со свидетельством о регистрации хозяйства	Стаж работы в отрасли, лет	Количество, ед.	Удельный вес, %
Крестьянские (фермерские) хозяйства	18	Глава крестьянского (фермерского) хозяйства	До 10	15	83,3
			от 10 до 20	2	11,1
			Больше 20	1	5,6
Кооперативы	1	Председатель кооператива	До 10	1	100,0
Сельскохозяйственные предприятия	11	Директор	До 10	2	18,2
			От 10 до 20	1	9,1
			Больше 20	8	72,7
Руководящие работники и специалисты отдела сельского хозяйства	4	Начальник отдела сельского хозяйства, гл. специалист по растениеводству, главный специалист по животноводству, ведущий специалист по учетно-аналитической работе	До 10	2	50,0
			От 10 до 20	0	0,0
			Больше 20	2	50,0

Table 3  
Grouping of farm managers by age in the Usol'skiy district municipality of the Irkutsk region (2022)

Category of households	Quantity, units	Position of the head in accordance with the certificate of registration of the farm	Work experience in the industry, years	Quantity, units	Specific weight, %
Peasant (farmer) households	18	Head of a peasant (farm) economy	Up to 10	15	83.3
			10–20	2	11.1
			20 and more	1	5.6
Cooperatives	1	Chairman of the cooperative	Up to 10	1	100.0
Agricultural enterprises	11	Director	Up to 10	2	18.2
			10–20	1	9.1
			20 and more	8	72.7
Leading employees and specialists of the department of agriculture	4	Head of the Department of Agriculture, Chief Plant Growing Specialist, Chief Livestock Specialist, Leading Specialist	Up to 10	2	50.0
			10–20	0	0.0
			20 and more	2	50.0



## Группировка руководителей хозяйств по уровню образования в Усольском районном муниципальном образовании Иркутской области (2022)

Категории хозяйств	Количество, ед.	Должность руководителя в соответствии со свидетельством о регистрации хозяйства	Образование	Количество, ед.	Удельный вес, %	Из них экономистов, чел.
Крестьянские (фермерские) хозяйства	18	Глава крестьянского (фермерского) хозяйства	Среднее	3	16,7	
			Среднее профессиональное	5	27,8	
			Высшее	10	55,6	3
Кооперативы	1	Председатель кооператива	Высшее	1	100,0	1
Сельскохозяйственные предприятия	11	Директор	Среднее	2	18,2	
			Среднее профессиональное	1	9,0	
			Высшее	8	72,7	2
Руководящие работники и специалисты отдела сельского хозяйства	4	Начальник отдела сельского хозяйства, главный специалист по растениеводству, гл. специалист по животноводству, ведущий специалист по учетно-аналитической работе	Среднее	0	0,0	
			Среднее профессиональное	0	0,0	
			Высшее	4	100,0	1

Table 4  
Grouping of farm managers by level of education in the Usol'skiy district municipality Irkutsk region (2022)

Category of households	Quantity, units	Position of the head in accordance with the certificate of registration of the farm	Education	Quantity, units	Specific weight, %	Of which economists, people
Peasant (farmer) households	18	Head of a Peasant (Farm) Economy	Secondary	3	16.7	
			Secondary vocational	5	27.8	
			Higher	10	55.6	3
Cooperatives	1	Chairman of the cooperative	Higher	1	100.0	1
Agricultural enterprises	11	Director	Secondary	2	18.2	
			Secondary vocational	1	9.0	
			Higher	8	72.7	2
Leading employees and specialists of the department of agriculture	4	Head of the Department of Agriculture, Chief plant growing specialist, Chief Livestock Specialist, Leading Specialist	Secondary	0	0.0	
			Secondary vocational	0	0.0	
			Higher	4	100.0	1

Большинство руководителей хозяйств (32,4 %) по стажу работы попали в группу по стажу более 20 лет.

Группировка руководителей хозяйств по уровню образования в Усольском районном муниципальном образовании в 2019 г. представлена в таблице 4.

Так, глав крестьянских (фермерских) хозяйств с высшим образованием – 55,6 % от общего количества, председателей кооперативов – 100 %, директоров сельскохозяйственных предприятий – 72,7 %,

руководящих работников и специалистов отдела сельского хозяйства – 100 % соответственно.

Согласно квалификационным требованиям, работники, занимающие должности руководителей и специалистов, должны иметь высшее образование.

Анализ численности и состава работников, замещающих должности руководителей и специалистов хозяйств в Усольском районном муниципальном образовании в 2022 г., свидетельствует о том, что по состоянию на 01.01.2022 г. доля работников,

занимающих должности руководителей и специалистов, требующих наличия высшего экономического образования, составляет 61,8% от общего числа руководителей и специалистов, из них 51,2 % имеют высшее образование, 22,2 % – среднее профессиональное образование, 26,6 % не имеют ни высшего, ни среднего профессионального образования. Также, стоит отметить, что на указанных должностях работают лица в возрасте старше 55 лет среди женщин и 60 лет среди мужчин – их доля составляет 16,7% (104 чел.).

Согласно Приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 30.03.2021 г. № 161 н «Об утверждении профессионального стандарта «Экономист предприятия», работники, занимающие следующие должности, должны соответствовать уровням квалификации:

- должности специалистов (например, экономист I категории, экономист II категории, экономист) – 6-й уровень – наличие высшего образования по программе бакалавриата;
- должности руководителя группы, начальника – 7-й уровень – наличие высшего образования по программам специалитета или магистратуры. Данный уровень соответствует квалификации выс-

шего руководства, ответственного за работу крупных организаций или подразделений, поэтому работник должен владеть навыками управления и стратегического планирования.

Далее можно произвести расчет потребности в кадрах экономических специальностей для сельского хозяйства в Иркутской области (таблица 5).

Потребность в кадрах, имеющих высшее образование по направлению 38.03.01 «Экономика» (уровень бакалавриата), на ближайшие пять лет может составить 1626 человек, т. е. в среднем за год стоит принимать на обучение 325 человек. По направлению 38.04.01 «Экономика» (уровень магистратуры) – 479 человек (в среднем за год – 96 человек). Форма обучения может быть как очной, так и заочной.

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

Роль аграрного образования в повышении устойчивости развития сельских территорий велика. В условиях цифровой экономики необходимо менять стратегию подготовки кадров, поэтому предложенный нами методический подход определения перспективной потребности в кадрах для сельского хозяйства на примере экономических специальностей может использоваться и для специальностей и бу-

Таблица 5  
Перспективная потребность в кадрах экономических специальностей для сельского хозяйства Иркутской области (2023–2026)

Направление подготовки (уровень подготовки)	Количество вакантных мест, требующих подготовки по направлению «Экономика»	Количество работников сельского хозяйства региона, уровень квалификации которых не соответствует профстандартам	Количество работников сельского хозяйства региона в предпенсионном и пенсионном возрасте	Итого потребность в кадрах	В среднем на один год
38.03.01 «Экономика» (бакалавриат)	20	1539	67	1626	325
38.04.01 «Экономика» (магистратура)	2	26	451	479	96
Всего:	22	1565	518	2105	421

Table 5  
The need for personnel in economic specialties for agriculture in the Irkutsk region (2023–2026)

Direction of training (level of training)	The number of vacancies requiring training in the field of Economics	The number of agricultural workers in the region whose qualification level does not correspond to professional standards	The number of agricultural workers in the region at pre-retirement and retirement age	Total staffing requirements	On average for one year
38.03.01 "Economics" (undergraduate)	20	1539	67	1626	325
38.04.01 "Economics" (Magistracy)	2	26	451	479	96
Total:	22	1565	518	2105	421

дет востребован в других регионах и отраслях экономики. По нашим расчетам, потребность в кадрах значительно выше, чем количество вакантных мест. Следовательно, в учебный процесс должны быть включены работники, которые, согласно квалификационным требованиям, должны иметь высшее образование, но не имеют его в настоящее время, а также учесть, что некоторые работники находятся в предпенсионном или пенсионном возрасте и в

ближайшее время могут завершить свою трудовую деятельность.

Без решения назревших кадровых проблем в сельском хозяйстве, обеспечения его кадрами, обладающими новыми современными компетенциями, невозможно обеспечить устойчивое развитие сельских территорий, основой экономики которых является развитое сельскохозяйственное производство.

### Библиографический список

1. Блинова Т. Н., Федотов А. В. Проблемы соответствия структуры подготовки кадров долгосрочным потребностям развития региона (на примере Сибирского федерального округа) // Управление образованием: теория и практика. 2020. № 3 (39). С. 19–37. DOI: 10.15826/umpra.2021.02.012 (дата обращения: 06.04.2023).
2. Бураева Е. В. Роль аграрного образования в формировании кадрового потенциала сельскохозяйственных организаций // Вестник аграрной науки. 2019. № 2 (77). С. 96–102.
3. Головина С. Г., Миколайчик И. Н., Смирнова Л. Н. Социально-экономические условия развития человеческого капитала сельских территорий // Аграрный вестник Урала. 2020. № 8 (199). С. 65–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-65-79.
4. Еремеева Н. С. Статистический анализ и прогнозирование потребности экономики в кадрах // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 5. С. 59–66. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-5-59.
5. Иляшевич А. А., Калинина Л. А. Обеспеченность трудовыми ресурсами сельского хозяйства Иркутской области // Экономика и предпринимательство. 2019. № 6 (107). С. 491–495.
6. Калинина Л. А., Труфанова С. В. Методический подход к оценке устойчивости развития сельских территорий // АПК: экономика, управление. 2022. № 4. С. 84–88. DOI: 10.33305/224-84.
7. Петухова М. С., Коваль С. В. Прогноз потребности в высококвалифицированных кадрах аграрного сектора Новосибирской области в условиях нового технологического уклада // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (385). С. 53–56. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_1\_53.
8. Труфанова С. В., Калинина Л. А. Целевое обучение как один из способов решения кадровой проблемы в сельском хозяйстве // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы XI международной научно-практической конференции. Молодежный, 2022. С. 51–58.
9. Шарапова Н. В. Человеческий капитал. Его влияние на конкурентоспособность сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2018. № 10 (177). С. 87–93.
10. Huffman W. Human capital: Education and agriculture Handbook of Agricultural Economics [e-resource] // Handbook of Agricultural Economics / B. Gardner, G. Rausser (Eds.). Amsterdam: Elsevier Science, 2021. Pp. 334–381. URL: <https://ideas.repec.org/h/eee/hagchp/1-07.html> (date of reference: 06.04.2023).
11. Horie N., Iwasaki I. Returns to schooling in European emerging markets: a meta-analysis // Education Economics. 2023. Vol. 31. No. 4. Pp. 102–128. DOI: 10.1080/09645292.2022.2036322.
12. Orlov V., Ivanova T., Brenchagova S., Rumbayeva N. Mathematical modeling of economic factors impact: Reproduction of personnel potential in agriculture sector of Russia (Conference Paper) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 433 (1). Article number 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012012.
13. Petrusha P., Kozlova D., Ivanova K. The human capital: Education and the green economy // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 110. Article number 02074. DOI: 10.1051/e3sconf/201911002074.
14. Rada N., Liefert W., Liefert O. Evaluating agricultural productivity and policy in Russia // Journal of Agricultural Economics. 2020. Vol. 71 (1). Pp. 96–117. DOI: 10.1111/1477-9552.12338.
15. Shelkovnikov S., Kuznetsova I., Denisov D., Peshkova O., Malyshev Y. Enhancing the instruments of state support for the process of building human capital [e-resource] // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Vol. 9 (8). Pp. 1633–1641. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36048977> (date of reference: 06.04.2023).

### Об авторах:

Людмила Алексеевна Калинина<sup>1</sup>, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и бухгалтерского учета, ORCID 0000-0002-3408-2417, AuthorID 642108; +7 914 911-83-73, [lakalinina@mail.ru](mailto:lakalinina@mail.ru)

Софья Владимировна Труфанова<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и бухгалтерского учета, ORCID 0000-0002-0533-9228, AuthorID 504346; +7 902 767-51-25, [sofya\\_trufanova@mail.ru](mailto:sofya_trufanova@mail.ru)

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, Иркутск, Россия

### References

1. Blinova T. N., Fedotov A. V. Problemy sootvetstviya struktury podgotovki kadrov dolgosrochnym potrebnyam razvitiya regiona (na primere Sibirskogo federal'nogo okruga) [Problems of compliance of the personnel training structure with the long-term needs of the region's development (on the example of the Siberian Federal District)] // Education management review. 2020. No. 3 (39). Pp. 19–37. DOI: 10.15826/umpa.2021.02.012 (date of reference: 06.04.2023). (In Russian.)
2. Buraeva E. V. Rol' agrarnogo obrazovaniya v formirovani krovogo potentsiala sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy [The role of agricultural education in the formation of personnel potential of agricultural organizations] // Bulletin of agrarian science. 2019. No 2 (77). Pp. 96–102. (In Russian.)
3. Golovina S. G., Mikolaychik I. N., Smirnova L. N. Sotsial'no-ekonomicheskie usloviya razvitiya chelovecheskogo kapitala sel'skikh territoriy [Socio-economic conditions for the development of human capital in rural areas] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 8 (199). Pp. 65–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-65-79. (In Russian.)
4. Ereemeeva N. S. Statisticheskiy analiz i prognozirovaniye potrebnosti ekonomiki v kadrakh [Statistical analysis and forecasting of the needs of the economy in personnel] // Intellect. Innovations. Investments. 2019. No. 5. Pp. 59–66. DOI: 10.25198/2077-7175-2019-5-59. (In Russian.)
5. Ilyashevich A. A., Kalinina L. A. Obespechenost' trudovymi resursami sel'skogo khozyaystva Irkutskoy oblasti [Provision with labor-intensive industrial enterprises of the Irkutsk region] // Journal of Economy and Entrepreneurship. 2019. No. (107). Pp. 491–495. (In Russian.)
6. Kalinina L. A., Trufanova S. V. Metodicheskiy podkhod k otsenke ustoychivosti razvitiya sel'skikh territoriy [Methodological approach to assessing the sustainability of the development of rural areas] // AIC: economics, management. 2022. No. 4. Pp. 84–88. DOI: 10.33305/224-84. (In Russian.)
7. Petukhova M. S., Koval' S. V. Prognoz potrebnosti v vysokokvalifitsirovannykh kadrakh agrarnogo sektora Novosibirskoy oblasti v usloviyakh novogo tekhnologicheskogo uklada [Forecast of the need for highly qualified personnel in the agricultural sector of the Novosibirsk region in the conditions of a new technological order] // International Agricultural Journal. 2022. No. 1 (385). Pp. 53–56. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_1\_53. (In Russian.)
8. Trufanova S. V., Kalinina L. A. Tselevoe obuchenie kak odin iz sposobov resheniya kadrovoy problemy v sel'skom khozyaystve [Targeted training as one of the ways to solve the personnel problem in agriculture] // Klimat, ekologiya, sel'skoe khozyaystvo Evrazii: materialy XI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Molodezhnyy, 2022. Pp. 51–58. (In Russian.)
9. Sharapova N. V. Chelovecheskiy kapital. Ego vliyaniye na konkurentosposobnost' sel'skogo khozyaystva [Human capital. Its impact on the emerging economy] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 10 (177). Pp. 87–93. (In Russian.)
10. Huffman W. Human capital: Education and agriculture Handbook of Agricultural Economics [e-resource] // Handbook of Agricultural Economics / B. Gardner, G. Rausser (Eds.). Amsterdam: Elsevier Science, 2021. Pp. 334–381. URL: <https://ideas.repec.org/h/eee/hagchp/1-07.html> (date of reference: 06.04.2023).
11. Horie N., Iwasaki I. Returns to schooling in European emerging markets: a meta-analysis // Education Economics. 2023. Vol. 31. No. 4. Pp. 102–128. DOI: 10.1080/09645292.2022.2036322.
12. Orlov V., Ivanova T., Brenchagova S., Rumbayeva N. Mathematical modeling of economic factors impact: Reproduction of personnel potential in agriculture sector of Russia (Conference Paper) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 433 (1). Article number 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012012.
13. Petrusha P., Kozlova D., Ivanova K. The human capital: Education and the green economy // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 110. Article number 02074. DOI: 10.1051/e3sconf/201911002074.
14. Rada N., Liefert W., Liefert O. Evaluating agricultural productivity and policy in Russia // Journal of Agricultural Economics. 2020. Vol. 71 (1). Pp. 96–117. DOI: 10.1111/1477-9552.12338.
15. Shelkovnikov S., Kuznetsova I., Denisov D., Peshkova O., Malyshev Y. Enhancing the instruments of state support for the process of building human capital [e-resource] // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Vol. 9 (8). Pp. 1633–1641. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36048977> (date of reference: 06.04.2023).

### Authors' information:

Lyudmila A. Kalinina<sup>1</sup>, doctor of economics, professor of the department of economics and accounting, ORCID 0000-0002-3408-2417, AuthorID 642108, +7 914 911-83-73, [lakalinina@mail.ru](mailto:lakalinina@mail.ru)

Sofya V. Trufanova<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor of the department of economics and accounting, 0000-0002-0533-9228, AuthorID 504346, +7 902 767-51-25, [sofya\\_trufanova@mail.ru](mailto:sofya_trufanova@mail.ru)

<sup>1</sup> Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia



## Индексный подход к сравнительной оценке устойчивости сельского хозяйства субъекта федерального округа

Е. Н. Криулина<sup>✉</sup>, Л. Р. Оганян<sup>1</sup>, К. А. Катков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

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

**Аннотация.** Развитие сельского хозяйства и продовольственная безопасность сегодня приобретают глобальный характер. Отечественный АПК фактически обеспечивает стабильность, сбалансированность экономики и благополучие людей на всех континентах. Поэтому в условиях нарастания кризисных явлений в экономике увеличивается значимость комплексного анализа устойчивости развития отрасли, который должен опираться на оценку состояния и тенденций изменения природно-ресурсного потенциала, на исследование результативных показателей экономической деятельности и на выработку основных направлений и мер повышения его уровня на перспективу. Решение этой задачи актуально и для Северо-Кавказского федерального округа, являющегося крупным аграрным регионом. В связи с этим **цель** настоящего исследования – дать сравнительную оценку устойчивости сельского хозяйства и установить значимость основных факторов, определяющих ее уровень в разрезе субъектов Северо-Кавказского федерального округа. **Методика** исследования включала использование различных приемов экономико-математического, статистического, индексного и других методов. **Научная новизна.** Впервые применительно к региональным особенностям на основе системы индексов обоснованы приоритетные факторы, обеспечивающие повышение устойчивости и эффективности сельскохозяйственного производства для субъектов Северо-Кавказского федерального округа. **Результаты** исследований показали, что наибольшее отрицательное влияние на устойчивость сельскохозяйственного производства большинства субъектов округа параметры, включенные в индекс эффективности отрасли. Вместе с тем в Ставропольском крае это значения, формирующие индекс природно-климатических условий. Тем не менее комплексный показатель устойчивости сельского хозяйства края (2,216) значительно превышает соответствующие показатели всех субъектов округа. Анализ уровня итогового комплексного показателя устойчивости сельского хозяйства в среднем за 2018–2021 гг. позволил в конечном счете сгруппировать субъекты СКФО в три блока по степени устойчивости, выявить системные проблемы отрасли в каждом и предложить некоторые способы решения.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство СКФО, устойчивость сельского хозяйства, дифференциация, устойчивость, индексный подход, комплексный индекс устойчивости.

**Для цитирования:** 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.

**Дата поступления статьи:** 06.03.2023, **дата рецензирования:** 20.04.2023, **дата принятия:** 26.05.2023.

## Index approach to comparative assessment of agricultural sustainability of the subject of the federal district

E. N. Kriulina<sup>✉</sup>, L. R. Oganyan<sup>1</sup>, K. A. Katkov<sup>1</sup>

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

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

**Abstract.** The development of agriculture and food security are becoming global today. The domestic agro-industrial complex actually ensures stability, balance of economies and well-being of people on all continents. Therefore, in the conditions of increasing crisis phenomena in the economy, the importance of a comprehensive analysis of the



sustainability of the industry's development increases, which should be based on an assessment of the state and trends of changes in natural resource potential, on the study of effective indicators of economic activity and on the development of the main directions and measures to increase its level in the future. The solution of this problem is also relevant for the North Caucasus Federal District, which is a large agricultural region. In this regard, **the purpose** of this study is to give a comparative assessment of the sustainability of agriculture and to establish the significance of the main factors determining its level in the context of the subjects of the North Caucasus Federal District. **The research methodology** included the use of various methods of economic-mathematical, statistical, index and other methods. **Scientific novelty.** For the first time, in relation to regional peculiarities, priority factors providing an increase in the sustainability and efficiency of agricultural production for the subjects of the North Caucasus Federal District are justified on the basis of the index system. **The results** of the research have shown that the indicators included in the industry efficiency index have the greatest negative impact on the sustainability of agricultural production in most subjects of the district. At the same time, in the Stavropol Krai, these are the values that form the index of natural and climatic conditions. Nevertheless, the integrated indicator of agricultural sustainability of the region (2,216) significantly exceeds the corresponding indicators of all subjects of the district. The analysis of the level of the final comprehensive indicator of agricultural sustainability on average for 2018–2021 made it possible to eventually group the subjects of the NCFD into three blocks according to the degree of sustainability, identify systemic problems of the industry in each and suggest some ways to solve them.

**Keywords:** agriculture of the North Caucasus Federal District, agricultural sustainability, differentiation, sustainability, index approach, integrated sustainability index.

**For citation:** Kriulina E. N., Oganyan L. R., Katkov K. A. Indeksnyy podkhod k sravnitel'noy otsenke ustoychivosti sel'skogo khozyaystva sub'yekta federal'nogo okruga [Index approach to comparative assessment of agricultural sustainability of the subject of the federal district] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 119–129. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-238-09-119-129. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 06.03.2023, **date of review:** 20.04.2023, **date of acceptance:** 26.05.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Обеспечение продовольственной безопасности России в условиях изменения внешних и внутренних факторов хозяйствования, появления новых рисков и угроз, существенного сокращения финансовых, технических, технологических ресурсов сельского хозяйства определяет стратегическую значимость повышения устойчивости его развития. Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО) играет заметную роль в общероссийском сельскохозяйственном производстве и обеспечении продовольственной безопасности страны. Системообразующая роль сельского хозяйства в субъектах округа обусловлена как особенностями менталитета их населения, так и отсутствием благоприятных условий для развития альтернативных видов деятельности на селе. Это характерно для большинства национальных республик округа. Предпосылки устойчивого развития сельского хозяйства СКФО обусловлены совокупностью локальных преимуществ: благоприятными природно-климатическими условиями, уникальностью биоразнообразия и генофонда растительных и животных ресурсов, плодородными черноземными и каштановыми почвами, значительными запасами пресной воды, наличием крупных обводнительно-оросительных систем и научно-производственного потенциала.

Цель исследований – дать сравнительную оценку устойчивости сельского хозяйства и установить значимость основных факторов, определяющих ее

уровень в разрезе субъектов Северо-Кавказского федерального округа.

### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования основываются на изучении научных подходов к оценке уровня развития регионального аграрного сектора. Методологической основой исследования послужили работы отечественных и зарубежных ученых по проблематике устойчивости его функционирования. Методика исследования включала использование различных приемов экономико-математического, статистического, индексного и других методов. В качестве инструментальной базы использованы официальные данные Росстата, ЕМИСС, Северо-Кавказстата, расчеты авторов. Обработка данных проводилась с использованием программы Matlab.

### Результаты (Results)

Изучение трудов ученых-аграрников позволило выявить различие суждений о сущности устойчивого развития сельского хозяйства, и, как отмечает К. С. Довлатов, «их будет еще больше, поскольку идет процесс осознания будущего развития, которое в принципе неопределенно и многовариантно» [1]. Нередко понятие «устойчивость», включающее социальные, производственно-экономические и экологические аспекты развития отрасли, рассматривается с точки зрения целевого, динамического, воспроизводственного и динамического подходов [2]. Они формализуются следующим образом. По мнению академиков РАН И. Г. Ушачева и А. И. Ал-

тухова, критерием устойчивости является обеспечение продовольственной безопасности и качества жизни населения на основе наращивания производственного потенциала и повышения эффективности функционирования сельского хозяйства, обрабатывающей промышленности, инфраструктуры и государственного регулирования [3; 4]. Практически идентичных взглядов на сущность рассматриваемого вопроса придерживаются А. В. Петриков [5], А. Н. Байдаков [6]. В то же время Т. В. Байбакова с соавторами основной целью устойчивого сельского хозяйства полагают достижение им оптимальной долгосрочной сбалансированности между совокупными потребностями и ресурсами отрасли [7]. Н. К. Васильевой с соавторами и И. Н. Буздаловым установлено, что для обеспечения устойчивости сельского хозяйства необходимо в первую очередь наращивание и рациональное использование производственного потенциала отрасли на инновационной основе с соблюдением принципов экологической безопасности и сохранения природной среды [8; 9]. На необходимость и способность адаптации сельского хозяйства к изменяющимся природным и социально-экономическим условиям, эффективного использования среды с целью обеспечения его устойчивости указывает И. Б. Загайтов [10]. Устойчивость трактуется также и как малая колеблемость, размерами которой можно пренебречь [11]. Наконец, устойчивое сельское хозяйство рассматривается с точки зрения обеспечения национального суверенитета – достижения продовольственной безопасности, возможностей обеспечения населения продукцией собственного производства в необходимых объемах, ассортименте и необходимого качества [12]. В большинстве научных работ подходы к определению понятия устойчивости и содержание мер по устойчивому развитию трактуются с позиций необходимости преодоления кризисного состояния отрасли.

Можно констатировать, что различия во взглядах на проблему устойчивости сельского хозяйства сторонников приведенных выше научных подходов связаны с несовпадением мнений о приоритетах и первоочередных проблемах отрасли, к которым могут быть отнесены достижение необходимых темпов роста производства сельскохозяйственной продукции для удовлетворения внутреннего спроса; обеспечение импортнезависимости и эффективного аграрного экспорта; повышение уровня благосостояния сельского населения и другие. Таким образом, сложность и неоднозначность рассматриваемой проблемы определяет необходимость оценки уровня устойчивости сельского хозяйства с учетом природно-климатических, производственно-экономических, социальных, институциональных, а также территориальных особенностей регионов. Особенно актуально это для СКФО – единственного в стране макрорегиона, где удельный вес сельского населения составляет половину общей численности (от 36 % в Республике Северная Осетия – Алания до 63 % в Чеченской Республике). Сельское хозяйство обеспечивает занятость более 20 % активного населения округа (в Республике Дагестан – 22,7 %; в Чеченской Республике – 20,3 %; в Кабардино-Балкарии – 19,6 %). Все показатели в статье рассчитаны на основе данных Росстата [13].

Значимость проблемы подтверждает и тенденция роста доли региона в общероссийском производстве сельскохозяйственной продукции и изменения в ее структуре. Если до 2001 г. его удельный вес не превышал 6 %, то к 2010 г. достиг 8,0 %, а в 2021 г. составил 8,7 %. При этом если в 1995–2000 гг. в структуре сельскохозяйственного производства преобладало животноводство, то в течение следующего двадцатилетия – растениеводство, а в настоящее время удельный вес этих отраслей практически одинаков – 8,5 % и 8,7 % соответственно (рис. 1). Поскольку при прочих равных условиях животноводство в меньшей степени подвержено

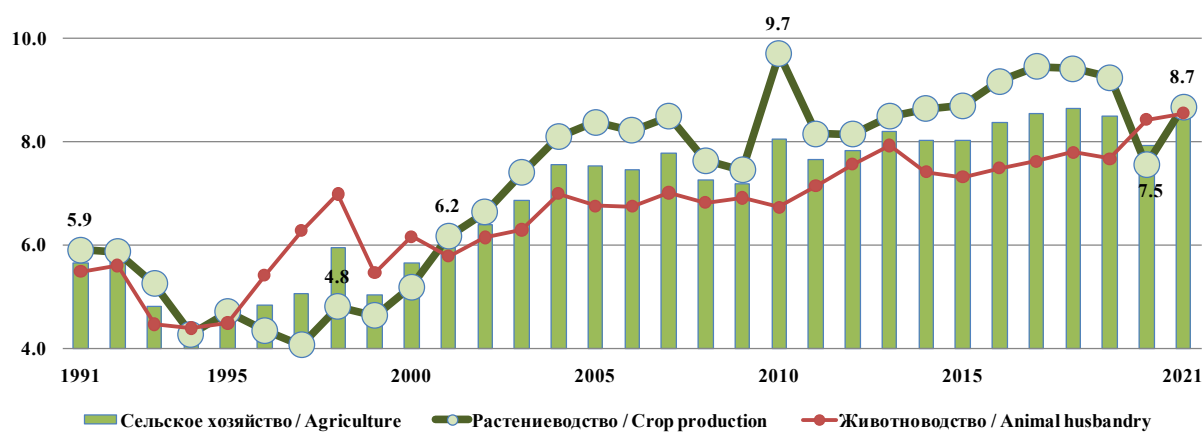


Рис. 1. Удельный вес СКФО в общероссийском производстве сельскохозяйственной продукции, %  
Fig. 1. The share of the North Caucasus Federal District in the total Russian production of agricultural products, %

влиянию изменений внешней среды, чем растениеводство, происходящие структурные сдвиги в стоимости сельскохозяйственной продукции также отражаются в целом на динамике устойчивости сельского хозяйства.

Наибольший вклад в общерегиональное производство вносит сельское хозяйство Ставропольского края, в отдельные годы его доля превышала 50 % с постепенным снижением до 42 % к 2021 г. На втором месте находится сельское хозяйство Республики Дагестан (около 20 %), в Кабардино-Балкарской Республике в среднегодовом исчислении производится немногим более 10 % общерегионального объема продукции отрасли. Таким образом, развитие отрасли в регионе в значительной мере определяется ее состоянием в Ставропольском крае.

Выраженную региональную специфику имеет структура товаропроизводителей отрасли. Если по России в общей структуре хозяйствующих субъектов доля сельхозорганизаций составляет почти 60 %, то в СКФО, напротив, 60 % приходится на долю индивидуального сектора, включающего хозяйства населения, крестьянско-фермерские хозяйства и индивидуальных предпринимателей. В целом соотношение между общественным сектором и

малыми формами хозяйствования составляет 40 %: 60 % (таблица 1).

Это во многом объясняется историческими и национальными особенностями субъектов округа, а также многолетними традициями ведения хозяйственной деятельности, что в итоге и сформировало в большей их части аграрную этно-экономику с доминированием мелкотоварных форм производства. Изменения, происшедшие за двадцатилетний период в структуре категорий сельхозпроизводителей обусловили в целом по СКФО увеличение доля крестьянских (фермерских) хозяйств с 4,5 % до 16,1 %. Так, в Республике Ингушетия в 2021 г. их удельный вес составил почти 40 %, в Карачаево-Черкессии – приблизился к 30 %. Не так существенно – с 35,6 % – до 40,7 % возрос удельный вес сельскохозяйственных организаций (в Ставропольском крае – с 53,0 % до 70,8 %). За этот же период доля хозяйств населения в структуре сельхозпроизводителей округа сократилась с 58,9 % до 43,3 %. В Республике Дагестан они занимают 77,1 %; в республиках Северная Осетия – Алания и Чечня – 60,9 % и 59,4 % соответственно. Высокая доля низкотоварных и малоэффективных хозяйств населения в сельхозпроизводстве усиливает вариабельность ре-

Таблица 1

**Структура производства сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств, %**

Субъект СКФО	Категории хозяйств								
	Крестьянские (фермерские) хозяйства			Сельскохозяйственные организации			Хозяйства населения		
	2000	2010	2021	2000	2010	2021	2000	2010	2021
Республика Дагестан	4,6	10,0	9,7	17,1	8,9	13,3	78,3	81,1	77,1
Республика Ингушетия	12,6	14,4	39,1	13,6	8,1	16,6	73,8	77,6	44,3
Кабардино-Балкарская Республика	1,2	30,1	25,8	24,7	18,6	25,6	74,1	51,3	48,7
Карачаево-Черкесская Республика	2,0	16,3	28,4	30,3	24,5	28,1	67,7	59,2	43,5
Республика Северная Осетия – Алания	6,4	9,9	15,8	25,5	19,5	23,3	68,1	70,7	60,9
Чеченская Республика		4,1	18,3		6,9	22,3		89,1	59,4
Ставропольский край	5,6	10,7	14,4	53,0	59,0	70,8	41,5	30,3	14,8

Table 1

**Structure of agricultural production by category of farms, %**

Subject of the North Caucasus Federal District	Categories of farms								
	Peasant farm holdings			Agricultural organizations			Households		
	2000	2010	2021	2000	2010	2021	2000	2010	2021
Republic of Dagestan	4.6	10.0	9.7	17.1	8.9	13.3	78.3	81.1	77.1
Republic of Ingushetia	12.6	14.4	39.1	13.6	8.1	16.6	73.8	77.6	44.3
Kabardino-Balkar Republic	1.2	30.1	25.8	24.7	18.6	25.6	74.1	51.3	48.7
Karachay-Cherkess Republic	2.0	16.3	28.4	30.3	24.5	28.1	67.7	59.2	43.5
Republic of North Ossetia-Alania	6.4	9.9	15.8	25.5	19.5	23.3	68.1	70.7	60.9
Chechen Republic		4.1	18.3		6.9	22.3		89.1	59.4
Stavropol Krai	5.6	10.7	14.4	53.0	59.0	70.8	41.5	30.3	14.8

зультатов и снижает устойчивость отрасли. Вместе с тем индивидуальный сектор является стабилизирующей формой обеспечения занятости и доходов сельского населения большинства субъектов округа. В этой связи необходимо:

- структурирование всех форм хозяйствования с выделением основных производственных групп специализации с дальнейшей интеграции в общую систему АПК региона;

- поэтапная трансформация индивидуально-семейного сельскохозяйственного производства в крестьянские (фермерские) хозяйства и другие формы малого и среднего предпринимательства;

- создание сети кооперативных формирований по производству, переработке, реализации продукции, снабжению хозяйств населения материальными ресурсами;

- диверсификация деятельности индивидуального сектора производства СКФО.

Степень неравномерности развития входящих в СКФО территориально-хозяйственных систем (регионов), дифференцированных по системам расселения, природно-климатическим условиям, культурно-историческим особенностям, демографической ситуации, уровню социально-экономического развития, экологии определяет уровень устойчивости сельского хозяйства в каждом из них. Об этом свидетельствуют проведенные нами ранее исследования, выявившие дифференциацию субъектов СКФО по уровню развития социальной-инфраструктуры, асимметрию – по эффективности использования производственного потенциала, поляризацию – по финансовым результатам хозяйственной деятельности [14–16].

В определенной степени выявленная дифференциация отдельных аспектов сельскохозяйственной деятельности субъектов СКФО, в значительной мере определяющих устойчивость отрасли, может быть выражена системой индексов, предложенных учеными Института системных исследований АПК НАН Беларуси, скорректированных на специфику региона [17].

Комплексный индекс устойчивости сельскохозяйственного производства определяется выражением

$$K_{Uj} = \sqrt[5]{I_{ПКj} \cdot I_{ППj} \cdot I_{ПОj} \cdot I_{ЭФj} \cdot I_{РПj}}, \quad (1)$$

Входящие в выражение (1) индексы рассчитываются на основании следующих выражений.

1. Индекс природно-климатических условий ( $I_{ПКj}$ ), учитывающий уровень плодородия почв, биоклиматический потенциал и обеспеченность сельского хозяйства трудовыми ресурсами:

$$I_{ПКj} = \sqrt{\frac{B_j \cdot N_j \cdot S_{СКФО}}{B_{СКФО} \cdot S_j \cdot N_{СКФО}}}. \quad (2)$$

2. Индекс производственного потенциала сельского хозяйства ( $I_{ППj}$ ), свидетельствующий о размерах посевных площадей, уровне заработной платы работников отрасли, темпах обновления основных фондов, уровне государственной поддержки:

$$I_{ППj} = \sqrt[4]{\frac{S_j^{(1)} \cdot Z_j \cdot D_j \cdot O_i \cdot V_{СКФО}}{S_j^{(0)} \cdot Z_{СКФО} \cdot V_j \cdot D_{СКФО}}}. \quad (3)$$

3. Индекс продуктивности отрасли ( $I_{ПОj}$ ), характеризующий уровень производительности труда; урожайность и потери зерновых культур (как основы экономического роста в сельском хозяйстве региона):

$$I_{ПОj} = \sqrt[5]{\frac{V_j \cdot X_j^2 \cdot SP \cdot LZ_{СКФО}}{N_j \cdot A_{СКФО} \cdot X_{СКФО} \cdot LZ_j \cdot RZ_{СКФО}}}. \quad (4)$$

4. Индекс эффективности отрасли ( $I_{ЭФj}$ ), показывающий объем полученной прибыли, долю прибыльных сельскохозяйственных организаций в общем их количестве:

$$I_{ЭФj} = \sqrt{\frac{H_j \cdot F_j \cdot V_{СКФО}}{V_j \cdot F_{СКФО}}}. \quad (5)$$

5. Индекс роста производства продукции сельского хозяйства ( $I_{РПj}$ ), отражающий увеличение валовой продукции сельского хозяйства по отношению к нормативу; к объемам государственной поддержки; а также устойчивость производства зерна по отношению к нормативным значениям:

$$I_{РПj} = \sqrt[3]{\frac{V_j^2 \cdot D_j^{(B)} \cdot E_j^{\min} \cdot Q^{(норм)} \cdot W^{(норм)}}{(V_j^{(B)})^2 \cdot D_j \cdot \bar{E}_j}}. \quad (6)$$

Состав параметров, входящих в выражения (2)–(6) для расчета индексов указан в таблице 2 [17; 18].

Усредненная характеристика индексов и комплексный индекс устойчивости сельского хозяйства субъектов СКФО приведены в таблице 3.

Сравнительная оценка субъектов округа по значениям частных индексов показала следующее:

- максимальное значение индекса природно-климатических условий ( $I_{ПКj}$ ) для сельскохозяйственной деятельности – в Республике Ингушетия (1,809), минимальное – в Ставропольском крае (0,486);

- максимальное значение индекса производственного потенциала сельского хозяйства ( $I_{ППj}$ ) – в Ставропольском крае (1,884), минимальное – в Республике Дагестан (1,102);

- максимальное значение индекса индекса продуктивности отрасли ( $I_{ПОj}$ ) – в Карачаево-Черкесской Республике (2,168), минимальное – в Ставропольском крае (1,071);

- максимальное значение индекса эффективности функционирования отрасли ( $I_{ЭФj}$ ) – в Ставропольском крае (1,377), минимальное – в Республике Ингушетия (0,118);



Таблица 2

Параметры, используемые для расчета индексов

Экономика

Обозначение	Параметр
$B_j$	Гидротермический коэффициент в $j$ -м регионе
$\overline{B_{СКФО}}$	Средний показатель гидротермического коэффициента по СКФО
$N_j$	Среднесписочная численность занятых в сельском хозяйстве в $j$ -м регионе, чел.
$N_{СКФО}$	Среднесписочная численность занятых в сельском хозяйстве в СКФО, чел.
$S_j$	Площадь пахотных земель в $j$ -м регионе, га
$S_{СКФО}$	Площадь пахотных земель в СКФО, га
$S_j^{(1)}$	Площадь пашни в $j$ -м регионе за отчетный год, га
$S_j^{(0)}$	Площадь пахотных земель в $j$ -м регионе за базовый год, га
$Z_j$	Средняя заработная плата работников сельского хозяйства в $j$ -м регионе за отчетный период, руб.
$Z_{СКФО}$	Средняя заработная плата работников сельского хозяйства в СКФО за отчетный период, руб.
$D_j$	Доходы, связанные с государственной поддержкой сельского хозяйства за отчетный период в $j$ -м регионе, тыс. руб.
$D_{СКФО}$	Доходы, связанные с государственной поддержкой сельского хозяйства за отчетный период в СКФО, тыс. руб.
$D_j^{(B)}$	Доходы, связанные с государственной поддержкой сельского хозяйства в $j$ -регионе за базовый период, руб.
$V_j$	Выручка от реализации товаров, работ, услуг в $j$ -м регионе за отчетный период, тыс. руб.
$V_{СКФО}$	Выручка от реализации товаров, работ, услуг сельского хозяйства в СКФО за отчетный период, тыс. руб.
$V_j^{(B)}$	Выручка от реализации товаров, работ, услуг сельского хозяйства в $j$ -м регионе в базовый период в текущих ценах, тыс. руб.
$O_j$	Индекс обновления основных фондов в сельском хозяйстве
$A_{СКФО}$	Производительность труда в СКФО за отчетный период, тыс. руб.
$X_j$	Урожайность зерновых в хозяйствах всех категорий в $j$ -м регионе за отчетный период, ц/га
$X_{СКФО}$	Урожайность зерновых в хозяйствах всех категорий в СКФО за отчетный период, ц/га
$LZ_j$	Объем потерь зерновых в хозяйствах всех категорий в $j$ -м регионе за отчетный период, т
$LZ_{СКФО}$	Объем потерь зерновых в хозяйствах всех категорий в СКФО за отчетный период, т
$RZ_{СКФО}$	Объем производства зерновых в хозяйствах всех категорий в СКФО за отчетный период, т
$SP$	Площадь посевов зерновых и зернобобовых культур, га
$H_j$	Индекс доли прибыльных хозяйств в общей их численности в $j$ -м регионе
$F_j$	Прибыль от реализации товаров, работ, услуг сельского хозяйства за отчетный период $j$ -го региона, тыс. руб.
$F_{СКФО}$	Прибыль от реализации товаров, работ, услуг сельского хозяйства за отчетный период СКФО, тыс. руб.
$\overline{E}_j$	Наименьший объем производства зерновых в хозяйствах всех категорий в $j$ -м регионе за период анализа устойчивости, руб.
$\overline{E}_j$	Средний объем производства зерновых в хозяйствах всех категорий в $j$ -м регионе за период анализа устойчивости, руб.
$Q^{(норм)}$	Нормативный темп роста производства валовой продукции сельского хозяйства. Значение этой величины принято равным 0,15
$W^{(норм)}$	Нормативный уровень устойчивости производства зерновых, равный 80 % (0,8)



Table 2  
Parameters used to calculate indexes

Designation	Parameter
$B_j$	Hydrothermal coefficient in the $j$ -th region
$\bar{B}_{NCFD}$	Average hydrothermal coefficient in the North Caucasus Federal District
$N_j$	Average number of people employed in agriculture in the $j$ -th region, people
$N_{NCFD}$	Average number of people employed in agriculture in the North Caucasus Federal District, people
$S_j$	Area of arable land in the $j$ -th region, ha
$S_{NCFD}$	Area of arable land in the North Caucasus Federal District, ha
$S_j^{(1)}$	Area of arable land in the $j$ -th region for the reporting year, ha
$S_j^{(0)}$	Area of arable land in the $j$ -th region for the base year, ha
$Z_j$	Average salary of agricultural workers in the $j$ -th region for the reporting period, rub.
$Z_{NCFD}$	Average salary of agricultural workers in the North Caucasus Federal District for the reporting period, rub.
$D_j$	Income related to state support of agriculture for the reporting period in the $j$ -th region, thousand rub.
$D_{NCFD}$	Income related to state support of agriculture for the reporting period in the North Caucasus Federal District, thousand rub.
$D_j^{(B)}$	Income related to state support of agriculture in the $j$ -region for the base period, rub.
$V_j$	Revenue from the sale of goods, works, services in the $j$ -th region for the reporting period, thousand rub.
$V_{NCFD}$	Revenue from the sale of goods, works, services of agriculture in the North Caucasus Federal District for the reporting period, thousand rub.
$V_j^{(B)}$	Revenue from the sale of goods, works, and services of agriculture in the $j$ -th region in the base period at current prices, thousand rub.
$O_j$	Index of renewal of fixed assets in agriculture
$A_{NCFD}$	Labor productivity in the North Caucasus Federal District for the reporting period, thousand rub.
$X_j$	Grain yield in farms of all categories in the $j$ -th region for the reporting period, kg/ha
$X_{NCFD}$	Grain yield in farms of all categories in the North Caucasus Federal District for the reporting period, kg/ha
$LZ_j$	The volume of grain losses in farms of all categories in the $j$ -th region for the reporting period, t
$LZ_{NCFD}$	The volume of grain losses in farms of all categories in the North Caucasus Federal District for the reporting period, t
$RZ_{NCFD}$	The volume of grain production in farms of all categories in the North Caucasus Federal District for the reporting period, t
$SP$	The area of grain and leguminous crops, ha
$H_j$	Index of the share of profitable farms in their total number in the $j$ -th region
$F_j$	Profit from the sale of goods, works, services of agriculture for the reporting period of the $j$ -th region, thousand rub.
$F_{NCFD}$	Profit from the sale of goods, works, services of agriculture for the reporting period of the North Caucasus Federal District, thousand rub.
$E_j^{\min}$	The smallest volume of grain production in farms of all categories in the $j$ -th region during the period of stability analysis, rub.
$\bar{E}_j$	The average volume of grain production in farms of all categories in the $j$ -th region for the period of stability analysis, rub.
$Q_{(norm)}$	The normative growth rate of gross agricultural output. The value of this value is assumed to be equal to 0.15
$W_{(norm)}$	The normative level of stability of grain production, equal to 80 % (0.8)

Таблица 3

Средние значения индексов устойчивости сельского хозяйства субъектов СКФО за период 2019–2021 гг. (по группам)

ЭКОНОМИКА

Субъект СКФО	$I_{пкj}$	$I_{ппj}$	$I_{поj}$	$I_{эфj}$	$I_{рпj}$	КУ
	I	II	III	IV	V	
Республика Дагестан	1,166	1,102	1,105	0,257	1,742	0,909
Республика Ингушетия	1,809	1,197	1,351	0,118	2,060	0,905
Кабардино-Балкарская Республика	1,352	1,364	1,543	0,330	2,099	1,165
Карачаево-Черкесская Республика	0,982	1,405	2,168	0,621	2,068	1,295
Республика Северная Осетия – Алания	1,460	1,305	1,163	0,105	2,478	0,827
Чеченская Республика	1,502	1,585	1,923	0,102	2,272	0,989
Ставропольский край	0,486	1,884	1,071	1,377	1,977	2,216

Table 3

Average values of agricultural sustainability indices of the NCFD subjects for the period 2019–2021 (by groups)

Subject of the North Caucasus Federal District	Index of natural and climatic conditions ( $I_{NCC}$ )	Index of agricultural production potential ( $I_{APP}$ )	Industry Productivity index ( $I_{PI}$ )	Industry Performance index ( $I_{PI}$ )	Agricultural production growth index ( $I_{PGI}$ )	KU
	I	II	III	IV	V	
Republic of Dagestan	1.166	1.102	1.105	0.257	1.742	0.909
Republic of Ingushetia	1.809	1.197	1.351	0.118	2.060	0.905
Kabardino-Balkar Republic	1.352	1.364	1.543	0.330	2.099	1.165
Karachay-Cherkess Republic	0.982	1.405	2.168	0.621	2.068	1.295
Republic of North Ossetia-Alania	1.460	1.305	1.163	0.105	2.478	0.827
Chechen Republic	1.502	1.585	1.923	0.102	2.272	0.989
Stavropol Krai	0.486	1.884	1.071	1.377	1.977	2.216

– максимальное значение индекса роста производства продукции сельского хозяйства – в Республике Северная Осетия – Алания (2,478), минимальное – в Республике Дагестан (1,742).

Комплексный показатель устойчивости сельского хозяйства субъектов СКФО (КПУСХ), приведенный в таблице 3, характеризует, во-первых, ее общий уровень, во-вторых, факторы, оказавшие наибольшее влияние на его величину (рис. 2).

По уровню КПУСХ в среднем за 2018–2021 годы субъекты СКФО можно распределить на три группы: менее 0,910 (Республики Дагестан, Ингушетия и Северная Осетия – Алания); от 0,910 до 1,150 (Кабардино-Балкарская и Чеченская республики); более 1,150 (Карачаево-Черкесская Республика и Ставропольский край).

Практически во всех субъектах округа (за исключением Ставропольского края) наибольшее отрицательное влияние на устойчивость сельскохозяйственного производства оказывают факторы четвертой группы (низкий уровень рентабельности реализованной продукции, значительный удельный вес убыточных сельскохозяйственных организаций и др.) –  $I_{эфj}$  варьирует от 0,102 в Чеченской Респу-

блике до 0,621 в Карачаево-Черкесской Республике. Отметим, что высокие значения индексов, формирующих III и V группы устойчивости отрасли Карачаево-Черкесской Республики обеспечили наибольшую величину комплексного показателя – 1,295. В Ставропольском крае негативное влияние на устойчивость сельского хозяйства оказывают факторы первой группы (снижение плодородия почв, относительно невысокий биоклиматический потенциал). В результате  $I_{пкj}$  составил 0,486, что в 3,7 раза ниже соответствующего показателя Республики Ингушетия и в 2,8 раза – Республики Кабардино-Балкария. Тем не менее КПУСХ края (2,216) значительно превышает соответствующие показатели всех субъектов округа.

Итак, пространственная рассредоточенность сельскохозяйственного производства СКФО, его тесная зависимость от природно-климатических и погодных условий, качественное разнообразие землепользования в значительной степени определяют его устойчивость и дифференциацию валового производства сельскохозяйственной продукции. Изменение и усложнение условий хозяйствования для регионального аграрного сектора требует повы-

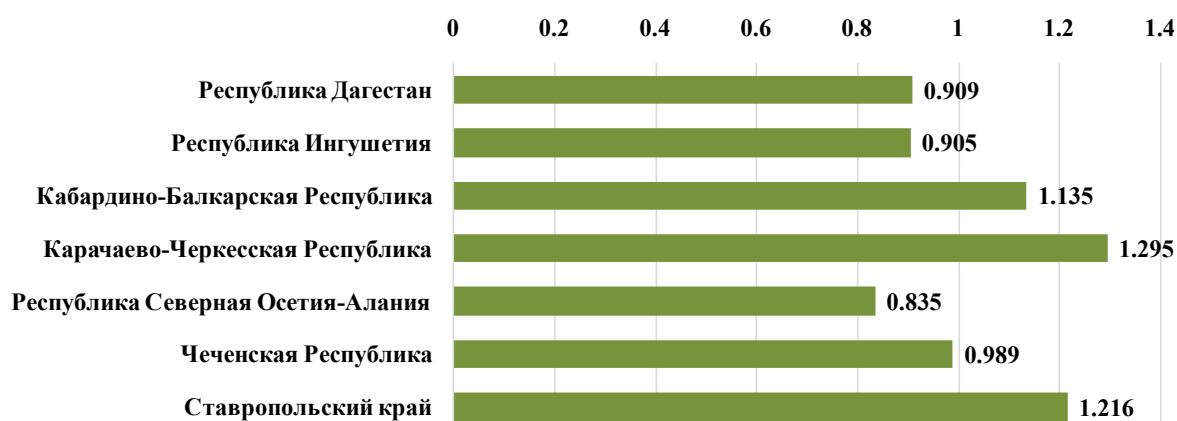


Рис. 2. Комплексный показатель устойчивости сельскохозяйственного производства (КПУСХ) СКФО в среднем за 2019–2021 гг.

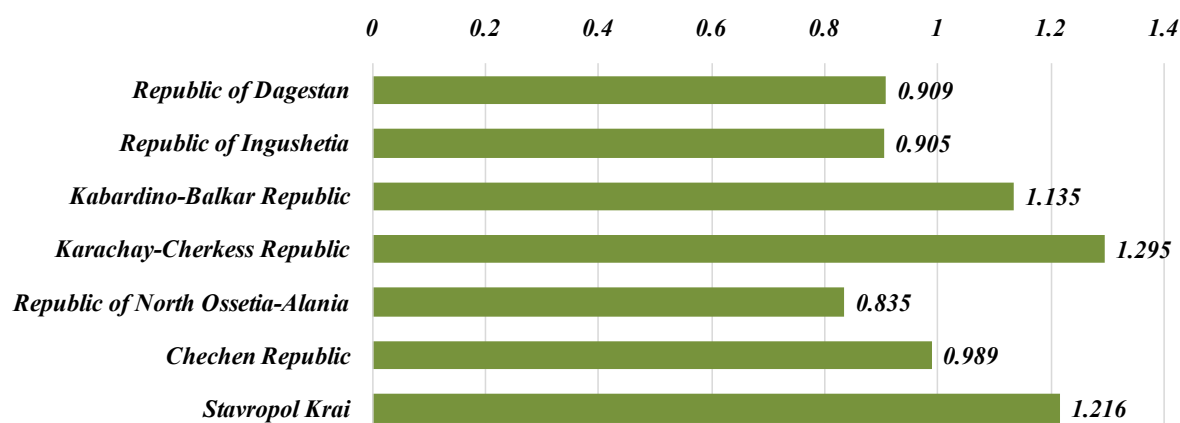


Fig. 2. Agricultural Production Sustainability Integrated Indicator (APSI) of the NCFD on average for 2019–2021

шения в первую очередь устойчивости отрасли растениеводства, от которой непосредственно зависит производство основных видов продукции сельского хозяйства (включая отрасли животноводства и перерабатывающей промышленности).

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

Комплексная оценка устойчивости сельского хозяйства СКФО позволила установить значимость основных факторов, определяющих ее уровень. Для сглаживания их негативного влияния на аграрную экономику субъектов округа полагаем необходимым совершенствование правового и финансового обеспечения государственной аграрной политики; осуществление гибкой системы государственной поддержки и регулирования сельского хозяйства, предусматривающих в первую очередь меры фи-

нансового оздоровления, построение рациональной системы ценообразования, развитие банковского кредитования, дотационно-компенсационного механизма и др. Особого внимания с учетом специфики региона требуют повышение эффективности использования потенциала малых форм хозяйствования, системная поддержка индивидуального сектора производства, принятие целевых программ его развития в соответствии с зональными возможностями и сложившейся специализацией субъектов округа. Совокупность этих мер будет способствовать формированию условий для осуществления расширенного воспроизводства, имеющего основополагающее значение для устойчивого развития регионального аграрного сектора.

#### Библиографический список

1. Давлатов К. С. Устойчивое развитие: взгляды и подходы [Электронный ресурс] // Молодой ученый. 2021. № 27 (369). С. 113–116. URL: <https://moluch.ru/archive/369/83073> (дата обращения: 17.02.2022).
2. Кудрявцева О. В. Устойчивое развитие территорий. Москва: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2021. 492 с.
3. Ушачев И. Г. Основные направления Стратегии устойчивого социально-экономического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Москва: Сам Полиграфист, 2018. 60 с.

4. Altukhov A. I., Silaeva L. P. Improvement Placement as a Factor of Sustainable Development in Agriculture // Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control. 2021. Vol. 283. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-58823-6\_47.
5. Петриков А. В. Стратегические направления совершенствования аграрной политики России в условиях санкционного давления // Научные труды Вольного экономического общества России. 2022. Т. 235. № 3. С. 122–133. DOI: 10.38197/2072-2060-2022-235-3-122-133.
6. Baidakov A. N., Zvyagintseva O. S., Nazarenko A. V. Sociotopic component of the socio-economic potential of rural areas // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Article number 12017. DOI: 10.1088/1755-1315/745/1/012017.
7. Baibakova T. V., Rodionova E. V., Zakirova O. V. The Sectoral Approach to the Analysis of the Effectiveness of Agro-industrial Integration in the Context of Innovative and Sustainable Development of the Agricultural Sector // Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control. 2020. Vol. 282. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8\_46.
8. Васильева Н. К., Тахумова О. В., Ладан Ю. И., Степаненко А. И. Оценка уровня сбалансированности развития сельскохозяйственной организации // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 7-1. С. 31–40. DOI: 10.17513/vaael.2296.
9. Буздалов И. Н. Современное положение в сельском хозяйстве России: системный аграрный кризис продолжается // Общество и экономика. 2018. № 3. С. 75–92.
10. Загайтов И. Б. Актуальные проблемы фундаментальной и прикладной экономической науки. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2020. 143 с.
11. Malorgio G., Marangon F. Agricultural business economics: the challenge of sustainability // Agricultural and Food Economics. 2021. No. 9. Article number 6. DOI: 10.1186/s40100-021-00179-3.
12. Magrini A. Assessment of agricultural sustainability in European Union countries: a group-based multivariate trajectory approach // AStA Advances in Statistical Analysis. 2022. Vol. 106. Pp. 673–703. DOI: 10.1007/s10182-022-00437-9.
13. Единая межведомственная информационно-статистическая система. [Электронный ресурс] // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/organizations> (дата обращения: 30.01.2023).
14. Криулина Е. Н., Кащаев И. В., Оганян Л. Р. Устойчивость развития сельскохозяйственного производства СКФО // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 92–98.
15. Криулина Е. Н. Оценка эффективности реализации потенциала многоукладности сельского хозяйства Северо-Кавказского федерального округа // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2021. № 5 (86). С. 75–81.
16. Кащаев И. В., Криулина Е. Н. Концепция устойчивого развития сельского хозяйства Северо-Кавказского федерального округа в условиях территориальной и отраслевой дифференциации // АПК: экономика, управление. 2022. № 3. С. 50–59.
17. Кондратенко С. А. Устойчивое развитие регионального агропродовольственного комплекса: теория, методология, практика. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2019. 287 с.
18. Катков К. А. Формирование комбинированного селекционного индекса в овцеводстве // Вестник аграрной науки. 2019. № 5 (80). С. 75–83.

#### Об авторах:

Елена Николаевна Криулина<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, заведующая лабораторией экономики, ORCID 0000-0003-3112-4367, AuthorID 356930; +7 961 499-12-20, [enkriulina@mail.ru](mailto:enkriulina@mail.ru)

Лусине Робертовна Оганян<sup>1</sup>, руководитель информационно-аналитического центра, ORCID 0000-0002-0019-8956, AuthorID 744093; +7 906 498-83-88, [oganyan@inbox.ru](mailto:oganyan@inbox.ru)

Константин Александрович Катков<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экономики, ORCID 0000-0003-4734-8656, AuthorID 541084; +7 918 861-98-02, [kkatkoff@mail.ru](mailto:kkatkoff@mail.ru)

<sup>1</sup> Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

#### References

1. Davlatov K. S. Ustoychivoye razvitiye: vzglyady i podkhody [Sustainable development: views and approaches] // Young scientist. 2021. No. 27 (369). Pp. 113–116. URL: <https://moluch.ru/archive/369/83073> (date of reference: 17.10.2022). (In Russian.)
2. Kudryavtseva O. V. Ustoychivoye razvitiye territoriy [Sustainable development of territories]. Moscow: Faculty of Economics of Lomonosov Moscow State University, 2021. 492 p. (In Russian.)
3. Ushachev I. G. Osnovnye napravleniya Strategii ustoychivogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Russia The main directions of the Strategy of sustainable socio-economic development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030]. Moscow: Sam Poligrafist, 2018. 60 p. (In Russian.)



4. Altukhov A. I., Silaeva L. P. Improvement Placement as a Factor of Sustainable Development in Agriculture // Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control. 2021. Vol. 283. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-58823-6\_47.
5. Petrikov A. V. Strategicheskiye napravleniya sovershenstvovaniya agrarnoy politiki Rossii v usloviyakh sanktsionnogo davleniya [Strategic directions for improving Russia's agrarian policy under the conditions of sanctions pressure] // Scientific works of the Free Economic Society of Russia. 2022. Vol. 235. No. 3. Pp. 122–133. DOI: 10.38197/2072-2060-2022-235-3-122-133. (In Russian.)
6. Baidakov A. N., Zvyagintseva O. S., Nazarenko A. V. Sociotopic component of the socio-economic potential of rural areas // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Article number 12017. DOI: 10.1088/1755-1315/745/1/012017.
7. Baibakova T. V., Rodionova E. V., Zakirova O. V. The Sectoral Approach to the Analysis of the Effectiveness of Agro-industrial Integration in the Context of Innovative and Sustainable Development of the Agricultural Sector // Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control. 2020. Vol. 282. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8\_46.
8. Vasil'yeva N. K., Takhumova O. V., Ladan Yu. I., Stepanenko A. I. Otsenka urovnya sbalansirovannosti razvitiya sel'skokhozyaystvennoy organizatsii [Assessment of the level of balanced development of an agricultural organization] // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava. 2022. No. 7-1. Pp. 31–40. DOI: 10.17513/vael.2296. (In Russian.)
9. Buzdalov I. N. Sovremennoe polozhenie v sel'skom khozyaystve Rossii: sistemnyy agrarnyy krizis prodolzhayetsya [The current situation in agriculture in Russia: the systemic agrarian crisis continues] // Society and Economics. 2018. No. 3. Pp. 75–92. (In Russian.)
10. Zagaytov I. B. Aktual'nyye problemy fundamental'noy i prikladnoy ekonomicheskoy nauki [Actual problems of fundamental and applied economics]. Voronezh: Voronezhskiy GAU, 2020. 143 p. (In Russian.)
11. Malorgio G., Marangon F. Agricultural business economics: the challenge of sustainability // Agricultural and Food Economics. 2021. No. 9. Article number 6. DOI: 10.1186/s40100-021-00179-3.
12. Magrini A. Assessment of agricultural sustainability in European Union countries: a group-based multivariate trajectory approach // ASTA Advances in Statistical Analysis. 2022. Vol. 106. Pp. 673–703. DOI: 10.1007/s10182-022-00437-9.
13. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema [Unified interdepartmental information and statistical system] [e-resource] // YEMISS. Gosudarstvennaya statistika. URL: <https://www.fedstat.ru/organizations> (date of reference: 30.01.2023). (In Russian.)
14. Kriulina E. N., Kashchayev I. V., Oganyan L. R. Ustoychivost' razvitiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva SKFO [Sustainability of the development of agricultural production in the North Caucasus Federal District] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2022. Vol. 36. No. 5. Pp. 92–98. (In Russian.)
15. Kriulina E. N. Otsenka effektivnosti realizatsii potentsiala mnogoukladnosti sel'skogo khozyaystva Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga [Evaluation of the effectiveness of realizing the potential of multiculturalism of agriculture in the North Caucasus Federal District] // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. 2021. No. 5(86). Pp. 75–81. (In Russian.)
16. Kashchayev I. V., Kriulina E. N. Kontseptsiya ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga v usloviyakh territorial'noy i otraslevoy differentsiatsii [The concept of sustainable development of agriculture in the North Caucasus Federal District in terms of territorial and sectoral differentiation] // AIC: economics, management. 2022. No. 3. Pp. 50–59. (In Russian.)
17. Kondratenko S. A. Ustoychivoye razvitiye regional'nogo agroproduktivnogo kompleksa: teoriya, metodologiya, praktika [Sustainable development of the regional agro-food complex: theory, methodology, practice]. Minsk: Institut sistemnykh issledovaniy v APK NAN Belarusi, 2019. 287 p. (In Russian.)
18. Katkov K. A. Formirovanie kombinirovannogo selektsionnogo indeksa v ovtsevodstve [Formation of a combined breeding index in sheep breeding] // Bulletin of Agrarian Science. 2019. No. 5 (80). Pp. 75–83. (In Russian.)

#### Authors' information:

Elena N. Kriulina<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, head of the laboratory of economics, ORCID 0000-0003-3112-4367, AuthorID 356930; +7 961 499-12-20, [enkriulina@mail.ru](mailto:enkriulina@mail.ru)

Lusine R. Oganyan<sup>1</sup>, head of the information and analytical center, ORCID 0000-0002-0019-8956, AuthorID 744093; +7 906 498-83-88, [oganyan@inbox.ru](mailto:oganyan@inbox.ru)

Konstantin A. Katkov<sup>1</sup>, candidate of technical sciences, associate professor, leading researcher of the laboratory of economics, ORCID 0000-0003-4734-8656, AuthorID 541084; +7 918 861-98-02, [kkatkoff@mail.ru](mailto:kkatkoff@mail.ru)

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



## Состояние и тенденции развития личных подсобных хозяйств региона

Л. Б. Медведева<sup>1</sup>✉, О. Н. Гончаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉ E-mail: medvedeva\_lb@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – выявить тенденции развития личных подсобных хозяйств населения Тюменской области. Задачи: 1) определить динамику производства аграрной продукции личными подворными хозяйствами населения за период 2016–2021 гг.; 2) рассмотреть изменения в структуре хозяйствования ЛПХ региона. Для реализации цели использовались данные, собранные из различных открытых источников государственных органов власти, Федеральной службы государственной статистики, а также справочно-нормативные материалы. **Методами** исследования выступили методы анкетирования, интервьюирования, сравнения, анализа социально-экономических процессов, контент-анализа и статистический метод. **Научная новизна** заключается в систематизации и классификации разрозненной информации о функционировании региональных ЛПХ, что позволило выявить основные тенденции: рост объемов производства продукции сельского хозяйства личными подсобными хозяйствами населения, изменения в структуре хозяйствования ЛПХ, увеличение числа семей, занимающихся ЛПХ. **Результаты** состоят в дополнении устоявшейся терминологии новыми существенными признаками. В статье содержится анализ показателей производства аграрной продукции ЛПХ в Тюменской области. Определено место личных хозяйств в производстве сельскохозяйственной продукции, отражена специализация производства. На основе данных авторского анкетирования в статье утверждается, что ЛПХ являются экономически выгодным занятием, так как обеспечивают семьи продуктами питания, выступают источником дохода и занятости. Кроме того, сделан вывод о том, что семейные хозяйства ориентированы на закрытый тип ЛПХ, но нацеленный на взаимодействие с сельскохозяйственными потребительскими кооперативами. Определено, что существует недостаточная осведомленность жителей сел о мерах государственной поддержки ЛПХ. Данное обстоятельство указывает на необходимость не только государственной поддержки, но и дальнейшего кооперирования и интеграции ЛПХ в территориальную экономическую систему, в том числе и через просвещение и обучение держателей семейных хозяйств.

**Ключевые слова:** личные подворные хозяйства, животноводство, растениеводство, типы ЛПХ, государственная поддержка ЛПХ, сельскохозяйственные кооперативы.

**Для цитирования:** Медведева Л. Б., Гончаренко О. Н. Тенденции развития региональных ЛПХ // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 130–137. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-130-137.

**Дата поступления статьи:** 03.04.2023, **дата рецензирования:** 27.04.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.

## The state and development trends of personal subsidiary farms in the region

L. B. Medvedeva<sup>1</sup>✉, O. N. Goncharenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

✉ E-mail: medvedeva\_lb@mail.ru

**Annotation.** The purpose of the study is to identify trends in the development of personal subsidiary plots of the population of the Tyumen region. Objectives: 1) to determine the dynamics of agricultural production by household households of the population for the period 2016–2021; 2) to consider changes in the structure of management of private household plots in the region. To achieve the goal, data collected from various open sources of state authorities, the Federal State Statistics Service, as well as reference and regulatory materials

were used. The research methods were the methods of questioning, interviewing, comparison, analysis of socio-economic processes, content analysis and the statistical method. The scientific novelty lies in the systematization and classification of disparate information on the functioning of regional private household plots, which made it possible to identify the main trends: an increase in agricultural production by private subsidiary plots of the population, changes in the structure of household plots, an increase in the number of families involved in private plots. The results consist in supplementing the established terminology with new essential features. The article contains an analysis of the indicators of agricultural production of household plots in the Tyumen region. The place of private farms in the production of agricultural products is determined, the specialization of production is reflected. Based on the data of the author's survey, the article states that household plots are an economically profitable occupation, as they provide families with food, act as a source of income and employment. In addition, it was concluded that family farms are focused on the closed type of household plots, but aimed at interacting with agricultural consumer cooperatives. It was determined that there is a lack of awareness among villagers about the measures of state support for household plots. This circumstance indicates the need not only for state support, but also for further cooperation and integration of private household plots into the territorial economic system, including through education and training of family farm owners.

**Keywords:** personal backyard farms, animal husbandry, crop production, types of household plots, state support for household plots, agricultural cooperatives.

**For citation:** Medvedeva L. B., Goncharenko O. N. Sostoyanie i tendentsii razvitiya lichnykh podsobnykh khozyaystv [Trends in the development of regional private household plots] // Agrarian Bulletin of the Urals. Vol. 23, No. 09. Pp. 130–137. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-130-137. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 03.04.2023, **date of review:** 27.04.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

#### Постановка проблемы (Introduction)

На современном этапе развития аграрного сектора экономики наибольшую социально-экономическую значимость приобрели личные подсобные хозяйства (ЛПХ) населения, которые являются составной частью всего сельскохозяйственного производства, кроме того, они служат «нишей», где безработные сельчане могут применить свой труд, а также являются формой экономической и трудовой социализации детей и молодежи [1, с. 232].

Значимость развития малых форм хозяйствования усиливается тем, что как на законодательном, так и на исполнительном уровне власти вопросы развития ЛПХ являются первостепенными. На территории РФ действует Федеральный закон от 07.07.2003 N 112-ФЗ (ред. от 28.06.2021) «О личном подсобном хозяйстве», существуют меры государственной поддержки малых форм хозяйствования на селе. Вместе с тем эксперты утверждают, что сохраняются низкая ее результативность и недостаточное влияние на повышение качества жизни на селе. В отчете об экспертно-аналитических мероприятиях Счетной палаты РФ (2021 г.) говорится, что около 27 % сельских жителей живут за чертой бедности, в то время как среди горожан доля такого населения – 8 % [2]. Данные обстоятельства ориентируют исследователей на изучение малых форм хозяйствования, которые помогают справиться с социально-экономическими вызовами современности и обеспечивают продовольственную безопасность семей.

К вопросам изучения ЛПХ систематически обращались ученые-аграрники, отмечая, что развитие

личных подсобных хозяйств – процесс исторически сложный и не однозначный. Этот тезис закреплен в теоретических трудах ученых-обществоведов, таких как С. Н. Булгаков, А. В. Чаянов, М. И. Туган-Барановский, П. А. Кропоткин [1, с. 233]. В их работах определены цели, задачи и составные части инфраструктуры ЛПХ.

Современное состояние малых форм хозяйствования, в том числе и ЛПХ, рассмотрено на общероссийском и региональном уровне российскими учеными-экономистами. Наиболее полно вопросы современного состояния ЛПХ в России и регионах получили отражение в работах О. Н. Пронской, О. С. Фоминой, Д. И. Жилияковой [3], Н. В. Решетниковой [4], Л. Л. Пашиной, В. В. Реймера, У. Ю. Зияйдинова [5], О. Я. Старковой [6], О. Л. Лушниковой [7] и других. Тюменские ученые Л. Б. Медведева и О. Н. Гончаренко проанализировали состояние ЛПХ Тюменской области [1; 8], Н. П. Ларионова [9; 10], Л. Г. Агапитова и Г. Ю. Буторина [11–13] изучили меры государственной поддержки на микроуровне.

Вместе с тем изучаемый нами сектор сельскохозяйственной экономики постоянно развивается и претерпевает изменения, что побуждает исследователей изучать ЛПХ в новых временных и экономических условиях 2016–2022 гг.

Цель исследования – выявить тенденции развития личных подсобных хозяйств населения Тюменской области.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Работа проводилась в русле системного и территориального подходов. При проведении исследова-

дования применялось поэлементное применение научных методов: анкетирования и интервьюирования, анализа социально-экономических процессов, сравнения, контент-анализа и статистического метода. Правовой основой выступили нормативно-правовые акты Российской Федерации и Тюменской области. Для реализации поставленной цели нами использовались данные, собранные из различных открытых источников государственных органов власти, Федеральной службы государственной статистики, а также справочно-нормативные материалы за период 2016–2022 гг.

### Результаты (Results)

Учитывая теоретические выводы выдающихся российских ученых, можно утверждать, что личное подсобное хозяйство – это организационно-правовая форма сельскохозяйственного производства, основанная на трудовой семейной самоорганизации и кооперации мелких собственников. Востребованность ЛПХ обусловлена на начальном этапе низким жизненным уровнем сельского населения, что позволяет участникам хозяйства удовлетворять свои потребности в основных продуктах питания, а также иметь дополнительные доходы от продажи излишков полученной собственным трудом сельскохозяйственной продукции за счет рационального использования трудовых, материальных и земельных ресурсов [8, с. 291].

В настоящий период на территории Тюменской области функционирует около 190 тыс. ЛПХ, с 2017 г. наблюдается тенденция снижения доли хозяйств населения на 9,3 % в сторону более крупных сельскохозяйственных организаций.

Производство аграрной продукции ЛПХ в Тюменской области представлено в таблице 1.

За анализируемый период объемы производства продукции сельского хозяйства личными подсобными хозяйствами населения имеют незначительное снижение на 5,8 %. При этом производство продукции растениеводства снизилось на 14 %, а животноводства – на 4 %.

Тюменская область по своим природно-климатическим условиям относится к зоне рискованного земледелия, следовательно, многие личные подсобные хозяйства населения предпочитают специализироваться на производстве продукции животноводства, а это молочное и мясное скотоводство. С 2020 г. в более южных районах Тюменской области (Сладковском, Казанском, Армизонском) активно развивается овцеводство с направлением сельского туризма.

Направления в разрезе распределения государственной поддержки в Тюменской области в большем объеме адресованы к хозяйствам, занимающимся выращиванием именно продукции животноводства, особенно молочного направления. Об этом свидетельствует и распределение средств гранта «Агростартап» для поддержки ЛПХ Тюменской области в 2021 г., которые составили 21,4 млн рублей. Из них более 70 % направлены на реализацию проектов в молочном скотоводстве.

Статистические данные подтверждаются и результатами анкетирования сельских жителей «Личные подсобные хозяйства: современное состояние и пути развития», проведенного авторами в марте 2016 г., 2020 г. и 2023 г. В исследовании приняли участие 160 респондентов из пяти сельскохозяйственных районов Тюменской области. Прежде всего участники опроса выразили свое видение ЛПХ, указав, что личное подсобное хозяйство –

Таблица 1  
Производство аграрной продукции хозяйствами населения за период 2016–2021 гг. (млн рублей)

Показатели	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Изменение 2021 к 2016	
							(+, -)	%
Производство продукции сельского хозяйства всего	22 488,0	21 907,4	19 899,1	19 132,0	20 634,7	21 197,2	-1290,8	94,2
В том числе продукции растениеводства	80 43,2	7 656,2	7 038,7	5 721,2	5 029,7	6 920,0	-1123,2	86,0
В том числе продукции животноводства	14 858,2	14 251,1	12 860,4	13 410,8	15 605,0	14 277,2	-581	96,0

Table 1  
Production of agricultural products by households of the population 2016–2021 (million rubles)

Indicators	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Change 2021 to 2016	
							(+, -)	%
Production of agricultural products total	22 488.0	21 907.4	19 899.1	19 132.0	20 634.7	21 197.2	-1290.8	94.2
Including crop products	80 43.2	7 656.2	7 038.7	5 721.2	5 029.7	6 920.0	-1123.2	86.0
Including livestock products	14 858.2	14 251.1	12 860.4	13 410.8	15 605.0	14 277.2	-581	96.0

это «подвластный рядовой семье механизм преодоления кризиса». Наиболее распространенными видами хозяйствования являются картофелеводство, овощеводство, свиноводство, птицеводство, скотоводство, овцеводство, собирание дикоросов, кролиководство. Сравнивая результаты 2016 и 2023 гг. (таблица 2), можно отметить, что за семь лет произошли изменения в структуре хозяйствования ЛПХ. Так, в 2016 году преобладало в общем объеме производство картофеля и овощей, а к 2023 году увеличилось на 23 % количество домохозяйств с ориентацией на животноводство. Самое большое повышение связано с птицеводством: увеличилось количество семей, в которых разводят и содержат птицу на 53,7%. Отвечая на открытый вопрос «Какие породы птиц вы и ваши, соседи содержите в своих ЛПХ?», респонденты отметили традиционные породы сельскохозяйственных птиц: кур, уток, гусей, домашней индейки и в единичном количестве цесарок и страусов. Появились в 2023 г. среди опрошенных семьи, занимающиеся садоводством, коневодством и пчеловодством, что свидетельствует о расширении отраслевых видов деятельности. При этом доля ЛПХ, занимающихся одним видом сельскохозяйственной деятельности, составляет 14,6 % от общего количества респондентов 2023 г.

Изменения в структуре хозяйствования ЛПХ, зафиксированные анкетированием, подтвердились в ходе личных бесед ( $n = 5$ ) с представителями семейных хозяйств села Дубровное Ярковского района и села Шорохово Исетского района Тюменской области в марте 2023 г. Основная тенденция, отмеченная респондентами, – снижение поголовья КРС. Так, в селе Дубровное 10 лет назад насчитывалось более 200 голов крупного рогатого скота, сейчас – 84. Уменьшение, по мнению опрошенных, идет по двум направлениям: у одних сокращается количество поголовья, другие же просто перестают вести ЛПХ. Причинами данной тенденции респонденты, принявшие участие как в интервью, так и в анкетировании, назвали следующие:

- 1) возраст и здоровье селян, не позволяющие заниматься хозяйством;
- 2) объединение нескольких подворий родственников в одно;
- 3) основной вид деятельности занимает много времени и не дает возможности физически заниматься ЛПХ;
- 4) семья достаточно зарабатывает, чтобы купить сельскохозяйственную продукцию;
- 5) ЛПХ считается трудоемким и экономически невыгодным занятием;
- 6) переориентирование на другие отрасли (например, сбор дикоросов, который является «менее затратным, со стопроцентной реализацией и возможностью материального обеспечения на несколько месяцев вперед»);
- 7) отсутствуют финансы на приобретение и содержание поголовья, хозяйственных построек, техники.

Семьи, продолжающие заниматься животноводством, разводят, по данным анкетирования 2023 г., в основном птицу и свиней. Респонденты в ходе интервью отметили, что, несмотря на общее увеличение семей, разводящих птиц (кур, уток, гусей), яичным направлением занимаются всего 10 %, имеющих ЛПХ, хотя занятие курами-несушками выгодно, т. к. нет проблем при реализации полученной продукции. Кроме того, продажа яиц и цыплят, куриного помета является хорошим подспорьем для сельской семьи.

В целом более половины респондентов (51,8 % (2016 г.) и 52,4 % (2023 г.)) считают ЛПХ выгодным, предприятием, приносящим как материальную прибыль в виде полученной продукции, отчасти реализованной, так и социальную – благодарность родственников и знакомых [15, с. 28].

Несмотря на все трудности: трудоемкость, рутинную технику, недостаток финансовых средств, проблемы с реализацией, с 2016 по 2023 гг., по мнению респондентов, увеличилось число семей, занимающихся личным подсобным хозяйством, в

Таблица 2  
Структура обследованных ЛПХ Тюменской области по отраслям сельского хозяйства, % (2016 и 2023 годы)

Виды деятельности	2016	2023
Картофелеводство	85	68,5
Овощеводство	62	62
Свиноводство	50	54,7
Птицеводство	29	54
Скотоводство	31	38
Овцеводство	18	23,5
Кролиководство	8,9	12,3
Пчеловодство	-	6
Собирание дикоросов	14	11

Table 2  
The structure of the surveyed agricultural enterprises of the Tyumen region by branches of agriculture, % (2016 and 2023)

Types of activities	2016	2023
Potato growing	85	68.5
Vegetable growing	62	62
Pig breeding	50	54.7
Poultry farming	29	54
Cattle breeding	31	38
Sheep breeding	18	23.5
Rabbit breeding	8.9	12.3
Beekeeping	-	6
Collecting wild plants	14	11



1,78 раза. На вопрос «Почему появилась заинтересованность в ЛПХ?» респонденты выбирали вариант «Выращивание собственной экологически безопасной продукции» (84,3 %).

Анализируя ЛПХ по уровню трудового потенциала и товарности, можно отметить, что, как и в 2016 г., в 2023 г. произведенную продукцию 72 % респондентов «потребляют сами», 23,6 % «потребляют сами и помогают родственникам», 4,4 % «выращивают для реализации». В основном население занимается ЛПХ для самообеспечения продуктами питания. Реализация сельскохозяйственной продукции происходит самостоятельно на рынках (69,2 %) или через пункты сдачи продукции (30,8 %). Переработкой продукции занимаются 86 % респондентов: 77 % – овощным и ягодным консервированием, 33 % – мясным и рыбным консервированием, 31 % – копчением. Реализуют продукцию собственной переработки только 4 %. 58,9 % семей производят продукцию совместными усилиями (родители, дети, представители старшего поколения); 34,6 % – только силами нуклеарной семьи; 6,5 % привлекают рабочую силу со стороны. В основном привлечением сезонной рабочей силы со стороны пользуются ЛПХ, ориентированные на реализацию продукции (95,8 %), и небольшое количество нуклеарных семей пожилого возраста (4,2 %). То есть в регионе присутствуют следующие типы ЛПХ, выделяемые такими исследователями, как О. Н. Пронская, О. С. Фомин, Д. И. Жилияков [3] и подтвержденные анкетированием жителей Тюменской области:

- 1) закрытый тип, ориентированный на самообеспечение;
- 2) частично открытый тип, ориентированный на самообеспечение и реализацию излишков на рынке;
- 3) открытый, рыночно-ориентированный тип;
- 4) семейно-корпоративный тип [3].

Самостоятельно заниматься ЛПХ достаточно сложно, поэтому оказывать помощь, по мнению опрошенных, должны родственники (42 %), государство (41 %), государство через систему помощи в сбыте (9 %), государство через систему кредитования (8 %) [15, с. 29].

Несмотря на недостаточную осведомленность жителей сел мерами государственной поддержки ЛПХ [15, с. 29], на сегодняшний день поддержка малого и среднего бизнеса остается одним из приоритетов социально-экономического развития Тюменской области. В 2022 г. на государственную поддержку сельскохозяйственного производства из бюджетных источников направлено 3 057,7 млн рублей, в том числе из средств федерального бюджета – 558,4 млн рублей. При этом на развитие малых форм хозяйствования (приобретение молоковозов для сельскохозяйственных кооперативов) передано 86,7 млн рублей. В 2022 г. финансировались меро-

приятия Госпрограммы по следующим подпрограммам: «Развитие агропромышленного производства Тюменской области на 2013–2025 годы», «Развитие агропромышленного производства Тюменской области на 2013–2025 годы», «Развитие малых форм хозяйствования Тюменской области на 2019–2025 годы». На цели подпрограммы «Повышение эффективности и конкурентоспособности агропромышленного производства и достижения продовольственной безопасности населения Тюменской области» в 2022 г. было направлено 2 639,9 млн рублей, в том числе 514,2 млн рублей – средства федерального бюджета. Разработанные программы, которые стимулируют жителей региона развивать личные подсобные хозяйства, субсидируют различные затраты, поддерживают кооперативы, оказывающие услуги населению. С 2012 г. в регионе реализуются мероприятия по государственной поддержке на создание и развитие хозяйств начинающих фермеров. За период реализации стали участниками данного мероприятия и получили грантовую поддержку 54 хозяйства начинающих фермеров. Общий объем финансирования малых форм хозяйствования в Тюменской области в 2021 г. составил 216,3 млн рублей, а на 2022 г. запланировано увеличение до 347,1 млн рублей<sup>1</sup>. В рамках регионального проекта Тюменской области «Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства» в 2021 г. проведен первый конкурсный отбор для предоставления грантов «Агростартап». Также с 2021 г. реализуется программа «Агропрогресс» для аграрных производителей, которые входят в состав единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства, функционирующего на сельской территории, максимальная сумма гранта составляет 30 млн рублей [16].

Владельцев региональных личных подсобных хозяйств, зарегистрированных как самозанятые, поддерживают в рамках госпрограммы развития сельского хозяйства. С 2022 г. они получают субсидии. С начала 2021 г. более 1000 самозанятых воспользовались разными видами государственной поддержки [16]. Оказывается, помощь в развитии хозяйства в рамках социального контракта, согласно которому предусмотрена выплата для ведения личного подсобного хозяйства (максимум 100 тыс. рублей) [17].

Взаимодействие ЛПХ с сельскохозяйственными потребительскими кооперативами с 2016 г. демонстрирует положительный совместный опыт, что отражается на объемах как производства, так и реализации продукции. Так, в 2021 г. было

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ от 26.11.2020 № 1932 «О внесении изменений в приложения № 7 и 8 к Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант плюс». URL: <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/66073.html> (дата обращения: 14.04.2023).



закуплено молока на 745,0 млн рублей, мяса – на 421,5 млн рублей, картофеля и овощей – на 2,2 млн рублей, дикоросов – на 0,5 млн рублей, общий объем составил 1169,2 млн рублей, что на 83,5 млн больше относительно предыдущего периода [18].

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

Личные подворные хозяйства – это существенная часть производства сельскохозяйственной продукции не только в Тюменской области, но и в целом в России. Основной региональной тенденцией в развитии регионального ЛПХ является рост производства продукции животноводства на 60 %. На основании проведенного исследования можно утверждать, что региональные ЛПХ позволяют выживать не только в трудных условиях экономического кризиса и безработицы, но и в периоды экономического подъема и предоставляют возможность для самозанятости, получения социальной удовлетворенности и прибыли. Данное обстоятельство подтверждается такими исследователями, как Н. В. Решетникова [4] и О. Л. Лушникова [8], которые подчеркивает особую роль региональных ЛПХ в обеспечении продовольственной безопасности страны, а также отмечают, что в общероссийском масштабе они являются основными производителями овощей, молока и мяса.

За последние годы количество личных подворных хозяйств в Тюменской области имеет небольшой прирост в 1,78 раза – приблизительно такой же, как и в других регионах, что подтверждается исследованием Л. Л. Пашиной, В. В. Реймера и У. Ю. Зияйдинова [5]. Личные подворья производят продукцию прежде всего для собственного потребления, но часть излишков крестьяне несут на рынок, поэтому вопросы реализации, переработки излишков – это вопросы, которыми важно заниматься на государственном уровне: так считают сельские жители, судя по авторскому анкетированию, и со-

временные ученые [6], занимающиеся проблемами ЛПХ.

В АПК Тюменской области разработаны и внедряются различные программы для поддержки ЛПХ за счет выделяемых средств. Данному вопросу уделяется внимание в муниципалитетах, на уровне правительства области и Тюменской областной думы. Однако не все ЛПХ могут воспользоваться данными программами: сохраняются значительные проблемы и риски, замедляющие увеличение численности и эффективность деятельности малых форм хозяйствования на селе.

Таким образом, комплексный анализ личных подворных хозяйств Тюменской области за период с 2016 по 2023 гг. позволяет определить основные тенденции их развития:

- рост объемов производства продукции сельского хозяйства личными подсобными хозяйствами населения;
- изменения в структуре хозяйствования ЛПХ: сокращение доли растениеводства и скотоводства с одновременным увеличением птицеводства, овцеводства и кролиководства. Появление таких отраслей сельскохозяйственного производства, как коневодство, пчеловодство и садоводство;
- увеличение числа семей, занимающихся личным подсобным хозяйством, в 1,78 раза;
- ориентация на закрытый тип ЛПХ (самообеспечение);
- продуктивное взаимодействие ЛПХ с сельскохозяйственными потребительскими кооперативами;
- недостаточная осведомленность жителей сел мерами государственной поддержки ЛПХ.

Данные тенденции указывают на необходимость не только государственной поддержки, но и дальнейшего кооперирования и интеграции ЛПХ в территориальную экономическую систему, в том числе и через просвещение и обучение держателей семейных хозяйств.

#### Библиографический список

1. Medvedeva L. B., Goncharenko O. N. Regional Private Farming: from Theory to Practice // *Advances in Engineering Research*. 2018. Vol. 151. International scientific and practical conference “AgroSMART – Smart solutions for agriculture”. Tyumen, 2018. Pp. 232–237.
2. Каульбарс А. А. Ключевые итоги экспертно-аналитического мероприятия [Электронный ресурс]. URL: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/ee1/ee159c19bdf6df58d385a02436ed0225.pdf.htm> (дата обращения: 24.03.2023).
3. Пронская О. Н., Фомин О. С., Жиликов Д. И. Перспективы развития личных подсобных хозяйств и иных малых форм хозяйствования на селе // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 5. С. 230–239.
4. Решетникова Н. В. Личное подсобное хозяйство в структуре агропродовольственного комплекса России: исторические предпосылки становления и современное состояние // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 2 (386). С. 120–124. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_2\_120.
5. Пашина Л. Л., Реймер В. В., Зияйдинов У. Ю. Малые формы хозяйствования в аграрном секторе амурской области: анализ развития // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2021. № 4 (382). С. 31–37. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-4-31-36.

6. Старкова О. Я. Развитие малых форм хозяйствования в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. 2021. № 7 (210). С. 93–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-210-07-93-100.
7. Лушникова О. Л. Личное подсобное хозяйство как источник дохода // Векторы благополучия: экономика и социум. 2021. № 3 (42). С. 116–124. DOI: 10.18799/26584956/2021/3(42)/1117.
8. Medvedeva L. B., Goncharenko O. N. Regional personal subsidiary farms in the context of the pandemic // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 291. Article number 03014.
9. Larionova N. P. Government support for agriculture and evaluation of its effectiveness at the macro and micro level // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. Article number 012211.
10. Ларионова Н. П., Медведева Л. Б. Государственная поддержка малых форм хозяйствования на основе бизнес-планирования // Экономика и предпринимательство. 2022. № 5 (142). С. 820–823.
11. Буторина Г. Ю. Грантовый механизм государственной поддержки начинающих фермеров Тюменской области // Финансовая экономика. 2019. № 3. С. 719–723.
12. Буторина Г. Ю., Агапитова Л. Г. Бизнес-планирование в малом предпринимательстве на рынке фаст-фуда // Экономика и предпринимательство. 2022. № 5 (142). С. 787–790. DOI: 10.34925/EIP.2022.142.5.148.
13. Nusratullin I., Yermeeva O., Butorina G., Novikov S., Kovazhenkov M. A. The main provisions of the evolutionary doctrine in economics // Amazonia Investiga. 2020. Vol. 9. No. 25. Pp. 230–241.
14. Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу [Электронный ресурс]. URL: [https://72.rosstat.gov.ru/ofs\\_sx\\_ug](https://72.rosstat.gov.ru/ofs_sx_ug) (дата обращения: 24.03.2023).
15. Медведева Л. Б., Гончаренко О. Н. Формирование условий функционирования малых форм хозяйствования // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика. 2017. № 4. С. 26–30.
16. Самозанятых владельцев ЛПХ в 2022 году поддержат субсидиями [Электронный ресурс]. URL: <https://t-l.ru/316598.htm> (дата обращения: 24.03.2023).
17. Социальный контракт помогает расширить личное подсобное хозяйство: официальный портал органов государственной власти Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: [https://admtumen.ru/ogv\\_ru/society/social\\_policy/soc\\_news/more.htm?id=11923597@egNews.htm](https://admtumen.ru/ogv_ru/society/social_policy/soc_news/more.htm?id=11923597@egNews.htm) (дата обращения: 24.03.2023).
18. Развитию личных подворий тюменцев помогают кредитные кооперативы: по материалам департамента АПК ТО [Электронный ресурс]. URL: [https://admtumen.ru/ogv\\_ru/news/subj/more.htm?id=11893435%40egNews.htm](https://admtumen.ru/ogv_ru/news/subj/more.htm?id=11893435%40egNews.htm) (дата обращения: 24.03.2023).

#### Об авторах:

Любовь Борисовна Медведева<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации АПК, ORCID 0000-0003-1779-5439, AuthorID 751043; +7 904 491-58-69, [medvedeva\\_lb@mail.ru](mailto:medvedeva_lb@mail.ru)

Ольга Николаевна Гончаренко<sup>1</sup>, кандидат исторических наук, доцент кафедры философии и социально-гуманитарных наук, ORCID 0000-0002-3761-5071, AuthorID 300355; +7 904 497-03-57, [goncharenko-65@mail.ru](mailto:goncharenko-65@mail.ru)

<sup>1</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

#### References

1. Medvedeva L. B., Goncharenko O. N. Regional Private Farming: from Theory to Practice // Advances in Engineering Research. 2018. Vol. 151. International scientific and practical conference “AgroSMART – Smart solutions for agriculture”. Tyumen, 2018. Pp. 232–237.
2. Kaul’bars A. A. Klyuchevye itogi ekspertno-analiticheskogo meropriyatiya [Key results of the expert-analytical event] [e-resource]. URL: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/ee1/ee159c19bdf6df58d385a02436ed0225.pdf.htm> (date of reference: 24.03.2023). (In Russian.)
3. Pronskaya O. N., Fomin O. S., Zhilyakov D. I. Perspektivy razvitiya lichnykh podsobnykh khozyaystv i inykh malykh form khozyaystvovaniya na sele [Prospects for the development of personal subsidiary plots and other small forms of farming in the countryside] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel’skokhozyaystvennoy akademii. 2020. No. 5. Pp. 230–239. (In Russian.)
4. Reshetnikova N. V. Lichnoe podsobnoe khozyaystvo v strukture agroproduktivnogo kompleksa Rossii: istoricheskie predposylki stanovleniya i sovremennoe sostoyaniye [Personal subsidiary farming in the structure of the agro-food complex of Russia: historical prerequisites for the formation and current state] // International Agricultural Journal. 2022. No. 2 (386). Pp. 120–124. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_2\_120. (In Russian.)
5. Pashina L. L., Reymer V. V., Ziyaydinov U. Yu. Malye formy khozyaystvovaniya v agrarnom sektore amurskoy oblasti: analiz razvitiya [Small forms of management in the agricultural sector of the Amur region: development

analysis] // International Agricultural Journal. 2021. No. 4 (382). Pp. 31–37. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-4-31-36. (In Russian.)

6. Starkova O. Ya. Razvitie malykh form khozyaystvovaniya v sel'skom khozyaystve [Development of small forms of management in agriculture] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 7 (210). Pp. 93–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-210-07-93-100. (In Russian.)

7. Lushnikova O. L. Lichnoe podsobnoe khozyaystvo kak istochnik dokhoda [Personal farming as a source of income] // Journal of Wellbeing Technologies. 2021. No. 3 (42). Pp. 116–124. DOI: 10.18799/26584956/2021/3(42)/1117. (In Russian.)

8. Medvedeva L. B., Goncharenko O. N. Regional personal subsidiary farms in the context of the pandemic // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 291. Article number 03014.

9. Larionova N. P. Government support for agriculture and evaluation of its effectiveness at the macro and micro level // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. Article number 012211.

10. Larionova N. P., Medvedeva L. B. Gosudarstvennaya podderzhka malykh form khozyaystvovaniya na osnove biznes-planirovaniya [State support for small businesses based on business planning] // Journal of Economy and entrepreneurship. 2022. No. 5 (142). Pp. 820–823. (In Russian.)

11. Butorina G. Yu. Grantovyy mekhanizm gosudarstvennoy podderzhki nachinayushchikh fermerov Tyumenskoy oblasti [Grant mechanism of state support for beginning farmers in the Tyumen region] // Finansial Economy. 2019. No. 3. Pp. 719–723. (In Russian.)

12. Butorina G. Yu., Agapitova L. G. Biznes-planirovanie v malom predprinimatel'stve na rynke fastfuda [Business planning in small business in the fast food market] // Journal of Economy and entrepreneurship. 2022. No. 5 (142). Pp. 787–790. DOI: 10.34925/EIP.2022.142.5.148. (In Russian.)

13. Nusratullin I., Yermeeva O., Butorina G., Novikov S., Kovazhenkov M. A. The main provisions of the evolutionary doctrine in economics // Amazonia Investiga. 2020. Vol. 9. No. 25. Pp. 230–241.

14. Upravlenie Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Tyumenskoy oblasti, Khanty-Mansiyskomu avtonomnomu okrugu – Yugre i Yamalo-Nenetskomu avtonomnomu okrugu [e-resource]. URL: [https://72.rosstat.gov.ru/ofs\\_sx Ug htm](https://72.rosstat.gov.ru/ofs_sx Ug htm) (date of reference: 24.03.2023). (In Russian.)

15. Medvedeva L. B., Goncharenko O. N. Formirovanie usloviy funktsionirovaniya malykh form khozyaystvovaniya [Formation of conditions for the functioning of small forms of management] // Proceedings of Higher Educational Institutions. Sociology. Economy. Politics. 2017. No. 4. Pp. 26–30. (In Russian.)

16. Samozanyatykh vladel'tsev LPKh v 2022 godu podderzhat subsidiyami [Self-employed household plot owners will be supported by subsidies in 2022] [e-resource]. URL: <https://t-l.ru/316598.htm> (date of reference: 24.03.2023). (In Russian.)

17. Sotsial'nyy kontrakt pomogaet rasshirit' lichnoe podsobnoe khozyaystvo: Ofitsial'nyy portal organov gosudarstvennoy vlasti Tyumenskoy oblasti. 20 avgusta 2021 g. [The social contract helps to expand personal subsidiary plots: the official portal of the state authorities of the Tyumen region] [e-resource]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/society/social\\_policy/soc\\_news/more.htm?id=11923597@egNews.htm](https://admtymen.ru/ogv_ru/society/social_policy/soc_news/more.htm?id=11923597@egNews.htm) (date of reference: 24.03.2023). (In Russian.)

18. Razvitiyu lichnykh podvoriy tyumentsev pomogayut kreditnye kooperativy: po materialam departamenta APK TO: Sayt administratsii TO [Credit cooperatives help develop personal farmsteads of Tyumen residents: based on the materials of the AIC TO Department] [e-resource]. URL: [https://admtymen.ru/ogv\\_ru/news/subj/more.htm?id=11893435%40egNews](https://admtymen.ru/ogv_ru/news/subj/more.htm?id=11893435%40egNews) (date of reference: 24.03.2023). (In Russian.)

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

Lyubov B. Medvedeva<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor of the department of economics and organization of the AIC, ORCID 0000-0003-1779-5439, AuthorID 751043; +7 904 491-58-69, [medvedeva\\_lb@mail.ru](mailto:medvedeva_lb@mail.ru)

Olga N. Goncharenko<sup>1</sup>, candidate of historical sciences, associate professor of the department of philosophy and social sciences and humanities, ORCID 0000-0002-3761-5071, AuthorID 300355; +7 904 497-03-57, [goncharenko-65@mail.ru](mailto:goncharenko-65@mail.ru)

<sup>1</sup> State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

## Комплексная оценка продовольственного обеспечения населения Республики Башкортостан в условиях новых системных вызовов

А. Н. Семин<sup>1</sup>✉, О. А. Рущицкая<sup>2</sup>, Р. У. Гусманов<sup>3</sup>, Е. В. Стомба<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

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

<sup>3</sup> Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>4</sup> Уфимский университет науки и технологий (Бирский филиал), Бирск, Россия

✉ E-mail: [aleks\\_ural\\_55@mail.ru](mailto:aleks_ural_55@mail.ru)

**Аннотация.** Цель исследования заключается в осуществлении комплексной оценки продовольственного обеспечения населения федерального субъекта (на примере Башкортостана) в условиях внешних и внутренних системных вызовов и ограничений. В статье актуализируется, что наблюдаемые условия развития агропродовольственной системы на национальном уровне и на уровне федеральных субъектов сопровождаются беспрецедентными изменениями, которые непосредственно связаны с появлением новых вызовов, трендов и угроз, активным внедрением инновационных и цифровых технологий при производстве продуктов питания животного происхождения. **Методы.** Концептуальным и теоретико-методологическим базисом исследования являлись фундаментальные положения современных теорий развития агропродовольственного рынка и продовольственного обеспечения населения, человеческого капитала, экономического роста и устойчивого функционирования сельских территориальных образований. В качестве средств инструментально-методического аппарата исследования применялся системный подход в сочетании со следующими методами: монографическим, абстрагирования, графической визуализации, обобщения и систематизации, компаративного анализа. В основу комплексного исследования продовольственного обеспечения сельских и городских жителей Республики Башкортостан положены результаты проведенного контент-анализа современных тенденций, проблем и стратегических перспектив развития сельского хозяйства и агропродовольственного рынка региона. **Результаты.** В данном исследовании осуществлена комплексная оценка обеспеченности населения Республики Башкортостан продуктами питания животного происхождения (мясом и мясопродуктами, молоком и молочными продуктами). Выделены ключевые проблемы, препятствующие развитию животноводческого и птицеводческого комплекса республики. Рассмотрена динамика показателей, отражающих численность скота, продуктивность скота и птицы в агроформированиях региона. Дана оценка отдельных социальных показателей функционирования сельских территориальных образований на региональном уровне. Проведен подробный анализ баланса ресурсов (производства, импорта и экспорта) мяса и мясопродуктов, молока и молочных продуктов, формируемых в республиканском масштабе. Разработаны практические предложения, направленные на совершенствование критериев и параметров самообеспеченности населения федеральных субъектов нашей страны отдельными видами агропродовольственной продукции. **Научная новизна** заключается в обосновании новых положений, направленных на эффективную оценку продовольственного обеспечения населения федерального субъекта продуктами питания животного происхождения в условиях современных вызовов, угроз и ограничений. **Ключевые слова:** продовольственная безопасность, продовольственное обеспечение, продукты питания, агропродовольственный рынок, агроформирования.

**Для цитирования:** Семин А. Н., Рущицкая О. А., Гусманов Р. У., Стомба Е. В. Комплексная оценка продовольственного обеспечения населения Республики Башкортостан в условиях новых системных вызовов // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 138–148. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-138-148.

**Дата поступления статьи:** 04.04.2023, **дата рецензирования:** 28.04.2023, **дата принятия:** 14.06.2023.



# Comprehensive assessment of the food supply of the population of the Republic of Bashkortostan in the context of new systemic challenges

A. N. Semin<sup>1✉</sup>, O. A. Rushchitskaya<sup>2</sup>, R. U. Gusmanov<sup>3</sup>, E. V. Stovba<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

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

<sup>3</sup> Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>4</sup> Ufa University of Science and Technology (Birsk branch), Birsk, Russia

✉ E-mail: [aleks\\_ural\\_55@mail.ru](mailto:aleks_ural_55@mail.ru)

**Abstract.** The aim of the study is to carry out a comprehensive assessment of the food supply of the population of the federal subject (on the example of Bashkortostan) in the context of external and internal systemic challenges and restrictions. The article updates that the observed conditions for the development of the agro-food system at the national level and at the level of federal subjects are accompanied by unprecedented changes that are directly related to the emergence of new challenges, trends and threats, the active introduction of innovative and digital technologies in food of animal origin. The conceptual and theoretical and methodological basis of the study was the fundamental provisions of modern theories of the development of the agro-food market and food supply for the population, human capital, economic growth and sustainable functioning of rural territorial entities. **Methods.** As a means of instrumental and methodological apparatus of research, a systematic approach was used in combination with the following methods: monographic, abstraction, graphic visualization, generalization and systematization, comparative analysis. A comprehensive study of food supply for rural and urban residents of the Republic of Bashkortostan is based on the results of a content analysis of current trends, problems and strategic prospects for the development of agriculture and the agro-food market in the region. **Results.** In this study, a comprehensive assessment of the provision of the population of the Republic of Bashkortostan with food of animal origin (meat and meat products, milk and dairy products) was carried out. The key problems hindering the development of the livestock and poultry complex of the republic are identified. The dynamics of indicators reflecting the number of livestock, the productivity of livestock and poultry in the agro-formations of the region is considered. An assessment of individual social indicators of the functioning of rural territorial entities at the regional level is given. A detailed analysis of the balance of resources (production, imports and exports) of meat and meat products, milk and dairy products, formed on a republican scale, was carried out. Practical proposals have been developed aimed at improving the criteria and parameters of self-sufficiency of the population of the federal subjects of our country with certain types of agro-food products. **The scientific novelty** lies in the substantiation of new provisions aimed at the effective assessment of the food supply of the population of the federal subject with food of animal origin in the face of modern challenges, threats and restrictions.

**Keywords:** food security, food supply, food products, agro-food market, agro-formations.

**For citation:** Semin A. N., Rushchitskaya O. A., Gusmanov R. U., Stovba E. V. Kompleksnaya otsenka prodovol'stvennogo obespecheniya naseleniya Respubliki Bashkortostan v usloviyakh novykh sistemnykh vyzovov [Comprehensive assessment of the food supply of the population of the Republic of Bashkortostan in the context of new systemic challenges] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, No. 09. Pp. 138–148. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-138-148. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 04.04.2023, **date of review:** 28.04.2023, **date of acceptance:** 14.06.2023.

## Постановка проблемы (Introduction)

Современная проблематика развития продовольственного обеспечения населения и агропродовольственного рынка является важным и актуальным предметом научных дискуссий и исследований, проводимых ведущими отечественными экономистами-аграрниками. Наша страна является одним из ключевых экспортеров отдельных видов продовольствия, и экономические последствия антиросийских санкционных ограничений, такие,

например, как нарушение и нестабильность логистических и транспортных цепочек, в определенной степени влияют на торговлю и стабильность функционирования агропродовольственного рынка для многих развивающихся стран мира.

Необходимо констатировать, что в настоящее время мировая экономика постепенно удаляется от последствий шторма ковидного периода, при этом активизируются и формируются новые системные вызовы, среди которых первостепенное значение



имеет решение проблем достижения продовольственного обеспечения и угрозы массового голода населения [1; 2]. Так, согласно оценке специалистов ООН, в мире голодают около 850 млн чел., около 2,5 млрд чел. испытывают трудности в обеспечении отдельных видов продуктов питания. В этой связи особую роль и актуальность приобретают научные исследования, непосредственно направленные на разработку стратегических мероприятий по стабильному обеспечению городского и сельского населения продуктами питания животного происхождения, а именно молоком и мясом [3; 4].

Безусловно, гарантированное обеспечение населения высокоценными продуктами питания животного происхождения имеет ключевое значение с позиций достижения физиологических норм потребления и, что особенно важно, с точки зрения экономической доступности населения продовольствием [5; 6]. Данные аспекты в концептуальном отношении нашли свое отражение и рассматриваются в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (2020 г.).

Следует отметить, что в последние годы при формировании рейтинговой оценки уровня продовольственной безопасности отдельных федеральных субъектов превалирует определение доли отдельных видов произведенной продукции в общем продовольственном балансе, а также расчет показателей, отражающих продуктивность животных и птицы при сопоставлении со средним уровнем и номеров позиций данных параметров в общей очередности регионов и федеральных округов.

До настоящего времени на фоне имевшейся значительной доли импортной продукции на отечественном агропродовольственном рынке использование этого подхода было вполне объективным и востребованным [7; 8]. Однако сегодня, на наш взгляд, необходима серьезная корректировка и переработка отдельных положений последнего утвержденного варианта Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации.

Данная коррекция непосредственно связана с тем, что целый ряд базовых критериев, заложенных в настоящей Доктрине, фактически преодолел запланированный уровень импортозамещения. В этом концептуальном ракурсе, соответственно,

объективными и необходимыми являются проектирование и разработка новых параметров продовольственного самообеспечения населения на ближнесрочный, среднесрочный и дальнесрочный временные периоды [9; 10].

#### Методология и методы исследования (Methods)

Концептуальным и теоретико-методологическим базисом исследования являлись фундаментальные положения современных теорий развития агропродовольственного рынка и продовольственного обеспечения населения, человеческого капитала, экономического роста и устойчивого функционирования сельских территориальных образований. В основу исследования продовольственного обеспечения городского и сельского населения Башкортостана положены результаты проведенного контент-анализа современных тенденций, проблем и стратегических перспектив развития сельского хозяйства и агропродовольственного рынка региона.

В качестве средств инструментально-методического аппарата научного исследования применялся системный подход в сочетании с теоретико-эмпирическими методами (монографическим, абстрагирования, графической визуализации, обобщения и систематизации), а также компаративного анализа. В частном аспекте аналитическая часть исследования преимущественно представлена в табличном отображении.

Отдельные параметры, отражающие рациональные нормы потребления и общей потребности в продуктах питания животного происхождения по Российской Федерации и Башкортостану, представлены в таблице 1.

На наш взгляд, наряду с перспективной оценкой параметров среднестатистического обеспечения в оперативные задачи производства продуктов питания следует включить проектирование объемов стратегических запасов и текущих резервов агропродовольственной продукции. При этом в проектируемых продовольственных балансах отдельной строкой должны быть предусмотрены и объемы отечественного сельскохозяйственного продовольствия на экспорт, в перечень которых могут быть включены не только зерно и подсолнечное масло, но и другие агропродовольственные товары [12].

Таблица 1

#### Рациональные нормы потребления и общая потребность в продуктах питания животного происхождения

Пищевые продукты	Рекомендованные нормы потребления	Общая потребность		Ожидаемое производство	
		РФ	РБ	РФ	РБ
Мясо и мясопродукты	76 кг/год/чел	11 128,5 тыс. т	304,1 тыс. т	11 346,1 тыс. т	350 тыс. т
Молоко и молокопродукты	340 кг/год/чел	49 785,4 тыс. т	1 360,6 тыс. т	32 339,2 тыс. т	1 750 тыс. т
Яйца	270 шт/год/чел	39 420 млн шт.	1 080,5 млн шт.	44 893,4 млн шт.	11 18,0 млн шт.

Источник: рассчитано авторами по данным Росстата и Минздрава России [11].

Table 1

**Rational consumption rates and general food requirements of animal origin**

Foodstuff	Recommended consumption rates, kg/year/person	Total demand		Expected production	
		RF	RB	RF	RB
Meat and meat products	76 kg/year/person	11 128.5 thousand t	304.1 thousand t	11 346.1 thousand t	350 thousand t
Milk and dairy products	340 kg/year/person	49 785.4 thousand t	1 360.6 thousand t	32 339.2 thousand t	1 750 thousand t
Eggs	270 pcs/year/person	39 420 million psc.	1 080.5 million psc.	44 893.4 million psc.	1 118.0 million psc.

Source: calculated by the authors according to Rosstat and the Ministry of Health of Russia data [11].

Также в предлагаемый вариант продовольственного баланса следует включить товары двойного назначения, созданные перерабатывающей промышленностью в виде консервированных продуктов питания, используемых как для экспорта, так и для других стратегических целей. Именно по этим причинам в формируемых перспективных Программах развития АПК РБ необходимо более подробно и активно рассматривать и поддерживать внедрение отдельных инвестиционных проектов в области развития перерабатывающей промышленности.

### Результаты (Results)

Несмотря на определенные успехи функционирования сельского хозяйства Башкортостана, проведенный контент-анализ динамики статистических данных, отражающих функционирование аграрного сектора региона, определяет рассмотрение ключевых проблем развития животноводства. Так, отдельной проблемой развития животноводческого и птицеводческого комплекса республики является его адаптация к условиям глобального похолодания [13]. На национальном уровне прогнозы по похолоданию климата на 1,5–2,0 °C в нашей стране на ближайшие 30 лет были обоснованы коллективом Тюменского научного центра СО РАН под руководством председателя этого научного учреждения академика Владимира Мельникова. Необходимо констатировать, что фактически 7 последних лет российские метеорологи страны прогнозируют начало приближения эпохи более суровых зим.

Следует отметить, что подобный прогноз в масштабах планеты был также представлен австралийскими климатологами. В свою очередь, американские ученые согласны с подобными предположениями и прогнозными разработками, однако при этом исследователи подчеркивают, что длительное глобальное потепление в долгосрочной перспективе остается в силе, а 30-летнее похолодание является относительно локальным явлением.

Для Башкортостана в фактически сложившейся природно-климатической ситуации основной проблемой является то, что именно в зоне Урала, согласно прогнозным оценкам, будут наблюдаться наиболее суровые зимы, перемежающиеся с определенными оттепелями. Фактически подобные кли-

матические явления наблюдались в зимний период 2022–2023 гг. В этом отношении главная задача АПК республики отражена в стратегической поддержке всех форм многоукладной экономики регионального сельского хозяйства как основы сохранения территориального социально-экономического благополучия и благосостояния населения [14]. При этом фундаментом адаптации к климатическим изменениям является сформированная в хозяйствах Башкортостана кормовая база животноводства.

Безусловно, в настоящее время проблемы оптимизации молочной подотрасли животноводства обостряются из-за продолжающегося сокращения поголовья КРС в агроформированиях республики. Снижение численности отдельных видов сельскохозяйственных животных в республиканском масштабе наглядно демонстрируют данные таблицы 2, согласно которым такого катастрофического снижения поголовья животных в агроформированиях Башкортостана не наблюдалось за всю историю статистических наблюдений.

Так, в 2021 г. поголовье КРС по сравнению с показателями 1990 г. сократилось на рекордные 64 %, в том числе коров – на 54 %; свиней – на 59 %, овец и коз – на 77 %, лошадей – на 36 %. При этом необходимо отметить, что снижение поголовья животных продолжается практически без перерыва более 30 лет. В этот же период – с 1990 по 2021 гг. – в сельскохозяйственных организациях поголовье КРС снизилось на 84 %, в том числе коров – на 55 %; свиней – на 55 %, овец и коз – на 99 %, лошадей – на 86 %.

За аналогичный временной период в ЛПХ поголовье КРС уменьшилось на 35 %, в том числе коров – на 43 %; свиней – на 76 %, овец и коз – на 57 %, при том что поголовье лошадей резко выросло в 2,3 раза. При рассмотрении категории крестьянских (фермерских) хозяйств следует отметить, что с 2010 до 2021 гг. поголовье КРС выросло на 97 %, в том числе коров – на 171 %; овец и коз – на 38 %, лошадей – на 168 %.

Анализ фактически сложившейся ситуации позволяет резюмировать, что сокращение численности КРС позволило частично увеличить надои оставшегося поголовья животных (таблица 3).

Таблица 2

Динамика поголовья скота в агроформированиях Башкортостана, тыс. гол.

Экономика

Годы	Сельскохозяйственные животные				
	Крупный рогатый скот	в т. ч. коровы	Свиньи	Овцы	Лошади
1916	1076,0	584,0	295,0	2294,0	980,0
1941	924,8	473,0	209,9	2189,5	524,0
1946	825,8	423,9	94,4	1326,9	227,2
1955	969,7	446,8	406,3	2445,4	347,0
1960	1246,8	567,7	766,3	2864,8	264,2
1965	1601,3	711,9	891,6	2588,1	198,8
1970	2022,2	759,8	905,2	2993,9	212,6
1975	2187,4	794,7	1167,4	3158,7	196,6
1980	2367,6	833,2	1149,7	3053,0	183,8
1985	2350,7	823,5	1161,8	2749,1	186,9
1990	2415,0	812,5	1194,9	2479,4	190,1
1995	2226,6	872,6	818,8	1488,3	189,8
2000	1721,7	751,5	632,1	725,0	150,7
2005	1706,8	689,1	563,8	781,8	152,9
2010	1753,6	655,6	632,2	906,0	153,3
2015	1220,1	458,4	283,2	834,6	110,6
2020	940,3	396,1	504,3	674,8	119,5
2022	868,0	372,2	485,2	581,6	121,1

Источник: составлено авторами по данным Башкортостанстата [15].

Table 2

Dynamics of livestock in agro-formations of Bashkortostan, thousand head

Years	Farm animals				
	Cattle	inc. cows	Pigs	Sheep	Horse
1916	1076.0	584.0	295.0	2294.0	980.0
1941	924.8	473.0	209.9	2189.5	524.0
1946	825.8	423.9	94.4	1326.9	227.2
1955	969.7	446.8	406.3	2445.4	347.0
1960	1246.8	567.7	766.3	2864.8	264.2
1965	1601.3	711.9	891.6	2588.1	198.8
1970	2022.2	759.8	905.2	2993.9	212.6
1975	2187.4	794.7	1167.4	3158.7	196.6
1980	2367.6	833.2	1149.7	3053.0	183.8
1985	2350.7	823.5	1161.8	2749.1	186.9
1990	2415.0	812.5	1194.9	2479.4	190.1
1995	2226.6	872.6	818.8	1488.3	189.8
2000	1721.7	751.5	632.1	725.0	150.7
2005	1706.8	689.1	563.8	781.8	152.9
2010	1753.6	655.6	632.2	906.0	153.3
2015	1220.1	458.4	283.2	834.6	110.6
2020	940.3	396.1	504.3	674.8	119.5
2022	868.0	372.2	485.2	581.6	121.1

Source: compiled by the authors based on Bashkortostanstat data [15].

Таблица 3

Динамика показателей продуктивности скота и птицы в агроформированиях Башкортостана

Показатели	Годы					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Средний годовой надой молока на одну корову, кг	2142	3324	3747	4391	5929	6207
Средняя годовая яйценоскость кур-несушек, шт.	260	306	311	289	296	318

Источник: составлено авторами по данным Башкортостанстата [15].

Table 3

Dynamics of livestock and poultry productivity indicators in agro-formations of Bashkortostan

Indicators	Years					
	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Average annual milk yield per cow, kg	2142	3324	3747	4391	5929	6207
Average annual egg production of laying hens, pcs.	260	306	311	289	296	318

Source: compiled by the authors based on Bashkortostanstat data [15].

Однако данный факт не является убедительным, поскольку еще в 2014 г. наша республика находилась в числе регионов-лидеров как по поголовью КРС (в том числе и по численности коров), так и по показателям валового производства молока. Проведенный нами контент-анализ позволяет сделать однозначный вывод о том, что количество имеющегося зернофуража в хозяйствах Башкортостана «на бумаге» было завышено и фактически наблюдалась его нехватка.

Следует отметить, что при прежнем руководстве республики зачастую непополненные урожаи списывались главным образом как израсходованные на нужды животноводства. В то же время создается

впечатление, что во многих муниципальных районах с ярко выраженной сельскохозяйственной специализацией фактически отсутствует объективный контроль по заготовке и наличию кормов, в том числе зернофуража.

Необходимо констатировать, что в создавшейся ситуации одним из ключевых негативных факторов, препятствующих эффективному развитию аграрного сектора экономики, является низкое качество человеческого капитала [16; 17]. Безусловно, развитие человеческого капитала непосредственно связано с фактическим состоянием социальной сферы села (рис. 1).

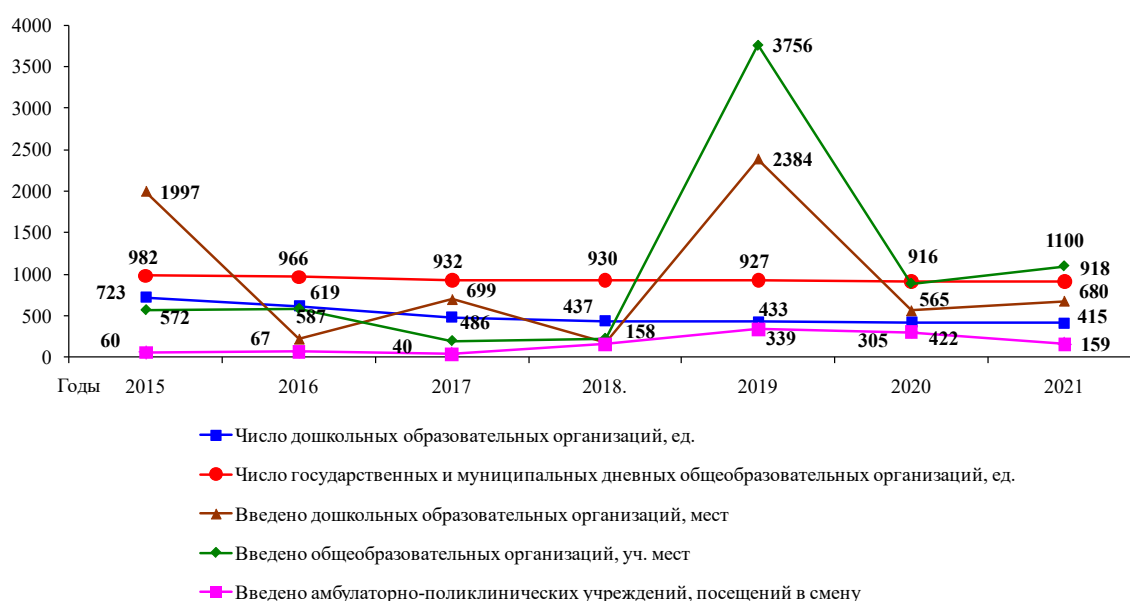


Рис. 1. Динамика отдельных социальных показателей функционирования сельских территориальных образований Башкортостана

Источник: составлено авторами по данным Башкортостанстата [15]

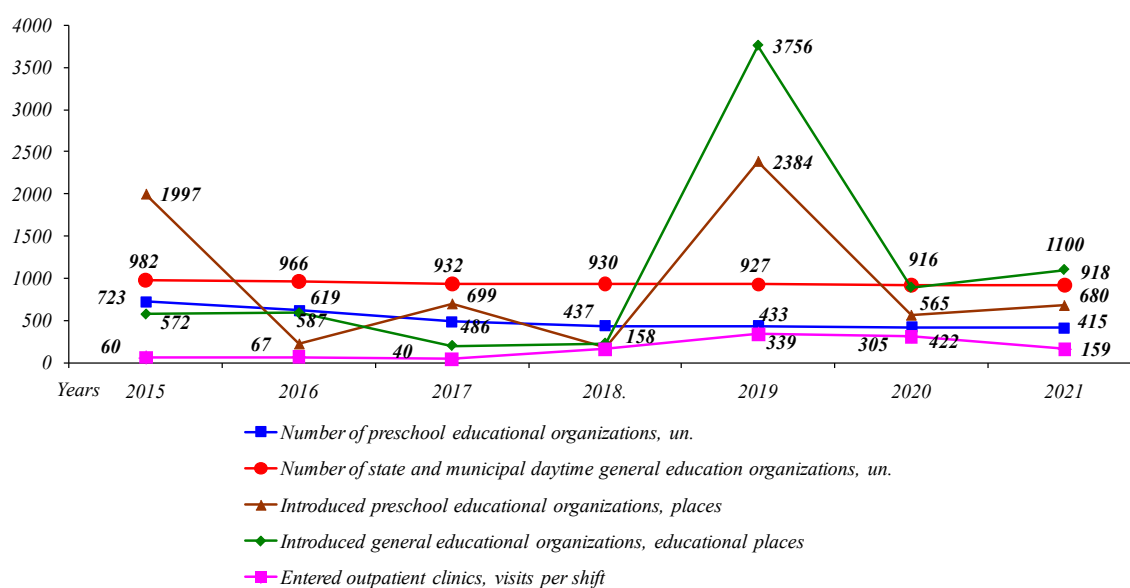


Fig. 1. Dynamics of individual social indicators of the functioning of rural territorial entities of Bashkortostan  
Source: compiled by the authors based on Bashkortostanstat data [15]

Таблица 4

Динамика ресурсов мяса и мясопродуктов Башкортостана, тыс. т

Показатели	Годы				
	2015	2018	2019	2020	2021
<b>Ресурсы</b>					
Запасы на начало года	40,4	32,1	26,2	34,4	30,1
Производство	247,8	260,6	263,2	287,0	272,5
Ввоз, включая импорт	72,8	92,9	104,7	105,9	107,2
Итого ресурсов	361,0	385,6	394,1	427,3	409,8
<b>Использование</b>					
Производственное потребление	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2
Потери	0,6	0,6	0,6	0,6	0,2
Вывоз, включая экспорт	19,7	42,9	44,8	80,0	68,1
Личное потребление	302,6	315,6	314,2	316,4	314,9
Запасы на конец года	38,0	26,2	34,4	30,1	26,4

Источник: составлено авторами по данным Башкортостанстата [15].

Table 4

Dynamics of meat and meat products resources of Bashkortostan, thousand tons

Indicators	Years				
	2015	2018	2019	2020	2021
<b>Resources</b>					
<i>Reserves at the beginning of the year</i>	<i>40.4</i>	<i>32.1</i>	<i>26.2</i>	<i>34.4</i>	<i>30.1</i>
<i>Production</i>	<i>247.8</i>	<i>260.6</i>	<i>263.2</i>	<i>287.0</i>	<i>272.5</i>
<i>Import, including import</i>	<i>72.8</i>	<i>92.9</i>	<i>104.7</i>	<i>105.9</i>	<i>107.2</i>
<i>Total resources</i>	<i>361.0</i>	<i>385.6</i>	<i>394.1</i>	<i>427.3</i>	<i>409.8</i>
<b>Use</b>					
<i>Industrial consumption</i>	<i>0.1</i>	<i>0.3</i>	<i>0.1</i>	<i>0.2</i>	<i>0.2</i>
<i>Losses</i>	<i>0.6</i>	<i>0.6</i>	<i>0.6</i>	<i>0.6</i>	<i>0.2</i>
<i>Export, including export</i>	<i>19.7</i>	<i>42.9</i>	<i>44.8</i>	<i>80.0</i>	<i>68.1</i>
<i>Personal consumption</i>	<i>302.6</i>	<i>315.6</i>	<i>314.2</i>	<i>316.4</i>	<i>314.9</i>
<i>Stocks at the end of the year</i>	<i>38.0</i>	<i>26.2</i>	<i>34.4</i>	<i>30.1</i>	<i>26.4</i>

Source: compiled by the authors based on Bashkortostanstat data [15].

В то же время статистические данные, представленные на рис. 1, показывают снижение отдельных показателей, характеризующих функционирование социальной составляющей сельских территориальных образований в региональном масштабе.

При рассмотрении тенденций развития на республиканском агропродовольственном рынке Башкортостана необходимо констатировать, что в секторе производства мяса наблюдаются ярко выраженные негативные тенденции (таблица 4).

Так, относительно фактически достигнутых результатов 2021 г. общие объемы производства мяса скота и птицы снизились за год в региональном масштабе на 14,5 тыс. т, или на 5 %. За последнее десятилетие показатели, отражающие ввоз мяса (включая его импорт), имели устойчивый рост, и в 2021 г. данный параметр составил 107 тыс. т, или 26,2 % от всех ресурсов мяса и мясопродуктов республики.

В то же время Башкортостан достаточно активно экспортировал значительные объемы мяса и мясопродуктов: так, в 2021 г. было импортировано 68,1 тыс. т, или 16,6 % ресурсов. При этом показатели импорта за последние 5 лет резко возросли

(на 71 %), что отражает тенденции увеличения объемов переработки мяса в республике. Что касается структуры производства скота и птицы по категориям хозяйств в 2021 г., то доля сельскохозяйственных организаций в данный временной период составила 55,7 %, доля хозяйств населения – 38,1 %, крестьянских (фермерских) хозяйств – 6,2 %.

Также на республиканском агропродовольственном рынке наблюдается неоднозначная ситуация относительно формирования ресурсов молока. По данным таблицы 5 видно, что объемы производства молока продолжают уменьшаться и с 2015 по 2021 гг. это снижение составило 91,3 тыс. т.

За этот же временной период объемы импорта молока в республиканском масштабе выросли до 128,4 тыс. т, объемы экспорта молока – до 244,7 тыс. т. Отдельно стоит отметить, что личное потребление молока в республике остается относительно небольшим. При оценке структуры производства молока и молокопродуктов по категориям хозяйств Башкортостана в 2021 г. наблюдаются следующие пропорции: 53,1 % было произведено хозяйствами населения, 34,8 % – сельскохозяйственными организациями, 12,1 % – крестьянскими (фермерскими) хозяйствами.



Динамика ресурсов молока и молокопродуктов Башкортостана, тыс. т

Показатели	Годы				
	2015	2018	2019	2020	2021
Ресурсы					
Запасы на начало года	120,0	92,0	104,9	97,4	117,7
Производство	1705,4	1623,9	1641,1	1670,5	1614,1
Ввоз, включая импорт	25,6	112,3	111,1	113,4	128,4
Итого ресурсов	1851,0	1828,2	1857,1	1881,3	1860,2
Использование					
Производственное потребление	335,2	298,9	309,3	314,8	310,6
Потери	0,3	0,2	0,5	0,1	0,2
Вывоз, включая экспорт	208,6	206,7	233,1	231,7	244,7
Личное потребление	1207,2	1217,5	1216,8	1217,0	1205,4
Запасы на конец года	99,7	104,9	97,4	117,7	99,3

Источник: составлено авторами по данным Башкортостанстата [15].

Table 5

Dynamics of milk and milk products resources in Bashkortostan, thousand tons

Indicators	Years				
	2015	2018	2019	2020	2021
Resources					
<i>Reserves at the beginning of the year</i>	<i>120.0</i>	<i>92.0</i>	<i>104.9</i>	<i>97.4</i>	<i>117.7</i>
<i>Production</i>	<i>1705.4</i>	<i>1623.9</i>	<i>1641.1</i>	<i>1670.5</i>	<i>1614.1</i>
<i>Import, including import</i>	<i>25.6</i>	<i>112.3</i>	<i>111.1</i>	<i>113.4</i>	<i>128.4</i>
<i>Total resources</i>	<i>1851.0</i>	<i>1828.2</i>	<i>1857.1</i>	<i>1881.3</i>	<i>1860.2</i>
Use					
<i>Industrial consumption</i>	<i>335.2</i>	<i>298.9</i>	<i>309.3</i>	<i>314.8</i>	<i>310.6</i>
<i>Losses</i>	<i>0.3</i>	<i>0.2</i>	<i>0.5</i>	<i>0.1</i>	<i>0.2</i>
<i>Export, including export</i>	<i>208.6</i>	<i>206.7</i>	<i>233.1</i>	<i>231.7</i>	<i>244.7</i>
<i>Personal consumption</i>	<i>1207.2</i>	<i>1217.5</i>	<i>1216.8</i>	<i>1217.0</i>	<i>1205.4</i>
<i>Stocks at the end of the year</i>	<i>99.7</i>	<i>104.9</i>	<i>97.4</i>	<i>117.7</i>	<i>99.3</i>

Source: compiled by the authors based on Bashkortostanstat data [15].

Безусловно, происходит развитие агропродовольственного рынка в связи с формирующимся трендом сельхозтоваропроизводителей на широко-масштабное освоение новых видов органической продукции [18]. В свою очередь, производство инновационной агропродукции возможно на базе кластерного взаимодействия и сотрудничества субъектов агробизнеса при активном внедрении в сельской местности республики инновационных и цифровых технологий.

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

При рассмотрении проблематики продовольственной безопасности необходимо учитывать круглогодичное обеспечение населения полноценной и качественной агропродукцией по доступным ценам. Можно констатировать, что Башкортостан по численности населения в стране и общей площади территории занимает 7-е место. Регион имеет все необходимые предпосылки, резервы и обладает большим потенциалом для интенсивного развития агроформирований и повышения уровня эффективности производства агропродовольствия.

При учете данных статистических фактов агропродовольственный комплекс республики потен-

циально в состоянии обеспечить свое население в необходимом объеме практически всеми продуктами питания. Те же самые выводы можно сделать об обеспеченности жителей Башкортостана агропродовольствием и при сопоставлении данных параметров с аналогичными средними показателями на национальном уровне.

На наш взгляд, представляется объективно востребованным модернизировать действующие агроформирования и предприятия пищевой промышленности Башкортостана с применением элементов и технологий зеленой экономики. В стратегической перспективе для укрепления региональной продовольственной безопасности необходима активная государственная поддержка отраслей сельского хозяйства и агропродовольственного комплекса, в том числе стимулирующие мероприятия его экспортной составляющей. В свою очередь, рациональное использование природно-ресурсного потенциала не только способствует укреплению продовольственной безопасности и получению готовой агропродовольственной продукции, которая обеспечивает финансовый результат (прибыль) сельскохозяйственным производителям, но и определяет позитивное

и устойчивое социально-экономическое развитие сельских агломераций (территорий и поселений).

Для выработки адекватной и комплексной оценки уровня продовольственной безопасности следует применять общепринятые отечественные медицинские нормативы питания и в дальнейшем, исходя из этих зафиксированных параметров, проектировать в масштабах страны конкретное рейтинговое место для каждого отдельного региона. В действитель-

ности эти показатели и должны отразить реальную продовольственную самодостаточность Республики Башкортостан. При этом не менее важным критерием самообеспеченности агропродовольствием населения федеральных субъектов должна являться ценовая доступность произведенной продукции с учетом величины реальных доходов местных городских и сельских жителей.

#### Библиографический список

1. Rahbari M., Khamseh A.A., Mohammadi M. Robust optimization and strategic analysis for agri-food supply chain under pandemic crisis: Case study from an emerging economy // *Expert Systems with Applications*. 2023. Vol. 225. Article number 120081. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.120081.
2. O'Connell S., Boles J., McClellan R., Demers D. Mapping food security in Arkansas // *Applied Geography*. 2023. Vol. 158. Article number 103020. DOI: 10.1016/j.apgeog.2023.103020.
3. Li Y., Filimonau V., Wang L., Cheng S. Inter- and intra-annual changes in food consumption among rural households in East China // *Journal of Rural Studies*. 2022. Vol. 95. Pp. 109–124. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2022.07.022.
4. Rohr V., Blakley J., Loring P. A framework to assess food security in regional strategic environmental assessment // *Environmental Impact Assessment Review*. 2021. Vol. 91. Article number 106674. DOI: 10.1016/j.eiar.2021.106674.
5. Tantiwatthanaphanich T., Shao X., Huang L., Yoshida Y., Long Y. Evaluating carbon footprint embodied in Japanese food consumption based on global supply chain // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2022. Vol. 63. Pp. 56–65. DOI: 10.1016/j.strueco.2022.09.001.
6. Enthoven L., Skambracks M., Broeck G.V. Improving the design of local short food supply chains: Farmers' views in Wallonia, Belgium // *Journal of Rural Studies*. 2023. Vol. 97. Pp. 573–582. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2023.01.016.
7. Stovba E. V., Stovba A. V. Scenario modeling of the development of agricultural production at the level of rural territory of the region // *International Scientific Conference «Far East Con» (ISCFEC 2019): Advances in Economics, Business and Management Research*. 2019. Vol. 79. Pp. 225–227. DOI: 10.2991/iscfec-19.2019.62.
8. Хайнц Д. А., Галиев Р. Р. Продовольственное самообеспечение России: аспекты полезности и издержек // *Проблемы прогнозирования*. 2021. № 5 (188). С. 162–172. DOI: 10.47711/0868-6351-188-162-172.
9. Семин А. Н. К вопросу о перспективах развития отечественного сельского хозяйства // *ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика*. 2022. № 3. С. 64–72. DOI: 10.24412/2071-6435-2022-3-64-72.
10. Бухтиярова Т. И., Михайлюк О. Н., Батурина И. Н. Базовые условия продовольственной безопасности государства // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2022. № 11. С. 2–5. DOI: 10.31442/0235-2494-2022-0-11-2-5.
11. Рациональные нормы потребления пищевых продуктов [Электронный ресурс] // *Официальный сайт Минздрава России*. URL: <https://minzdrav.gov.ru/opendata/7707778246-normpotrebproduct/visual> (дата обращения: 21.03.2023).
12. Gusmanov R. U., Stovba E. V., Avarskii N. D., Lukyanova M. T., Galiev R. R. Foresight as an innovative tool for strategic planning of sustainable rural development // *Progress in Industrial Ecology*. 2020. Vol. 14. No. 3-4. Pp. 284–305. DOI: 10.1504/PIE.2020.113432.
13. Askarov A. A., Stovba E. V., Askarova A. A. Ecological and economic evaluation of using arable land in the Republic of Bashkortostan // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 274. Article number 012095. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012095.
14. Галиев Р. Р., Аренс Х. Д. Детерминанты продовольственного самообеспечения России и доступность продуктов питания // *Проблемы прогнозирования*. 2021. № 3 (186). С. 41–53. DOI: 10.47711/0868-6351-186-41-53.
15. Сельское хозяйство Республики Башкортостан: статистический сборник. Уфа: Башкортостанстат, 2022. 177 с.
16. Gusmanov R., Askarov A., Lukyanova M., Kovshov V., Stovba E. Strategic planning of rural development based on foresight methodologies // *Scientifica*. 2020. Vol. 2020. Article number 5195104. DOI: 10.1155/2020/5195104.
17. Аренс Х. Д., Галиев Р. Р. Жизнеспособность фермерских домохозяйств в России: теоретические подходы и практические выводы // *Проблемы прогнозирования*. 2019. № 3 (174). С. 65–79.
18. Шарапова Н. В., Шарапова В. М., Шарапов Ю. В. Господдержка сельхозтоваропроизводителей и ее роль в развитии молочного скотоводства // *АПК: экономика, управление*. 2022. № 11. С. 74–80. DOI: 10.33305/2211-74.

**Об авторах:**

Александр Николаевич Семин<sup>1</sup>, академик Российской академии наук, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры мировой экономики и внешнеэкономической деятельности, ORCID 0000-0001-8270-2257, AuthorID 624268; +7 (343) 283-05-19, [aleks\\_ural\\_55@mail.ru](mailto:aleks_ural_55@mail.ru)

Ольга Александровна Рущицкая<sup>2</sup>, доктор экономических наук, доцент, директор института экономики, финансов и менеджмента, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; +7 912 677-05-00, [olgaru-arbitr@mail.ru](mailto:olgaru-arbitr@mail.ru)

Расул Узбекович Гусманов<sup>3</sup>, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры финансов, анализа и учетных технологий, ORCID 0000-0002-6582-1649, AuthorID 306923; +7 917 404-81-49, [757121@mail.ru](mailto:757121@mail.ru)

Евгений Владимирович Стовба<sup>4</sup>, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры информатики и экономики, ORCID 0000-0002-9041-6194, AuthorID 160029; +7 909 350-50-56, [stovba2005@rambler.ru](mailto:stovba2005@rambler.ru)

<sup>1</sup> Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

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

<sup>3</sup> Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>4</sup> Уфимский университет науки и технологий (Бирский филиал), Бирск, Россия

**References**

1. Rahbari M., Khamsch A.A., Mohammadi M. Robust optimization and strategic analysis for agri-food supply chain under pandemic crisis: Case study from an emerging economy // *Expert Systems with Applications*. 2023. Vol. 225. Article number 120081. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.120081.
2. O'Connell S., Boles J., McClellan R., Demers D. Mapping food security in Arkansas // *Applied Geography*. 2023. Vol. 158. Article number 103020. DOI: 10.1016/j.apgeog.2023.103020.
3. Li Y., Filimonau V., Wang L., Cheng S. Inter- and intra-annual changes in food consumption among rural households in East China // *Journal of Rural Studies*. 2022. Vol. 95. Pp. 109–124. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2022.07.022.
4. Rohr V., Blakley J., Loring P. A framework to assess food security in regional strategic environmental assessment // *Environmental Impact Assessment Review*. 2021. Vol. 91. Article number 106674. DOI: 10.1016/j.eiar.2021.106674.
5. Tantiwatthanaphanich T., Shao X., Huang L., Yoshida Y., Long Y. Evaluating carbon footprint embodied in Japanese food consumption based on global supply chain // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2022. Vol. 63. Pp. 56–65. DOI: 10.1016/j.strueco.2022.09.001.
6. Enthoven L., Skambracks M., Broeck G.V. Improving the design of local short food supply chains: Farmers' views in Wallonia, Belgium // *Journal of Rural Studies*. 2023. Vol. 97. Pp. 573–582. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2023.01.016.
7. Stovba E. V., Stovba A. V. Scenario modeling of the development of agricultural production at the level of rural territory of the region // *International Scientific Conference «Far East Con» (ISCFEC 2019): Advances in Economics, Business and Management Research*. 2019. Vol. 79. Pp. 225–227. DOI: 10.2991/iscfec-19.2019.62.
8. Khaynts D. A., Galiev R. R. Prodovol'stvennoe samoobespechenie Rossii: aspekty poleznosti i izderzhek [Food self-sufficiency in Russia: aspects of benefits and costs] // *Studies on Russian Economic Development*. 2021. No. 5 (188). Pp. 162–172. DOI: 10.47711/0868-6351-188-162-172. (In Russian.)
9. Semin A. N. K voprosu o perspektivakh razvitiya otechestvennogo sel'skogo khozyaystva [To the question of the prospects for the development of domestic agriculture] // *ETAP: Economic Theory, Analysis, and Practice*. 2022. No. 3. Pp. 64–72. DOI: 10.24412/2071-6435-2022-3-64-72. (In Russian.)
10. Bukhtiyarova T. I., Mikhaylyuk O. N., Baturina I. N. Bazovye usloviya prodovol'stvennoy bezopasnosti gosudarstva [Basic conditions for food security of the state] // *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2022. No. 1. Pp. 2–5. DOI: 10.31442/0235-2494-2022-0-11-2-5. (In Russian.)
11. Ratsional'nye normy potrebleniya pishchevykh produktov [Rational norms for food consumption] [e-resource] // Official website of the Ministry of Health of Russia. URL: <https://minzdrav.gov.ru/opendata/7707778246-normpotrebproduct/visual> (date of reference: 21.03.2023). (In Russian.)
12. Gusmanov R. U., Stovba E. V., Avarskii N. D., Lukyanova M. T., Galiev R. R. Foresight as an innovative tool for strategic planning of sustainable rural development // *Progress in Industrial Ecology*. 2020. Vol. 14. No. 3-4. Pp. 284–305. DOI: 10.1504/PIE.2020.113432.
13. Askarov A. A., Stovba E. V., Askarova A. A. Ecological and economic evaluation of using arable land in the Republic of Bashkortostan // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 274. Article number 012095. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012095.

14. Galiev R. R., Arens Kh. D. Determinanty prodovol'stvennogo samoobespecheniya Rossii i dostupnost' produktov pitaniya [Determinants of food self-sufficiency in Russia and food security] // Studies on Russian Economic Development. 2021. No. 3 (186). Pp. 41–53. DOI: 10.47711/0868-6351-186-41-53. (In Russian.)
15. Sel'skoe khozyaystvo Respubliki Bashkortostan: statisticheskiy sbornik [Agriculture of the Republic of Bashkortostan: statistical collection]. Ufa: Bashkortostanstat, 2022. 177 p. (In Russian.)
16. Gusmanov R., Askarov A., Lukyanova M., Kovshov V., Stovba E. Strategic planning of rural development based on foresight methodologies // Scientifica. 2020. Vol. 2020. Article number 5195104. DOI: 10.1155/2020/5195104.
17. Arens Kh. D., Galiev R. R. Zhiznesposobnost' fermerskikh domokhozyaystv v Rossii: teoreticheskie podkhody i prakticheskie vyvody [Viability of farm households in Russia: theoretical approaches and practical conclusions] // Studies on Russian Economic Development. 2019. Vol. 30. No. 3. Pp. 279–290. (In Russian.)
18. Sharapova N. V., Sharapova V. M., Sharapov I. V. Gospodderzhka sel'khoztovaroproizvoditeley i ee rol' v razvitii molochnogo skotovodstva [State support for agricultural producers and its role in the development of dairy cattle breeding] // AIC: Economics, Management. 2022. No. 11. Pp. 74–80. DOI: 10.33305/2211-74. (In Russian.)

**Authors' information:**

Aleksandr N. Semin<sup>1</sup>, academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of world economy and foreign economic activity, ORCID 0000-0001-8270-2257, AuthorID 624268; +7 (343) 283-05-19, [aleks\\_ural\\_55@mail.ru](mailto:aleks_ural_55@mail.ru)

Olga A. Rushchitskaya<sup>2</sup>, doctor of economic sciences, associate professor, director of the Institute of economics, finance and management, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; +7 912 677-05-00, [olgaru-arbitr@mail.ru](mailto:olgaru-arbitr@mail.ru)

Rasul U. Gusmanov<sup>3</sup>, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of finance, analysis and accounting technologies, ORCID 0000-0002-6582-1649, AuthorID 306923; +7 917 404-81-49, [757121@mail.ru](mailto:757121@mail.ru)

Evgeniy V. Stovba<sup>4</sup>, doctor of economic sciences, associate professor, professor of the department of informatics and economics, ORCID 0000-0002-9041-6194, AuthorID 160029; +7 909 350-50-56, [stovba2005@rambler.ru](mailto:stovba2005@rambler.ru)

<sup>1</sup> Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

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

<sup>3</sup> Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>4</sup> Ufa University of Science and Technology (Birsk branch), Birsk, Russia

**Учредитель и издатель:**

Уральский государственный аграрный университет

**Адрес учредителя, издателя и редакции:**

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



Уральский государственный  
аграрный университет

**Founder and publisher:**

Ural State Agrarian University

**Address of founder, publisher and editorial board:**

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

**Редакция журнала:**

*A. B. Ручкин* – кандидат социологических наук, шеф-редактор

*O. A. Багрецова* – ответственный редактор

*A. B. Ерофеева* – редактор

*N. A. Предеина* – верстка, дизайн

**Editorial:**

*A. V. Ruchkin* – candidate of sociological sciences, chief editor

*O. A. Bagretsova* – executive 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: 01.09.2023 г. Усл. печ. л. 14,7. Авт. л. 12,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

**Нас индексируют / Indexed**



ВЫСШАЯ  
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)  
При Министерстве образования и науки  
Российской Федерации



Food and Agriculture Organization  
of the United Nations



ULRICHSWEB™  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY





