



Уральский государственный  
аграрный университет

# АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN  
OF THE URALS**

**2023  
№04 (233)**

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

**Сведения о редакционной коллегии**

**И. М. Донник** (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (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, Университет 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 ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**Э. Д. Джавадов**, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)  
**Л. И. Дроздова**, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)  
**Н. Н. Зезин**, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)  
**С. Б. Исмурастов**, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)  
**В. В. Калашников**, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)  
**А. Г. Кошаев**, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)  
**В. С. Мымрин**, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)  
**А. Г. Нежданов**, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)  
**М. С. Норов**, Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур (Душанбе, Таджикистан)  
**В. С. Паштецкий**, 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)  
**О. А. Рущицкая**, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)  
**А. А. Стекольников**, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)  
**В. Г. Тюрин**, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)  
**И. Г. Ушачев**, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)  
**С. В. Шабунин**, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)  
**И. А. Шкуратова**, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

**Editorial board**

**Irina M. Donnik** (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)  
**Olga G. Lorets** (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Péter Sótónyi** (Deputy chief editor), 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**, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)  
**Lyudmila I. Drozdova**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Nikita N. Zezin**, 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**, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)  
**Vladimir S. Mymrin**, “Uralplemstentr” (Ekaterinburg, Russia)  
**Anatoliy G. Nezhdanov**, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)  
**Mastibek S. Norov**, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)  
**Vladimir S. Pashtetstskiy**, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)  
**Yuriy V. Plugar**, 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)  
**Olga A. Ruschitskaya**, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)  
**Anatoliy A. Stekolnikov**, 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)

**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



Содержание

**Агротехнологии**

- М. Ю. Карпухин, Ю. Л. Байкин,  
Э. Р. Батыршина* 2  
Агрономическая эффективность  
органоминерального удобрения  
на черноземных почвах Среднего Урала
- О. П. Кибальник, И. М. Боганов, Д. С. Семин,  
И. Г. Ефремова, У. М. Сагалбеков* 15  
Экологическое испытание сортов сахарного  
сорго в агроклиматических условиях России  
и Казахстана
- А. А. Муратов, В. В. Епифанцев* 28  
Влияние сроков посева на фотосинтез  
тритикале в условиях Приамурья
- Е. А. Филиппова, Н. Ю. Банникова,  
И. А. Дробот* 40  
Зимостойкий сорт озимой пшеницы Изаура  
для сложных климатических условий  
Уральского региона

**Биология и биотехнологии**

- А. В. Гончарова, В. А. Бычкова,  
В. А. Костылев* 51  
Ультрасонографическая оценка почек  
у кошек с хроническими нефропатиями
- И. Ф. Горлов, Н. И. Мосолова,  
М. И. Слозженкина, Н. А. Ткаченкова,  
В. С. Гришин, Л. Ф. Обрушниковая,  
Р. У. Мусаев* 61  
Влияние новых кормовых добавок  
на продуктивность коров  
красной степной породы
- А. В. Гулин, О. П. Кигашипаева,  
В. А. Мачулкина* 70  
Биоэнергетическая оценка производства  
семян баклажан

**Экономика**

- М. С. Петухова, О. В. Агафонова* 79  
Теоретико-методологический фундамент  
цифровой трансформации сельского хозяйства  
России: базовые понятия и этапы
- Е. А. Рахимова* 90  
Мясное скотоводство в хозяйствах малых  
форм в условиях цифровизации

Contents

**Agrotechnologies**

- M. Yu. Karpukhin, Yu. L. Baykin,  
E. R. Batyrshina* 2  
Agronomical efficiency  
of organomineral fertilizer  
on chernozem soils of the Middle Urals
- O. P. Kibalnik, I. M. Boganov, D. S. Semin,  
I. G. Efremova, U. M. Sagalbekov* 15  
Ecological testing of sugar sorghum varieties in  
agro-climatic conditions of Russia  
and Kazakhstan
- A. A. Muratov, V. V. Epifantsev* 28  
The influence of sowing dates on triticale  
photosynthesis in the Amur region conditions
- E. A. Filippova, N. Yu. Bannikova,  
I. A. Drobot* 40  
A new variety of winter  
soft wheat Izaura for the forest-steppe zone  
of the Ural region

**Biology and biotechnologies**

- A. V. Goncharova, V. A. Bychkova,  
V. A. Kostylev* 51  
Ultrasonographic evaluation of the kidneys  
in cats with chronic nephropathies
- I. F. Gorlov, N. I. Mosolova,  
M. I. Slozhenkina, N. A. Tkachenkova,  
V. S. Grishin, L. F. Obrushnikova,  
R. U. Musaev* 61  
The effect of new feed additives  
on the productivity  
of red steppe cows
- A. V. Gulin, O. P. Kigashpaeva,  
V. A. Machulkina* 70  
Bioenergetic assessment  
of eggplant seed production

**Economy**

- M. S. Petukhova, O. V. Agafonova* 79  
Theoretical and methodological foundation  
of the digital transformation of agriculture  
in Russia: basic concepts and stages
- E. A. Rakhimova* 90  
Beef cattle breeding in farms of small forms  
in the conditions of digitalization

## Агрономическая эффективность органоминерального удобрения на черноземных почвах Среднего Урала

М. Ю. Карпухин<sup>1✉</sup>, Ю. Л. Байкин<sup>1</sup>, Э. Р. Батыршина<sup>1</sup>

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

✉ E-mail: mkarpukhin@yandex.ru

**Аннотация.** Цель – изучить эффективность сложного многокомпонентного органоминерального удобрения пролонгированного действия на основе местных техногенных отходов металлургической промышленности и птицеводства и добываемых источников минерального питания растений. **Методы.** В статье представлены данные по изучению влияния нового органоминерального удобрения на рост, развитие и урожайность ярового ячменя. Проведены фенологические и биометрические наблюдения, учет урожайности и определены качественные показатели зерна: масса 1000 семян, натура и содержание белка. **Результаты.** Установлено, что применение инновационного смешанного многокомпонентного органоминерального удобрения улучшает рост и развитие растений ячменя. Так, при дозах 60 и 90 кг д. в. на 1 га азота и фосфора длина стебля растений увеличивалась на 6,78–6,84 см, повышались число зерен в колосе от 0,39 до 1,08 шт. и их масса на 0,13–0,15 га. Самая высокая урожайность получена при NP (60) – 4,91 т/га, что значительно выше контрольного варианта. При применении удобрения улучшались показатели качества зерна: масса 1000 семян, натура зерна и содержание белка в зерне. Отмечено, что применение нового органоминерального удобрения в дозе NP (60) повышает продуктивность и качество продукции и является оптимальным при возделывании ячменя на Среднем Урале. **Научная новизна.** Впервые на Среднем Урале создан и апробирован новый инновационный продукт – комбинированное смешанное многокомпонентное удобрение для выращивания сельскохозяйственных культур, заявка на патент РФ № 2023100288 (входящий номер 000549) от 09.01.2023 г.

**Ключевые слова:** комбинированное удобрение, урожай, диатомит, гипс, сульфат аммония, фосфоритная мука, птичий помет, целлюлозолитическая активность почвы, фенология, биометрия, показатели качества зерна.

**Для цитирования:** Карпухин М. Ю., Байкин Ю. Л., Батыршина Э. Р. Агрономическая эффективность нового органоминерального удобрения на черноземных почвах Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-2-14.

**Дата поступления статьи:** 28.02.2023, **дата рецензирования:** 13.03.2023, **дата принятия:** 23.03.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Развитие сельского хозяйства и повышение его продуктивности неразрывно связаны с интенсификацией отрасли, ростом эффективности производства. Один из важнейших факторов интенсификации – применение удобрений и других средств химизации земледелия.

При внесении удобрений не только сохраняется плодородие почв, но и осуществляется расширенное его воспроизводство. Правильное использование удобрений должно быть экономически выгодным, обеспечивать получение большего количества качественной продукции при относительно меньших дополнительных затратах средств производства и труда в сельском хозяйстве, то есть снижать себестоимость и увеличивать производительность труда при обязательном условии

экологической безопасности. Так, мировой и отечественный опыт развития сельского хозяйства свидетельствует о том, что научно обоснованное применение удобрений – основной путь увеличения урожайности и валовых сборов возделываемых культур, создания прочной кормовой базы для животноводства, сохранения и повышения почвенного плодородия [4; 9].

В современных условиях особо остро стоит вопрос о наиболее эффективном, экономически выгодном и ресурсосберегающем применении достаточно ограниченных количеств органических и минеральных удобрений.

Однако эти два вида удобрений отличаются различной насыщенностью питательными веществами. Как правило, органические удобрения не всегда содержат полный необходимый комплекс

питательных веществ, необходимых для растений. В таком случае органические удобрения дополняют минеральными. [1; 11; 14; 16; 17].

Недостатком минеральных удобрений является негативное действие их на микробы почвы при несбалансированном внесении. Они часто вымываются из почвы, попадают в грунтовые воды и воздух.

В последние годы появился новый вид удобрений – органоминеральные. Они сочетают в себе и органическую, и минеральную составляющие. С одной стороны, они включают в себя минеральные элементы для питания растений, а с другой – питание для почвенной микрофлоры. В этой связи они являются более экологически безопасными, а главное – не уступающими по эффективности ни минеральным, ни органическим удобрениям. С каждым годом ассортимент этих удобрений растет, однако в зависимости от используемых в них компонентов эффективность может резко отличаться.

Поэтому научно обоснованный подбор компонентов и проверка эффективности их в системе удобрения сельскохозяйственных культур – актуальная проблема в настоящее время [8].

Разработка системы удобрений должна осуществляться также с учетом требований технического обеспечения и экологических ограничений, производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя и уровня его квалификации. Однако наиболее высокий эффект от применения органоминеральных удобрений можно достичь при применении их с учетом почвенно-климатических условий региона и биологических особенностей возделываемых культур. Настоящая работа посвящена изучению механизмов действия нового сложносмешанного многокомпонентного гранулированного удобрения на рост, развитие и продуктивность ярового ячменя, а также на агрономическую эффективность в условиях Среднего Урала. [6; 7; 10; 15].

В Уральском ГАУ разработана технология производства органоминерального смешанного многокомпонентного гранулированного удобрения, созданного на основе природного добываемого минерального сырья, птичьего помета и отходов коксохимической промышленности.

Удобрение содержит три добываемых источника минерального питания растений: гипс, диатомит, фосфоритную муку. Использование птичьего помета в составе удобрения является одновременно вкладом в решение экологической проблемы утилизации этого отхода птицеводства.

Инновационный продукт – органоминеральное гранулированное удобрение – создано на основе минерального и органического сырья, содержащего макро- и микроэлементы для питания растений [5; 12].

Сульфат аммония синтетический  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – кристаллическое серосодержащее минеральное азотное удобрение. Содержит 21 % азота в аммонийной форме и 23–24 % серы в форме сульфат-иона, доступного для питания растений. Удобрение может применяться на любых типах почв и для всех сельскохозяйственных культур. Хорошо смешивается с другими туками.

Фосфоритная мука – минеральное удобрение  $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$  – не уступает по эффективности суперфосфату. Содержит 20 % фосфора. На основе фосфоритной муки хорошо приготавливаются навозные и торфяные компосты, органоминеральные удобрения, готовятся любые марки тукокомпозиции. Способствует повышению плодородия почвы, урожайности и качества получаемой сельскохозяйственной продукции.

Гипс – агромелиорант, минеральное удобрение  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Содержит 32,6 % кальция и 46,5 % серы. Применяется для химической мелиорации и в качестве минерального удобрения. Хорошо смешивается с другими туками. Улучшает плодородие почвы и повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

Диатомит – природные останки древних диатомовых водорослей, в составе которых преобладает доступный для растений оксид кремния  $\text{SiO}_2$ . Химически диатомит на 96 % состоит из водного кремнезема. Используется как природный адсорбент и удобрение. Улучшает водно-физические свойства почвы, повышает устойчивость сельскохозяйственных культур к болезням и вредителям, урожайность и качество получаемой сельскохозяйственной продукции.

Птичий помет – органическое удобрение. Содержит при натуральной влажности 16 % азота, 15 % фосфора и 8 % калия. Может применяться на всех типах почв и под любые сельскохозяйственные культуры в чистом виде, в виде компостов или в составе органоминеральных удобрений.

Комплексное органоминеральное удобрение пролонгированного действия содержит в своем составе 6 питательных элементов для растений: азот, фосфор, калий, кальций, кремний и серу. Удобрение гранулированное, обладает хорошей сыпучестью, удобно для применения в сельскохозяйственном производстве. Оно может использоваться на любых типах почв и под все сельскохозяйственные культуры. Производство удобрения – инновационного продукта – способствует сохранению и повышению почвенного плодородия, увеличению урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

Функциональное назначение продукта – удобрение сельскохозяйственных культур. Может использоваться в качестве основного и припосевного внесения в почву при помощи сельскохозяйственной техники [3; 13].

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Название почвы	pH <sub>сол.</sub>	Гумус, %	Гидролитическая кислотность, мг·экв/100 г	Сумма поглощенных оснований, мг·экв/100	Азот легкогидролизуемый, мг/кг	Подвижные формы	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый	5,18	4,56	12,82	32,1	204,7	243,7	251,6

Table 1

Agrochemical characteristics of the soil of the experimental plot

Soil name	pH <sub>saline</sub>	Humus, %	Hydrolytic acidity, mg·eq/100 g	The amount of absorbed bases, mg·eq/100 g	Easily hydrolyzable nitrogen, mg/kg	Movable forms	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg	K <sub>2</sub> O, mg/kg
Podzolized heavy loamy chernozem	5.18	4.56	12.82	32.1	204.7	243.7	251.6

Таблица 2

Анализ посевного материала ярового ячменя сорта Сонет

Культура	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Масса 1000 семян, г
Ячмень	65	75	48

Table 2

Analysis of seed material of spring barley of the Sonet variety

Culture	Germination energy, %	Laboratory germination, %	Weight of 1000 seeds, g
Barley	65	75	48

Химический состав удобрения: азот (N) – 12 %, фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 12 %, калий (K<sub>2</sub>O) – 2 %, сера (S) – 10 %, кальций (Ca) – 36 %, кремний (Si) – 25 %.

Цель исследования – изучить эффективность сложного многокомпонентного органоминерального удобрения пролонгированного действия на основе местных техногенных отходов металлургической промышленности и птицеводства и добываемых источников минерального питания растений при выращивании ярового ячменя.

Задачи исследования:

1) провести фенологические наблюдения за развитием растений ячменя при различных дозах внесения удобрений;

2) определить биометрические показатели растений ячменя в зависимости от дозы внесения удобрений;

3) определить урожайность ярового ячменя при разных дозах внесения удобрений;

4) определить качество зерна при разных дозах внесения удобрений;

5) провести статистический анализ полученных данных.

**Методология и методы исследования (Methods)**

Однофакторный опыт был заложен в 2022 г. в учебно-опытном хозяйстве ФГБОУ ВО Уральский ГАУ (п. Студенческий Белоярского городского округа Свердловской области). Почва опытного участка – чернозем оподзоленный, по гранулометрическому составу – тяжелосуглинистая. Агрохимические показатели пахотного слоя: pH со-

левой вытяжки по методу Каппена – 5,18; гумус по методу И. Тюрина – 4,6 %; гидролитическая кислотность – 13 мг·экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований – 32,1 мг·экв/100 г почвы; количество азота легкогидролизуемого по Корнфилду – 208,7 мг/кг; подвижный фосфор по Кирсанову – 243,7 мг/кг; уровень обменного калия по Кирсанову – 252,6 мг/кг почвы.

Черноземы оподзоленные характеризуются повышенным естественным плодородием. Они обладают хорошими водно-воздушными свойствами, отличаются комковатой или зернистой структурой, содержанием в почвенном поглощающем комплексе от 70 до 90 % кальция, нейтральной или почти нейтральной реакцией, интенсивной гумификацией и высоким (15 %) содержанием в верхних слоях гумуса, содержанием симбиоза бактерий и микроорганизмов. Почвы нуждаются во внесении фосфорных и калийных удобрений.

В 2022 г. весна была затяжная, полный сход снега зафиксирован 13 апреля, а переход через 5 градусов произошел 9 апреля, на 13 дней раньше среднемноголетней даты. В результате практически все зимние осадки просочились в почву, сток воды на полях отсутствовал. Среднемесячная температура воздуха за апрель превысила среднемноголетнюю на 2,1 °С. За месяц количество осадков было на уровне 28 мм, при этом значительная часть их выпала в первой декаде.

В мае среднесуточная температура воздуха по всем декадам была практически на уровне средне-многолетних показателей. Переход температуры воздуха через  $10^{\circ}$  произошел 8 мая, что на 5 дней раньше многолетней даты. Общее количество осадков за май составило 67,4 мм, что выше нормы на 46 %, это благоприятно отразилось на появлении дружных всходов культур.

Среднесуточная температура воздуха за июнь составила  $14,6^{\circ}$ , что выше нормы на  $0,5^{\circ}$ . Атмосферные осадки выпали во второй декаде месяца на уровне 60 % от общего количества. В целом за июнь суммарное количество осадков составило 100,6 мм, что превысило норму на 48 %.

В первой половине июля наблюдалась умеренно теплая погода, во второй части – жаркая с превышением среднесуточной температуры на  $2,4-5,0^{\circ}$  С. Температура воздуха за месяц превысила средне-многолетнюю норму на  $1,7^{\circ}$ . Небольшое количество осадков выпало в первой и второй декадах месяца, в целом за месяц – всего 17,1 мм, или 20,3 % от нормы. Высокие температуры воздуха в дневное время, особенно во второй половине июля, заметно ускорили созревание зерновых культур. Фаза цветения наступила 26 июля. Период налива зерна у яровых зерновых составил всего 32–35 дней.

За период с мая по первую декаду августа гидротермический коэффициент (ГТК) равнялся 1,22 ед., т. е. во время вегетации зерновых и зернобобовых культур, несмотря на острый дефицит осадков в период налива зерна, условия увлажнения в среднем были умеренные. Это обеспечило высокую продуктивность зерновых культур, в особенности ячменя.

В первой половине июля наблюдалась умеренно теплая погода, во второй части – жаркая с превышением среднесуточной температуры на  $2,4-5,0^{\circ}$  С. Температура воздуха за месяц превысила средне-многолетнюю норму на  $1,7^{\circ}$ . Небольшое количество осадков выпало в первой и второй декадах месяца, в целом за месяц – всего 17,1 мм, или 20,3 % от нормы. Высокие температуры воздуха в дневное время, особенно во второй половине июля, заметно ускорили созревание зерновых культур. Фаза цветения наступила 26 июля. Период налива зерна у яровых зерновых составил всего 32–35 дней.

В августе по-прежнему наблюдалась жаркая погода, среднесуточная температура за месяц превысила норму на 3,9 градуса. Общее количество атмосферных осадков за месяц составило 13 мм, или 17,5 % от нормы. В августе наблюдалась жаркая погода с недостатком почвенной влаги. ГТК за август равнялась 0,22, что соответствует остро-засушливым условиям увлажнения.

Таким образом, погодные условия 2022 года благоприятно складывались для зерновых колосовых культур.

Агротехника в опыте общепринятая и заключалась в яблечной вспашке, ранневесеннем бороновании, внесении удобрений, предпосевной культивации с заделкой удобрений для зерновых культур (яровой ячмень).

Общая площадь делянки –  $36 \text{ м}^2$  ( $12 \times 3 \text{ м}$ ), учетная –  $20 \text{ м}^2$ ; повторность трехкратная, расположение делянок в опыте систематическое. Внесение удобрений вручную под предпосевную культивацию, уборка сплошная, комбайновая.

В опытах определяли влияние доз удобрения на целлюлозолитическую активность почвы.

Схема опыта: эффективность новой формы органоминерального удобрения при возделывании ярового ячменя в условиях Среднего Урала.

Варианты опыта:

1. Без удобрений (контроль).
2. ОМУ ( $\text{N}_{30}\text{P}_{30}$ ).
3. ОМУ ( $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$ ).
4. ОМУ ( $\text{N}_{90}\text{P}_{90}$ ).

Сорт ярового ячменя – Сонет.

Исследования проводились в полевых опытах в соответствии с основными требованиями к их проведению по Б. А. Доспехову [2].

В основу опытной работы положены следующие методические рекомендации: Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур; Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами.

### Результаты (Results)

Для посева ячменя был использован сорт Сонет. Перед посевом нами были проверены показатели посевных качеств семян.

Анализ посевного материала ячменя показал (таблица 2), что энергия прорастания составила 65 %, лабораторная всхожесть – 75 %, масса 1000 семян – 48 г.

В ходе учета за датами наступления фенологических фаз развития растений ячменя установлено (таблица 3), что после посева 20.05 всходы появились практически одновременно – по 24.05.

Следует отметить, что на варианте с NP (60) они появились на один день раньше, однако разница была практически незаметной. Фаза трех листьев наступила 06.06–07.06 с разницей в один день на вариантах с NP (60) и NP (90). Фаза кущения растений на контрольном и других вариантах наступила 20.06, за исключением варианта с NP (90), где эта фаза наступила на один день позже. Такая же закономерность отмечена в фазу выхода в трубку. Это объясняется высоким уровнем азотного питания, что немного задерживает прохождение фено-фаз при интенсивном развитии вегетативной части растений. Фаза колошения наступила на контроль-

ном варианте и NP (30) 22.07. Однако на варианте с NP (60) – на 1–2 дня раньше по сравнению с контролем и другими вариантами. Вариант NP (90) показал более позднее наступление фазы колошения. Фаза цветения на варианте NP (60) наступила раньше по сравнению с контролем и другими вариантами на 1–2 дня. Вариант при внесении повышенной дозы удобрения показал более поздний срок наступления фазы.

Уборка проводилась в один срок после полного созревания зерна – 27.08.

Таким образом, наступление фаз развития растений ячменя практически не зависело от доз внесения удобрений с небольшим (в 1–2 дня) опозданием на варианте с высокой дозой внесения органического удобрения.

От скорости прохождения межфазных периодов зависит продолжительность вегетационного периода растений.

Нашими наблюдениями установлено (таблица 4), что в зависимости от доз внесения удобрений фаза всходов наступила через 3–4 дня после посева, причем на варианте с NP (60) – на один день раньше. Фаза трех листьев наступила быстрее на вариантах с NP (60) и NP (90), однако разница в одни сутки была несущественной. Фаза кущения наступила через 28–29 дней после посева с опозданием в одни сутки на варианте с повышенной дозой удобрения. Такая же тенденция была отмечена и при наступлении фазы выхода в трубку, которая наступила через 40–41 сутки после посева. Фаза колошения наступила чуть раньше на варианте NP (60) – на 59-й день после посева. Позже

всех полное колошение наступило на варианте NP (90) – на 61-й день. Закономерность, выявленная на более ранних стадиях, подтвердилась и фазу цветения, которая наступила через 62–64 дня после посева. Уборка была проведена через 96 дней после посева на всех изучаемых вариантах. Таким образом, скорость прохождения межфазовых периодов у растений ячменя практически не зависит от доз внесения удобрений при небольшом (1–2 дня) опоздании на повышенной дозе органоминерального удобрения.

Измерение длины стебля показало (рис. 1), что этот показатель колебался по вариантам от 72,83 до 76,87 см, причем на вариантах с применением различных доз органоминерального удобрения длина стебля у растений ячменя была выше на 1,6–4,04 см по сравнению контрольным вариантам без внесения удобрения.

Следует отметить, что наиболее высокие растения были на вариантах NP (60) и NP (90). Однако разница была несущественной. Увеличение длины стебля растений ячменя было обусловлено повышением и оптимизацией питания растений. Следует отметить, что благоприятные условия в период роста ячменя в 2022 г., а главное – достаточное количество осадков способствовали лучшему усвоению питательных веществ растениями.

Таким образом, применение органоминерального удобрения положительно влияет на рост стебля растений ячменя.

Длина колоса – биометрический показатель, от которого зависит количество зерен, и в итоге урожайность варьировала по вариантам от 6,14 до 6,84 см (рис. 2).

Таблица 3

**Результаты фенологических наблюдений за растениями ярового ячменя в зависимости от дозы внесения органоминерального удобрения, дата (2022 г.)**

№ п/п	Варианты	Календарные сроки							
		Посев	Всходы	Фаза трех листьев	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Уборка
1	Контроль (без удобрений)	20.05	24.05	07.06	20.06	02.07	22.07	25.07	27.08
2	NP (30)	20.05	24.05	07.06	20.06	02.07	22.07	25.07	27.08
3	NP (60)	20.05	23.05	06.06	20.06	02.07	21.07	24.07	27.08
4	NP (90)	20.05	24.05	06.06	21.06	03.07	23.07	26.07	27.08

Table 3

**Results of phenological observations of spring barley plants depending on the dose of organomineral fertilizer application, date (2022)**

No.	Options	Calendar dates							
		Sowing	Seedlings	Phase of 3 leaves	Tillering	Stalk-shooting	Stubble	Bloom	Cleaning
1	Control (without fertilizer)	20.05	24.05	07.06	20.06	02.07	22.07	25.07	27.08
2	NP (30)	20.05	24.05	07.06	20.06	02.07	22.07	25.07	27.08
3	NP (60)	20.05	23.05	06.06	20.06	02.07	21.07	24.07	27.08
4	NP (90)	20.05	24.05	06.06	21.06	03.07	23.07	26.07	27.08



## Продолжительность прохождения межфазовых периодов у растений ярового ячменя в зависимости от доз внесения органоминерального удобрения, суток (2022 г.)

№ п/п	Варианты	Количество суток от посева до						
		Всходов	Фазы трех листьев	Кушения	Выхода в трубку	Колошения	Цветения	Уборки
1	Контроль (без удобрений)	4	15	28	40	60	63	96
2	NP (30)	4	15	28	40	60	63	96
3	NP (60)	3	14	28	40	59	62	96
4	NP (90)	4	14	29	41	61	64	96

Table 4

## The duration of the passage of interphase periods in spring barley plants, depending on the doses of application of organomineral fertilizer, days (2022)

No.	Options	Number of days from sowing before						
		Seedlings	Phase of 3 leaves	Tillering	Stalk-shooting	Stubble	Bloom	Cleaning
1	Control (without fertilizer)	4	15	28	40	60	63	96
2	NP (30)	4	15	28	40	60	63	96
3	NP (60)	3	14	28	40	59	62	96
4	NP (90)	4	14	29	41	61	64	96

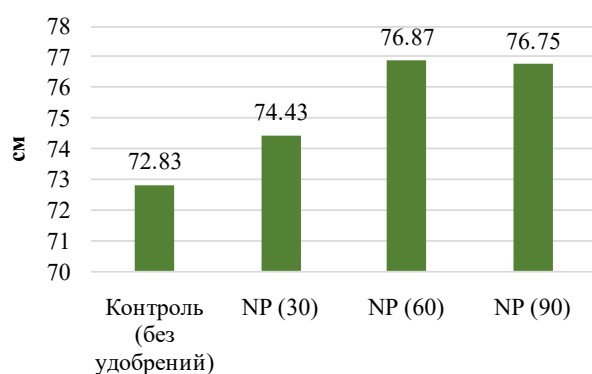


Рис. 1. Длина стебля ярового ячменя в зависимости от доз внесения органоминерального удобрения, см, 2022 г.

Самая большая длина колоса отмечена на вариантах с NP (60) и NP (90): 6,84 и 6,78 см соответственно. Следует отметить, что на вариантах с применением удобрений длина колоса ячменя была выше по сравнению с контролем на 0,2–0,7 см.

Таким образом, внесение органоминерального удобрения положительно влияет на длину колоса растений ячменя.

Количество зерен в колосе колебалось (рис. 3) в зависимости от доз внесения удобрения от 15,61 до 16,69 шт. Использование нового органоминерального удобрения повышает количество зерен в колосе на 0,39–1,08 шт.

Варианты NP (60) и NP (90) показали увеличение количества зерен в колосе на 1,08 и 0,95 шт. соответственно.

Таким образом, применение доз NP (60) и NP (90) органоминерального удобрения повышает количество зерен в колосе.

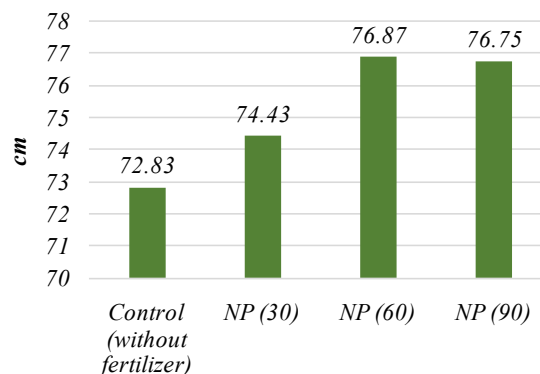


Fig. 1. The length of the stem of spring barley, depending on the doses of application of organomineral fertilizer, cm, 2022

Урожайность зерновой колосовой культуры зависит от многих факторов и показателей, в том числе от массы зерен в колосе. Наши исследования показали (рис. 4), что внесение нового органоминерального удобрения в дозе NP (60) и NP (90) увеличивает этот показатель на 0,13–0,15 г.

Контрольный вариант и доза внесения NP (30) находились практически на одном уровне.

Таким образом, внесение нового органоминерального удобрения положительно влияет на массу зерен в колосе.

Одним из главных показателей качества зерна является масса 1000 семян. В опыте с применением различных доз нового органоминерального удобрения в посевах ярового ячменя установлено (рис. 5), что данный показатель варьировал от 54,2 до 58,32 г.

Следует отметить, что на вариантах с внесением удобрения масса 1000 семян была выше на 1,4–4,12 г по сравнению с контрольным вариантом.

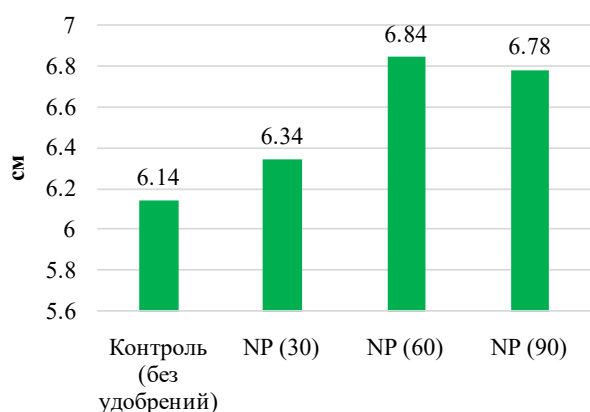


Рис. 2. Длина колоса ярового ячменя в зависимости от доз внесения органоминерального удобрения, см, 2022 г.

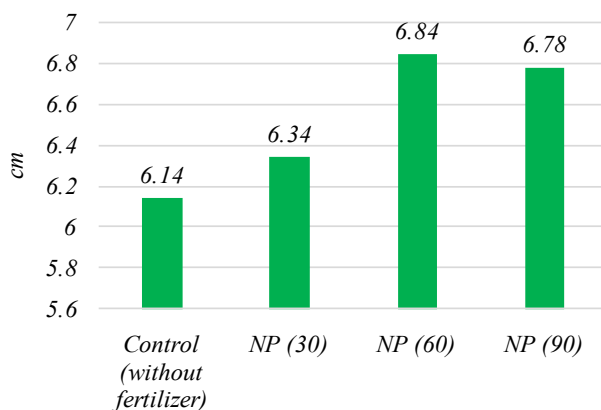


Fig. 2. The length of the ear of spring barley, depending on the doses of application of organomineral fertilizer, cm, 2022

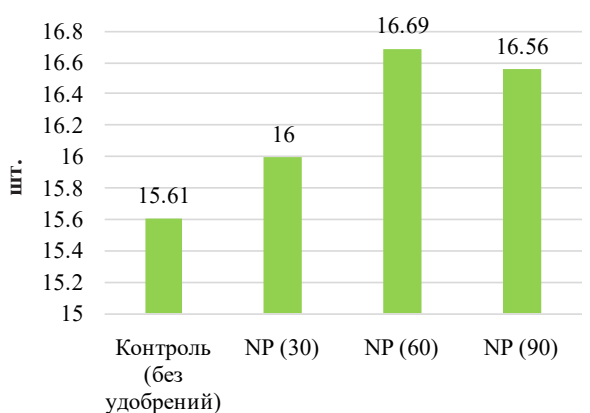


Рис. 3. Количество зерен в колосе ячменя в зависимости от доз внесения органоминерального удобрения, шт., 2022 г.

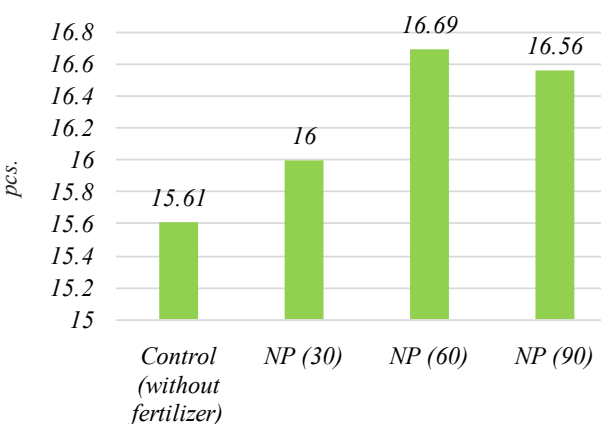


Fig. 3. The number of grains in an ear of barley, depending on the doses of application of organomineral fertilizer, pcs., 2022

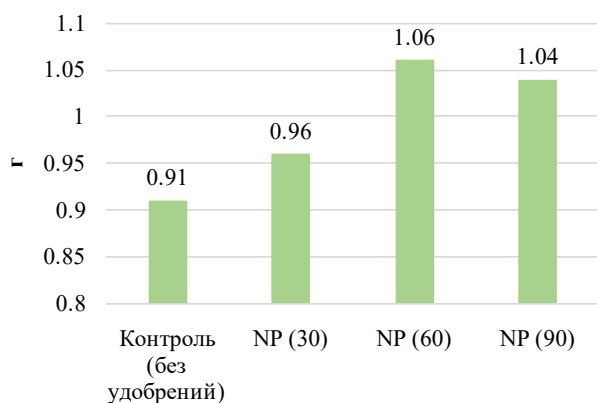


Рис. 4. Масса зерен в колосе ячменя в зависимости от доз внесения органоминерального удобрения, г, 2022 г.

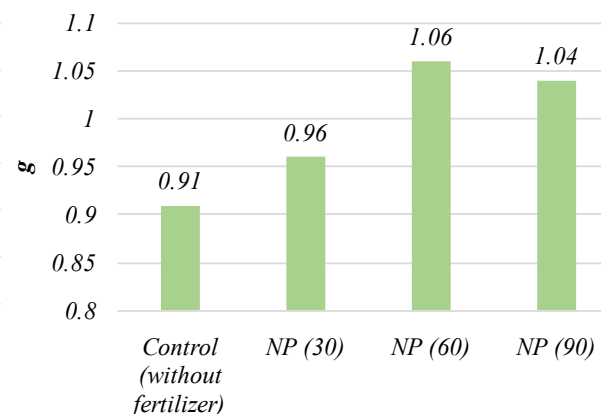


Fig. 4. The mass of grains in an ear of barley, depending on the doses of application of organomineral fertilizer, g, 2022

Отмечено, что наилучшими дозами удобрения под ячмень были NP (60) и NP (90) для повышения массы 1000 семян. Однако доза NP (60) обеспечила лучший вариант.

Таким образом, внесение нового органоминерального удобрения в дозе NP (60) является оптимальным для повышения массы 1000 семян ярового ячменя.

Зерно ярового ячменя на Среднем Урале используется на корм скоту. Ценность кормового зер-

на напрямую зависит от содержания в нем белка. По результатам биохимического анализа в наших исследованиях установлено (рис. 6), что содержание белка в опыте варьировало от 14,12 до 15,03 %, причем на вариантах с NP (60) и NP (90) этот показатель был выше на 0,88–0,91 %.

Физические свойства зерна характеризуют его физиологическое состояние. Одним из важных показателей качества зерна является натура, характеризующая выполненность и плотность зерна.

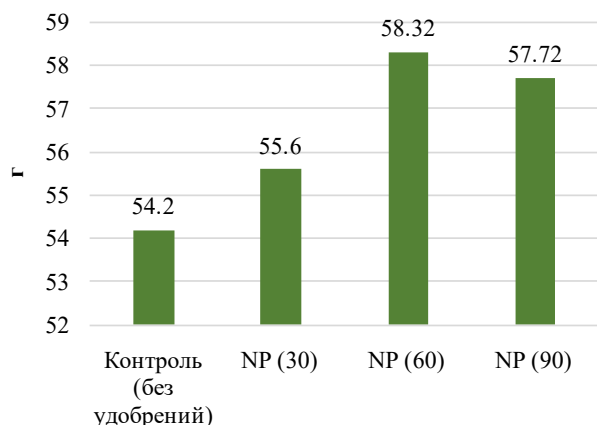


Рис. 5. Масса 1000 семян ярового ячменя в зависимости от доз органоминерального удобрения, 2022 г.

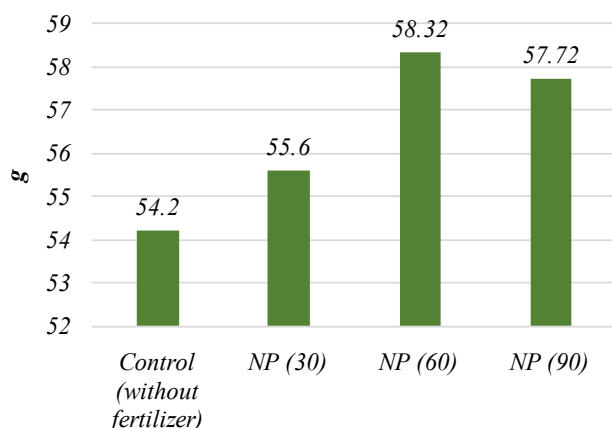


Fig. 5. Mass of 1000 seeds of spring barley depending on the doses of organomineral fertilizer, 2022

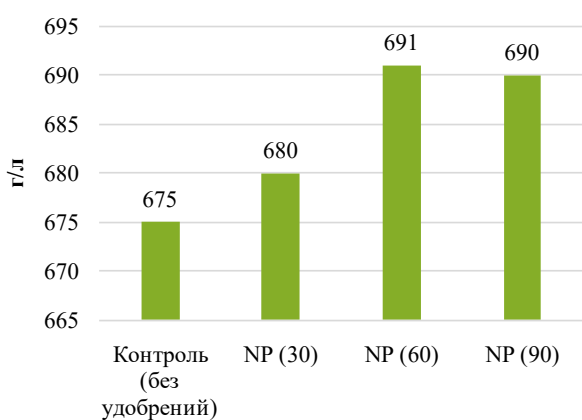


Рис. 6. Натура зерна ячменя в зависимости от доз внесения органоминерального удобрения, г/л, 2022 г.

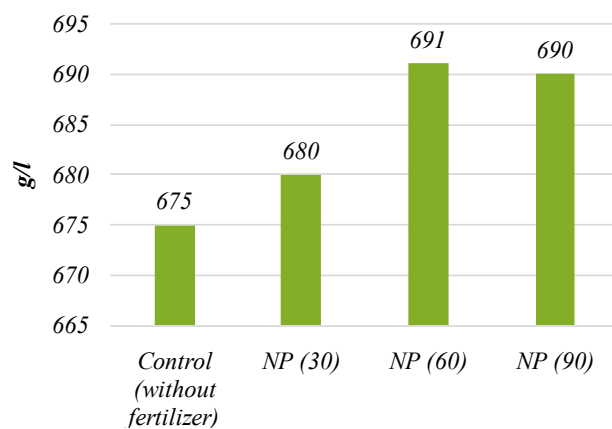


Fig. 6. Nature of barley grain depending on the doses of application of organomineral fertilizer, g/l, 2022

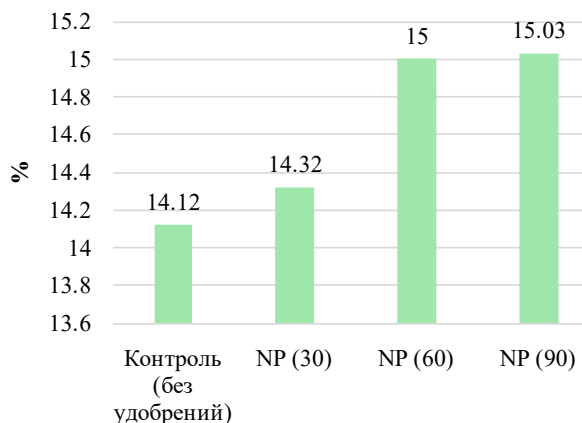


Рис. 7. Содержание белка в зерне ячменя в зависимости от доз внесения органоминерального удобрения, %, 2022 г.

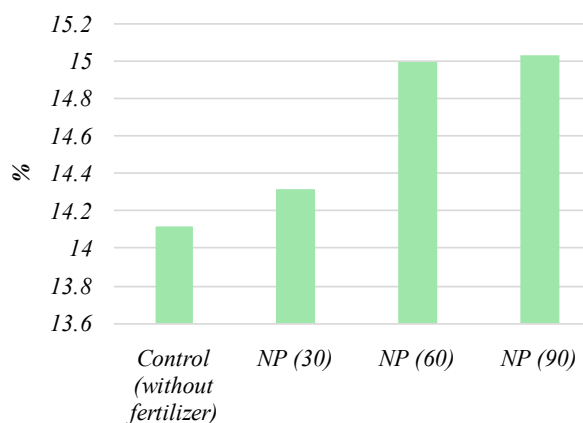


Fig. 7. Protein content in barley grain depending on the doses of organic fertilizer, %, 2022

Нашими исследованиями установлено, что (рис. 7) натура зерна ячменя, в зависимости от дозы внесения удобрения варьировала от 675,0 до 691,0 г/л, причем показатель при внесении NP (60) был выше по сравнению с контролем и другими вариантами на 5,0–16,0 г/л. Следует отметить, что с увеличением дозы внесения удобрения показатель натуры зерна увеличивался. На контрольном варианте по показателю натуры зерна было хоро-

шим, а на вариантах с применением удобрения – отличным.

Таким образом, применение нового органоминерального удобрения повышает качество зерна ячменя.

Вариант с NP (30) показал незначительное увеличение данного показателя. Таким образом, применение нового органоминерального удобрения в дозах NP (60) и NP (90) повышает количество белка в зерне ярового ячменя.

В 2022 г. в начале активной вегетации было достаточное количество осадков и хорошие условия для роста и развития ячменя. Погодные условия способствовали хорошим всходам, кущению и формированию колоса зерновых культур. Во второй половине вегетации ячменя стояла жаркая погода с небольшим количеством осадков, что способствовало хорошему созреванию и уборке без потерь.

Применение органоминерального удобрения показало эффективность в дозе NP (60) (таблица 5).

При дозе NP (30) прибавка оказалась незначительной, однако при увеличении дозы до 90 кг/га, также не отмечалось увеличение урожайности. По всей вероятности, оказалось недостаточное количество калия в удобрении.

В нашем опыте была изучена биологическая активность почвы. Учитывая, что в составе удобрения есть птичий помет – органический компонент, как правило, увеличивающий активность микробов почвы.

Мы заложили льняное полотно для подтверждения этого. Данная методика основана на основе целлюлозолитической активности, характеризуемой скоростью и степенью разложения клетчатки (целлюлозы) микробами почвы. Исследования подтвердили рабочую гипотезу, что новое удобрение активизирует деятельность почвенных микробов. Во всех вариантах с разными дозами нового органоминерального удобрения степень разложения льняного полотна на 2,1–3,1 % выше по сравнению с контролем, но не зависела от доз удобрения.

Новое органоминеральное смешанное многокомпонентное гранулированное удобрение уве-

личивает урожайность ярового ячменя в дозах 60–90 кг/га действующего вещества азота, фосфора и активизирует деятельность микробов почвы. Однако степень их активности не зависела от доз применяемого удобрения.

Расчет корреляционного анализа показал (таблица 6), что величина урожайности ярового ячменя имеет сильную корреляционную зависимость от длины стебля и количества зерен в колосе, массы 1000 семян, среднюю от массы зерен в колосе и природы зерна.

Урожайность зерна ярового ячменя слабо зависела от длины колоса и содержания белка.

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

1. В ФГБОУ ВО Уральский ГАУ создан уникальный инновационный продукт – органоминеральное смешанное многокомпонентное гранулированное удобрение на основе природного добываемого минерального сырья, птичьего помета и отходов коксохимической промышленности. Удобрение содержит шесть макроэлементов: азот (N) – 12 %, фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 12 %, калий (K<sub>2</sub>O) – 2 %, сера (S) – 10 %, кальций (Ca) – 36 %, кремний (Si) – 25 %.

2. По результатам проведения фенологических наблюдений установлено, что наступление фенологических фаз у растений ярового ячменя и продолжительность прохождения межфазовых периодов практически не зависели от доз внесения удобрения при незначительном опоздании (на 1–2 дня) на повышенной дозе.

3. При определении биометрических показателей у растений ярового ячменя отмечено, что длина стебля напрямую зависела от дозы внесения

Таблица 5  
Агрономическая эффективность комбинированного органоминерального удобрения при выращивании ячменя (зерно, т/га), 2022 г.

№ п/п	Варианты	Урожайность, т/га	Прибавка		БАП (разложение льняного полотна, убыль, %)
			т/га	%	
1	Контроль (без удобрений)	3,96	–	–	17,7
2	NP (30)	4,62	0,66	16,7	18,9
3	NP (60)	4,91	0,95	24,0	20,8
4	NP (90)	4,75	0,79	19,9	19,8
	HCP <sub>05</sub>	0,71			2,21

Table 5  
Agronomic efficiency of the combined organo-mineral fertilizer for growing barley (grain, t/ha), 2022

No.	Options	Productivity, t/ha	Increase		Biological activity of the soil (decomposition of linen, loss, %)
			t/ha	%	
1	Control (without fertilizer)	3.96	–	–	17.7
2	NP (30)	4.62	0.66	16.7	18.9
3	NP (60)	4.91	0.95	24.0	20.8
4	NP (90)	4.75	0.79	19.9	19.8
	LSD <sub>05</sub>	0.71			2.21

## Коэффициент корреляции урожайности с биометрическими и качественными показателями ячменя

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га	Длина стебля, см	Длина колоса, см	Количество зерен, шт.	Масса зерен в колосе, г	Натура зерна, г/л	Масса 1000 семян, г	Белок, %
1	Контроль (без удобрений)	3,96	72,83	6,14	15,61	0,91	675,00	54,20	14,12
2	NP (30)	4,62	74,43	6,34	16,00	0,96	680,00	54,60	14,32
3	NP (60)	4,91	76,87	6,84	16,69	1,06	691,00	58,32	15,00
4	NP (90)	4,75	76,75	6,78	16,56	1,04	690,00	57,72	15,03
Коэффициент корреляции			0,83	0,15	0,56	0,33	0,35	0,50	0,24

Table 6

## Correlation coefficient of yield with biometric and quality indicators of barley

No.	Options	Productivity, t/ha	Stem length, cm	Spike length, cm	Number of grains, pcs.	Mass of grains in an ear, g	Nature of grain, g/l	Weight of 1000 seeds, g	Protein, %
1	Control (without fertilizer)	3.96	72.83	6.14	15.61	0.91	675.00	54.20	14.12
2	NP (30)	4.62	74.43	6.34	16.00	0.96	680.00	54.60	14.32
3	NP (60)	4.91	76.87	6.84	16.69	1.06	691.00	58.32	15.00
4	NP (90)	4.75	76.75	6.78	16.56	1.04	690.00	57.72	15.03
Correlation coefficient			0.83	0.15	0.56	0.33	0.35	0.50	0.24

удобрения, увеличивалась с повышением фона питания растений. Самая большая длина колоса отмечена при внесении дозы NP (60) и NP (90) – 6,84 и 6,78 см соответственно. Использование различных доз органоминерального удобрения повышает количество зерен в колосе от 0,39 до 1,08 шт. Масса зерен в колосе при дозах внесения удобрения NP (60) и NP (90) увеличивается на 0,13–0,15 г по сравнению с контролем.

4. Изучение показателей качества зерна ярового ячменя при разных дозах внесения органоминерального удобрения показало, что масса 1000 семян при дозе NP (60) была выше по сравнению с контролем на 4,12 г и была самой высокой в опыте. Лучшим вариантом при определении натуры зерна также оказался вариант с дозой внесения NP (60) и составил 691 г/л, что выше контроля и других вариантов на 5,0–16,0 г/л. Применение нового органоминерального удобрения повышало содержание белка в зерне, причем на вариантах с NP (60) и NP (90) этот показатель был выше на 0,88–0,91 %.

5. При определении урожайности зерна ячменя установлено, что она варьировала по вариантам от 3,96 до 4,91 т/га, причем наибольшая продуктив-

ность получена на вариантах NP (60) и NP (90),  $НСР_{05} = 0,71$  т/га, разница по сравнению с контролем была математически значима. Однако лучшим вариантом был NP (60), и повышение дозы нецелесообразно.

6. Статистическая обработка данных методом корреляционного анализа показала, что урожайность зерна ярового ячменя имеет сильную зависимость от длины стебля, количества зерен в колосе и массы 1000 семян, среднюю зависимость от массы зерен в колосе и натуры зерна и слабую от длины колоса и содержание белка.

7. Новое органоминеральное удобрение на основе природного добываемого минерального сырья, птичьего помета и отходов коксохимической промышленности при использовании в дозе 60 кг д. в. азота и фосфора способствует лучшему росту и развитию растений ячменя, повышению урожайности зерна и качества получаемой продукции.

## Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, тема Государственного задания № 122032200206-4.

## Библиографический список

1. Андреев М. И., Марьина-Черных О. Г. Система защиты растений как важный компонент в борьбе с их вредными объектами [Электронный ресурс] // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2019. № 3. С. 3–5. URL: <https://panor.ru/articles/sistema-zashchity-rastenykak-vazhnyy-komponent-v-borbe-s-ikh-vrednymi-obektami/2134.html> (дата обращения: 21.01.2023).

2. Гребенникова И. Г., Чешкова А. Ф., Степочкин П. И., Алейников А. Ф., Чанышев Д. И. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 100–108.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1985. 351 с.
4. Дорошенко Е. С., Дорошенко Э. С., Шишкин Н. В. Полная иммунологическая характеристика коллекции голозерного ячменя в условиях южной зоны // Аграрный вестник Урала. 2022. № 08 (223). С. 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26.
5. Зезин Н. Н., Намятов М. А., Севостьянов М. Ю. Оптимизация структуры посевов кормовых культур и особенности технологии их возделывания на Среднем Урале // Кормопроизводство. 2020. № 4. С. 25–29. DOI: 10.25685/KRM.2020.2020.63666.
6. Каренгина Л. Б., Байкин Ю. Л., Байкенова Ю. Г. Влияние высоких доз суперфосфата на групповой и фракционный состав фосфатов темно-серой лесной почвы // Аграрный вестник Урала. 2020. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии». С. 19–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-119-27.
7. Карпухин М. Ю., Чулкова В. В., Чулков В. А., Батыршина Э. Р. Биологические свойства чернозёма оподзоленного при использовании различных сидеральных культур по системе органического земледелия на Среднем Урале // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 16–25. DOI: 10.52463/22274227\_2022\_43\_16.
8. Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Эффективность предпосевной обработки семян *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*, *Triticum aestivum* L., *Raphanus sativus* L., *Allium cepa* L. оксидом кремния // Аграрный вестник Урала. 2022. № 12 (227). С. 23–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-23-34.
9. Марьина-Чермных О. Г. Влияние органоминерального удобрения ЭкоОрганика на урожайность ячменя // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 2. С. 143–148. DOI: 10.30914/2411-9687-2021-7-2-143-148.
10. Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области (коллективная монография) / Н. Н. Зезин, П. А. Постников, А. П. Колотов [и др.] ; под общ. ред. д-ра с.-х. наук Н. Н. Зезина. Екатеринбург: Уральский НИИСХ, 2019. 371 с.
11. Николаев П. Н., Юсова О. А., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34.
12. Современное кормопроизводство Урала: монография / Н. Н. Зезин, А. Э. Панфилов, А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, М. А. Намятов, П. А. Постников, А. П. Колотов, Н. И. Казакова, А. А. Зырянцева, Е. А. Тиханская; под общ. ред. Н. Н. Зезина и А. Э. Панфилова. Екатеринбург, 2018. 265 с.
13. Смывалов В. С., Карпов А. В., Куликова А. Х., Яшин Е. А., Захарова Д. А. Продуктивность и биоэнергетическая эффективность технологий возделывания яровой пшеницы в зависимости от применения кремний содержащих препаратов, диатомита и минерального удобрения // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 4 (16). С. 67–73.
14. Тойметов М. Э., Марьина-Чермных О. Г., Евдокимова М. А. Влияние средств защиты растений на микрофлору почвы и урожайность ярового ячменя [Электронный ресурс] // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 3 (47). С. 87–93. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-87-93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sredstv-zaschity-rasteniy-na-mikrofloru-pochvy-i-urozhaynost-yarovogo-yachmenyu> (дата обращения: 21.01.2023).
15. Чамурлиев О. Г., Чамурлиев Г. О., Феофилова Л. А., Парпура Д. И. Влияние обработки почвы и бактериальных удобрений на продуктивность ярового ячменя // Вестник РУДН. Серия «Агрономия и животноводство». 2018. Т. 13. № 2. С. 93–103. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-2-93-102.
16. Abdullaev R. A., Lebedeva T. V., Alpatieva N. V., Batasheva B. A., Anisimova I. N., Radchenko E. E. Powdery mildew resistance of barley accessions from Dagestan // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. No. 25 (5). Pp. 528–533. DOI: 10.18699/VJ21.059.
17. Lukina K. A., Kovaleva O. N., Loskutov I. G. Naked barley: taxonomy, breeding, and prospects of utilization // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022. No. 26 (6). Pp. 524–536. DOI: 10.18699/VJGB-22-64.

#### Об авторах:

Михаил Юрьевич Карпухин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой овощеводства и плодородства имени профессора Н. Ф. Коняева, ORCID 0000-0002-8009-9121, Author ID 339196; +7 912 253-04-13, [mkarpukhin@yandex.ru](mailto:mkarpukhin@yandex.ru)

Юрий Леонидович Байкин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры химии, почвоведения и агроэкологии, ORCID 0000-0001-7044-5863, AuthorID 609727; +7 922 142-92-78, [ubaikin@rambler.ru](mailto:ubaikin@rambler.ru)

Эльвира Ришатовна Батыршина<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры овощеводства и плодородства имени профессора Н. Ф. Коняева, ORCID 0000-0001-7001-713x AuthorID 270346; +7 908 913-23-99, [batirschina.elya@yandex.ru](mailto:batirschina.elya@yandex.ru)

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

## Agronomical efficiency of organomineral fertilizer on chernozem soils of the Middle Urals

M. Yu. Karpukhin<sup>✉</sup>, Yu. L. Baykin<sup>1</sup>, E. R. Batyrshina<sup>1</sup>

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

✉ E-mail: mkarpukhin@yandex.ru

**Abstract. The purpose.** To study the effectiveness of a complex multicomponent organomineral fertilizer of prolonged action based on local man-made waste from the metallurgical industry and poultry farming and extracted sources of mineral nutrition for plants. **Methods.** The article presents data on the study of the effect of a new organomineral fertilizer on the growth, development and yield of spring barley. Phenological and biometric observations were carried out, yields were taken into account, and quality indicators of grain were determined: weight of 1000 seeds, nature and protein content. **Results.** It has been established that the use of an innovative mixed multicomponent organomineral fertilizer improves the growth and development of barley plants. So at doses of 60 and 90 kg of AD per 1 ha of nitrogen and phosphorus, the length of the plant stem increased to 6.78–6.84 cm, the number of grains per ear increased from 0.39 to 1.08 pcs. and their weight increased by 0.13–0.15 ha. The highest yield was obtained with NP (60) – 4.91 t/ha, which is significantly higher than the control variant. When applying the fertilizer, the grain quality indicators improved: the weight of 1000 seeds, the nature of the grain and the protein content in the grain. It is noted that the use of a new organomineral fertilizer at a dose of NP (60) increases the productivity and quality of products and is optimal for the cultivation of barley in the Middle Urals. **Scientific novelty.** For the first time in the Middle Urals, a new innovative product was created and tested – a combined, mixed multicomponent fertilizer for growing crops, application for a patent of the Russian Federation, No. of the task number 122032200206-4.

**Keywords:** combined fertilizer, crop, diatomite, gypsum, ammonium sulfate, phosphorite flour, bird droppings, cellulolytic activity of soil, phenology, biometrics, grain quality indices.

**For citation:** Karpukhin M. Yu., Baykin Yu. L., Batyrshina E. R. Agronomicheskaya effektivnost' novogo organomineral'nogo udobreniya na chernozemnykh pochvakh Srednego Urala [Agronomical efficiency of organomineral fertilizer on chernozem soils of the Middle Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-2-14. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 28.02.2023, **date of review:** 13.03.2023, **date of acceptance:** 23.03.2023.

### References

1. Andreev M. I., Mar'ina-Chermnykh O. G. Sistema zashchity rasteniy kak vazhnyy komponent v bor'be s ikh vrednymi ob'ektami [Plant protection system as an important component in the fight against their harmful objects]. Ovoshchevodstvo i teplichnoe khozyaistvo [e-resource] // Vegetable growing and greenhouse farming. 2019. No. 3. Pp. 3–5. URL: <https://panor.ru/articles/sistemazashchity-rasteny-kak-vazhnyy-komponent-v-borbe-s-ikh-vrednymi-obektami/2134.html> (date of reference: 21.01.2023). (In Russian.)
2. Grebennikova I. G., Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Chanyshv D. I. Metodika otsenki ekologicheskoy plastichnosti sortov zlakovykh kul'tur [Methods for assessing the ecological plasticity of cereal varieties] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2020. Vol. 50. No. 2. Pp. 100–108. (In Russian.)
3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]. Moscow: Kolos, 1985. 351 p. (In Russian.)
4. Doroshenko E. S., Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Polnaya immunologicheskaya kharakteristika kolleksii golozernogo yachmenya v usloviyakh yuzhnoy zony [Complete immunological characteristics of the collection of hull-less barley in the conditions of the southern zone] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 08 (223). Pp. 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26. (In Russian.)
5. Zezin N. N., Namyatov M. A., Sevost'yanov M. Yu. Optimizatsiya struktury posevov kormovykh kul'tur i osobennosti tekhnologii ikh vozdeleyvaniya na Srednem Urale [Optimization of the structure of forage crops and peculiarities of their cultivation technology in the Middle Urals] // Fodder production. 2020. No. 4. Pp. 25–29. DOI: 10.25685/KRM.2020.2020.63666. (In Russian.)
6. Karengina L. B., Baykin Yu. L., Baykenova Yu. G. Vliyaniye vysokikh doz superfosfata na gruppovoy i fraktsionnyy sostav fosfatov temno-seroy lesnoy pochvy [Effect of high doses of superphosphate on the group and fractional composition of phosphates containing in dark gray forest soil] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 19–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-14-19-27. (In Russian.)

7. Karpukhin M. Yu., Chulkova V. V., Chulkov V. A., Batyrshina E. R. Biologicheskiye svoystva chernozëma opodzolennogo pri ispol'zovanii razlichnykh sideral'nykh kul'tur po sisteme organicheskogo zemledeliya na Srednem Urале [Biological properties of podzolized chernozem when using various sideral crops according to the system of organic farming in the Middle Urals] // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2022. No. 3 (43). Pp. 16–25. DOI: 10.52463/22274227\_2022\_43\_16. (In Russian.)
8. Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis, Triticum aestivum L., Raphanus sativus L., Allium cepa L. oksidom kremniya [Efficiency L., Allium cepa L. with silicon oxide] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 12 (227). Pp. 23–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-227-12-23-34. (In Russian.)
9. Maryina-Chernnykh O. G. Vliyaniye organomineral'nogo udobreniya EkoOrganika na urozhaynost' yachmenya [Influence of organic mineral fertilizer EcoOrganika on barley yields] // Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics". 2021. Vol. 7. No. 2. Pp. 143–148. DOI: 10.30914/2411-9687-2021-7-2-143-148. (In Russian.)
10. Nauchno obosnovannaya zonal'naya sistema zemledeliya Sverdlovskoy oblasti (kollektivnaya monografiya) [Scientifically based zonal system of agriculture of the Sverdlovsk region (collective monograph)] / N. N. Zezin, P. A. Postnikov, A. P. Kolotov et al.; under the general editorship of doctor of agricultural sciences N. N. Zezin. Ekaterinburg: Ural'skiy NIISKH, 2019. 371 p. (In Russian.)
11. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Safonova I. V., Anisk'ov N. I. Realizatsiya biologicheskoy urozhaynosti yachmenya yarovogo v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Omskoy oblasti [Implementation of the biological yield of spring barley in the southern forest-steppe of the Omsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34. (In Russian.)
12. Sovremennoye kormoproizvodstvo Urала: monografiya [Modern fodder production of the Urals: monograph] / N. N. Zezin, A. E. Panfilov, A. E. Nagibin, M. A. Tormozin, M. A. Namyatov, P. A. Postnikov, A. P. Kolotov, N. I. Kazakova, A. A. Zyryantseva, E. A. Tikhanskaya ; under the general editorship of doctor of agricultural sciences N. N. Zezin and A. E. Panfilov. Ekaterinburg, 2018. 265 p. (In Russian.)
13. Smyvalov V. S., Karpov A. V., Kulikova A. Kh., Yashin E. A., Zakharova D. A. Produktivnost' i bioenergeticheskaya effektivnost' tekhnologiy vozdeleyvaniya yarovoy pshenitsy v zavisimosti ot primeneniya kremniy soderzhashchikh preparatov, diatomita i mineral'nogo udobreniya [Productivity and bioenergetic efficiency of spring wheat cultivation technologies depending on the use of silicon-containing preparations, diatomite and mineral fertilizer] // Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2017. No. 4 (16). Pp. 67–73. (In Russian.)
14. Toymetov M. E., Maryina-Chernnykh O. G., Evdokimova M. A. Vliyanie sredstv zashchity rastenii na mikrofloru pochvy i urozhainost' yarovogo yachmenya [Influence of plant protection means on soil microflora and yield of spring barley] [e-resource] // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 3 (47). Pp. 87–93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sredstv-zaschity-rasteniy-na-mikrofloru-pochvy-i-urozhaynost-yarovogo-yachmenya> (date of reference: 21.01.2023). (In Russian.)
15. Chamurliiev O. G., Chamurliiev G. O., Feofilova L. A., Parpura D. I. Vliyaniye obrabotki pochvy i bakterial'nykh udobreniy na produktivnost' yarovogo yachmenya [Effect of soil treatment and bacterial fertilizers on the productivity of yarn barley] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries, 2018, 13 (2), 93–102. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-2-93-102. (In Russian.)
16. Abdullaev R. A., Lebedeva T. V., Alpatieva N. V., Batasheva B. A., Anisimova I. N., Radchenko E. E. Powdery mildew resistance of barley accessions from Dagestan // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. No. 25 (5). Pp. 528–533. DOI: 10.18699/VJ21.059.
17. Lukina K. A., Kovaleva O. N., Loskutov I. G. Naked barley: taxonomy, breeding, and prospects of utilization // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022. No. 26 (6). Pp. 524–536. DOI: 10.18699/VJGB-22-64.

#### Authors' information:

Mikhail Yu. Karpukhin<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of vegetable and fruit growing named after professor N. F. Konyaev, ORCID 0000-0002-8009-9121, Author ID 339196; +7 912 253-04-13, [mkarpukhin@yandex.ru](mailto:mkarpukhin@yandex.ru)

Yuriy L. Baykin<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor of chemistry, soil science and agroecology, ORCID 0000-0001-7044-5863, AuthorID 609727; +7 922 142-92-78, [ubaikin@rambler.ru](mailto:ubaikin@rambler.ru)

Elvira R. Batyrshina<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of vegetable and fruit growing named after professor N. F. Konyaev, ORCID 0000-0001-7001-713x AuthorID 270346; +7 908 913-23-99, [batirshina.elya@yandex.ru](mailto:batirshina.elya@yandex.ru)

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



## Экологическое испытание сортов сахарного сорго в агроклиматических условиях России и Казахстана

О. П. Кибальник<sup>1</sup>✉, И. М. Богапов<sup>2</sup>, Д. С. Семин<sup>1</sup>, И. Г. Ефремова<sup>1</sup>, У. М. Сагалбеков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия

<sup>2</sup> Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Республика Казахстан

✉ E-mail: kibalnik79@yandex.ru

**Аннотация.** Цель – оценка адаптивности генотипов сахарного сорго в различных агроклиматических зонах возделывания. **Методы.** Норму реакции 8 образцов сорго сахарного селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» оценивали по результатам испытания 2020–2022 гг. в двух экологических пунктах: г. Саратов (Россия, Саратовская область) и г. Кокшетау (Казахстан, Акмолинская область), характеризующихся разными климатическими условиями. Методика возделывания растений, учет урожайности общепринятые для сорго. Повторность в опыте трехкратная, размещение делянок рендомизированное. **Результаты.** По результатам статистического анализа установлена доля изучаемых факторов в общую изменчивость признаков: наибольший вклад в высоту растений и урожайность биомассы вносил фактор «пункт экологического испытания» (33,6–58,0 %), в площадь наибольшего листа – «генотип» (31,3 %). Установлено, что в условиях Северного Казахстана, характеризующегося в годы испытаний сорго меньшей тепло- и влагообеспеченностью (разница суммы активных температур достигала 466,2–769,9 °С, а количество осадков – 17,0–106,1 мм в сравнении с условиями Нижнего Поволжья России), площадь наибольшего листа увеличивалась на 10,6 см<sup>2</sup> в среднем по группе изучаемых генотипов, при этом высота растений и урожайность вегетативной массы снижались на 22,2 см и 11,26 т/га соответственно. Вместе с тем выделены сорта и гибрид, формирующие урожайность биомассы на уровне 20,54–21,44 т/га в среднем за период испытаний: Чайка, Волжское 51, Сахара, Калибр. **Научная новизна.** Впервые представлена возможность выращивания сортов сахарного сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в условиях Северного Казахстана. Так, по комплексу параметров адаптивности в сочетании с высокой продуктивностью биомассы в среднем по пунктам экологического испытания выделен сорт Волжское 51.

**Ключевые слова:** сорго, урожайность, высота, площадь листа, норма реакции, адаптивность, стрессоустойчивость.

**Для цитирования:** Кибальник О. П., Богапов И. М., Семин Д. С., Ефремова И. Г., Сагалбеков У. М. Экологическое испытание сортов сахарного сорго в агроклиматических условиях России и Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 15–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-15-27.

**Дата поступления статьи:** 16.02.2023, **дата рецензирования:** 03.03.2023, **дата принятия:** 15.03.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Сорго является одной из наиболее адаптированных культур к абиотическим стрессорам (засуха, жара, засоление и другие) и возделывается в засушливых регионах всего мира [1]. В России согласно хозяйственному назначению *Sorghum bicolor* L. Moench представлен несколькими видами: зерновое, сахарное, веничное сорго и суданская трава. Это сельскохозяйственная культура многоцелевого направления использования [2]. В одних странах сорго применяют в приготовлении концентрированных и сочных кормов (зернофураж, монокорм, силос, зеленый корм, травяные гранулы), в других – продуктов питания (каши, хлебобулочные изделия, кексы,

вафли). Из метелок веничного сорго изготавливают веники и щетки [3]. Также сорго рассматривается как источник сырья (зерно, биомасса) для производства биоэтанола [4–5]. Из стеблей сахарного сорго изготавливают патоку, сироп и даже мед [6].

Из всех перечисленных выше возможностей использования сорго основным направлением в настоящее время остается кормопроизводство. В условиях нарастания аридизации климата во многих регионах мира получить высокие урожаи кормовых культур удастся не каждый год. Поэтому стабилизация отрасли кормопроизводства за счет внедрения в новые регионы культур с высоким адаптивным потенциалом остается актуальной. В связи с этим

сохраняется востребованность в новых, более продуктивных и приспособленных к определенной зоне возделывания сортов и гибридов сахарного сорго, биологической особенностью которого является способность генерировать высокое содержание водорастворимых сахаров в соке стебля (до 18–22 %) [7]. Также сахарное сорго формирует в богарных условиях от 25–30 до 45–55 т биомассы с гектара посевов в зависимости от агроклиматических условий региона возделывания [8–9]. Зеленая масса характеризуется высокой питательностью и пригодна для скармливания сельскохозяйственным животным [10].

Для расширения ареала распространения сорта необходимо оценить норму реакции образца в различных почвенно-климатических зонах. Данный подход широко используется селекционерами и позволяет выявить адаптивный потенциал сорта, его стрессоустойчивость, генетическую гибкость и пластичность, устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам [7]. Известно, что разные генотипы сельскохозяйственных культур неодинаково реагируют на одну и ту же среду возделывания [11]. Поэтому изучение взаимодействия сортов с конкретными условиями выращивания является необходимым этапом перед их промышленным возделыванием.

Цель исследований – оценка адаптивности генотипов сахарного сорго в различных агроклиматических зонах возделывания.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Определение нормы реакции образцов сорго сахарного селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» проведено в 2020–2022 гг. в двух пунктах экологического испытания: г. Саратов (Россия, Саратовская область) и г. Кокшетау (Казахстан, Акмолинская область), характеризующихся разными климатическими условиями.

Объекты исследований: 7 сортов (Волжское 51, Сахара, Флагман, Капитал, Чайка, Севилья, Волонтер) и гибрид Калибр сахарного сорго, допущенных к использованию от Центрально-Черноземного (5) до Уральского (9) регионов Российской Федерации.

Климат Саратовской области относится к среднеконтинентальному. Теплообеспеченность области (сумма активных температур) варьирует в пределах 2500–3100 °С. Среднегодовая температура воздуха составляет +4,2...+6,3 °С, а амплитуда среднемесячных температур между наиболее теплым и холодным месяцем достигает 32,0–36,3 °С [12]. За период с температурой выше +10 °С обычно выпадает до 300 мм осадков. В исследуемый период суммы активных температур и количество осадков за вегетацию сорго превышали среднегодовые показатели. Почва опытного участка ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» представлена черноземом южным среднесуглинистым. Содержание гумуса в

пахотном слое составляет 3,5 %. Нитрификационная способность (по Кравкову) – 7,7 мг/кг; фосфор (по Мачигину) – 34,2–35,7 мг/кг; калий (в углеаммонийной вытяжке) – 349–378 мг/кг. Реакция почвенной среды pH = 6,3–6,4. Обработка почвы экспериментального участка проводилась согласно зональной технологии возделывания. Площадь делянки составила 30,8 м<sup>2</sup>. Повторность рендомизированных делянок в опыте трехкратная. Посев проведен во II–III декаде мая селекционной сеялкой СКС-6-10. Густота стояния растений – 100–150 тыс/га скорректирована вручную.

Удаленность Казахстана от внешних морей и океанов обуславливает резко континентальный климат. Гидротермические условия Акмолинской области характеризуются недостатком продуктивной влаги. В среднем выпадает около 300 мм осадков, из которых на теплый период (апрель – октябрь) приходится 72,1 %, на холодный (декабрь – март) – 27,9 %. Суммы активных температур воздуха выше 10 °С составляют 2102–2612 °С. За вегетивно-активный период (с мая до конца августа) накапливается 1901–2295 °С [13]. Почвы опытного поля Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханова представлены черноземом обыкновенным среднесуглинистым и среднесуглинистым (легкогидролизуемый азот (по Тюрину, Кононовой) – 153,0 мг/кг; фосфор (по Мачигину) – 16,7 мг/кг; калий (по Мачигину) – 666,0 мг/кг). Содержание гумуса составляет 4,6 %. Реакция почвенной среды pH = 7,5–7,6. Посев проведен в третьей декаде мая. Густота стояния растений – 200 тыс/га – скорректирована вручную. Площадь делянки составила 28,0 м<sup>2</sup>. Повторность рендомизированных делянок в опыте трехкратная.

В целом метеорологические условия в пунктах испытаний сортов и гибрида сахарного сорго оказались очень контрастными. Период 2020–2022 гг. можно охарактеризовать следующим образом: в Кокшетау 2020–2021 гг. – острозасушливые: гидротермический коэффициент (ГТК) составил 0,43–0,53, тогда как в 2022 г. – 1,00; в Саратове – засушливые: ГТК = 0,63–0,75. Сумма активных температур варьировала в пределах 2065,1–2835,0 °С, а количество осадков – 89,7–218,8 мм. Изменчивость метеорологических условий отражена на рис. 1.

Анализ признаков и учет урожайности проведены по общепринятой методике [14]. Адаптивную способность определяли по стрессоустойчивости, генетической гибкости [15], коэффициенту линейной регрессии ( $b_i$ ) и отклонению от линии регрессии ( $S\% (RG)$ ) [16], коэффициенту вариации ( $V$ ) [17].

Стрессоустойчивость рассчитывали по формуле  $(Y_{\min} - Y_{\max}) / ((Y_{\min} + Y_{\max}) / 2)$ , генетическую гибкость генотипа – по  $(Y_{\min} - Y_{\max}) / ((Y_{\min} + Y_{\max}) / 2)$ , где  $Y_{\min}$  и  $Y_{\max}$  – наибольшие и наименьшие значения урожайности [15].

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена дисперсионным трехфакторным (фактор А – генотип, фактор В – пункт испытания, фактор С – условия года) и регрессионным анализом с использованием компьютерной программы «Агрос 2.09».

### Результаты (Results)

Результаты дисперсионного анализа подтверждают значимое влияние всех факторов, а также их взаимодействие на проявление высоты растений, площади наибольшего листа и урожайности биомассы, за исключением влияния метеорологических условий на формирование площади фотосинтезирующей поверхности растений (таблица 1).

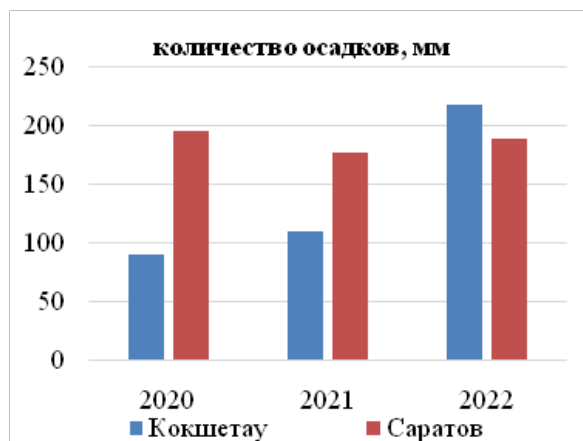
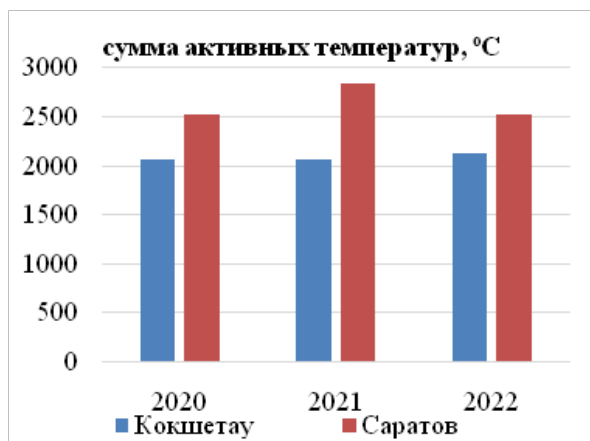


Рис. 1. Метеорологические условия в период проведения экологического испытания (2020–2022 гг.)

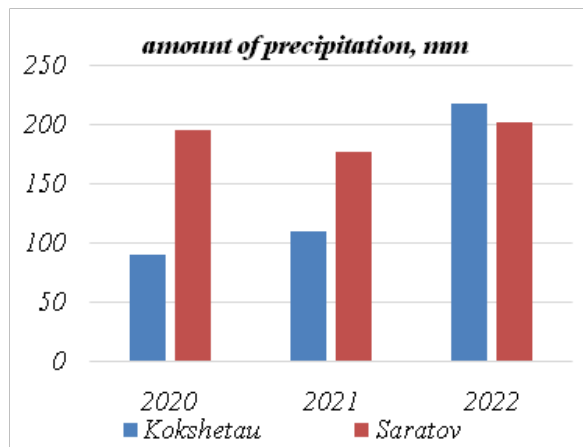
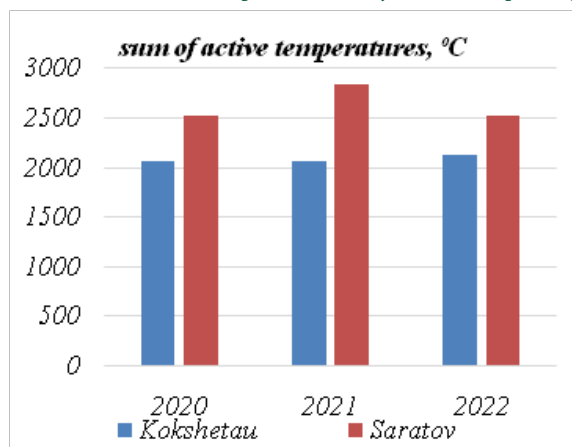


Fig. 1. Meteorological conditions during the environmental test period (2020–2022)

Таблица 1  
Результаты дисперсионного анализа по влиянию различных факторов на проявление агрономических признаков образцов сахарного сорго (2020–2022 гг.)

Показатель	df	Высота растений			Площадь листа			Урожайность биомассы		
		SS	$F_{05}$	HCP <sub>05</sub>	SS	$F_{05}$	HCP <sub>05</sub>	SS	$F_{05}$	HCP <sub>05</sub>
Общее	143	52 594,434			323 033,219			7 885,298		
Генотип (А)	7	8 873,223	14,84*	6,11	101 173,281	15,09*	20,46	395,89	7,30*	1,84
Пункт испытания (В)	1	17 648,334	206,65*	3,05	4 068,833	4,25*	10,23	4 567,61	590,28*	0,92
Условия года (С)	2	1 963,667	11,497*	3,74	1 283,500	0,67	–	444,885	28,74*	1,12
Взаимодействие АВ	7	4 640,109	7,76*	8,64	48 767,168	7,27*	28,93	275,830	5,09*	2,60
Взаимодействие АС	14	5 309,111	4,44*	10,58	26 516,055	1,97*	35,44	746,81	6,89*	3,18
Взаимодействие ВС	2	2 073,666	12,14*	5,29	10 493,167	5,48*	17,72	52,528	3,39*	1,59
Взаимодействие АВС	14	3 938,559	3,29*	14,97	39 271,496	2,93*	50,11	648,894	5,99*	4,50
Другие факторы	94	8 027,66			89 979,164			727,366		

Table 1  
The results of the analysis of variance on the influence of various factors on the manifestation of agronomic characteristics of samples of sugar sorghum (2020–2022)

Indicator	df	Plant height			Leaf area			Biomass yield		
		SS	F <sub>05</sub>	LSD <sub>05</sub>	SS	F <sub>05</sub>	LSD <sub>05</sub>	SS	F <sub>05</sub>	LSD <sub>05</sub>
Total	143	52 594.434			323 033.219			7 885.298		
Genotype (A)	7	8 873.223	14.84*	6.11	101 173.281	15.09*	20.46	395.89	7.30*	1.84
Test point (B)	1	17 648.334	206.65*	3.05	4 068.833	4.25*	10.23	4 567.61	590.28*	0.92
Conditions of the year (C)	2	1 963.667	11.497*	3.74	1 283.500	0.67	–	444.885	28.74*	1.12
Interaction AB	7	4 640.109	7.76*	8.64	48 767.168	7.27*	28.93	275.830	5.09*	2.60
Interaction AC	14	5 309.111	4.44*	10.58	26 516.055	1.97*	35.44	746.81	6.89*	3.18
Interaction BC	2	2 073.666	12.14*	5.29	10 493.167	5.48*	17.72	52.528	3.39*	1.59
Interaction ABC	14	3 938.559	3.29*	14.97	39 271.496	2.93*	50.11	648.894	5.99*	4.50
Other factors	94	8 027.66			89 979.164			727.366		

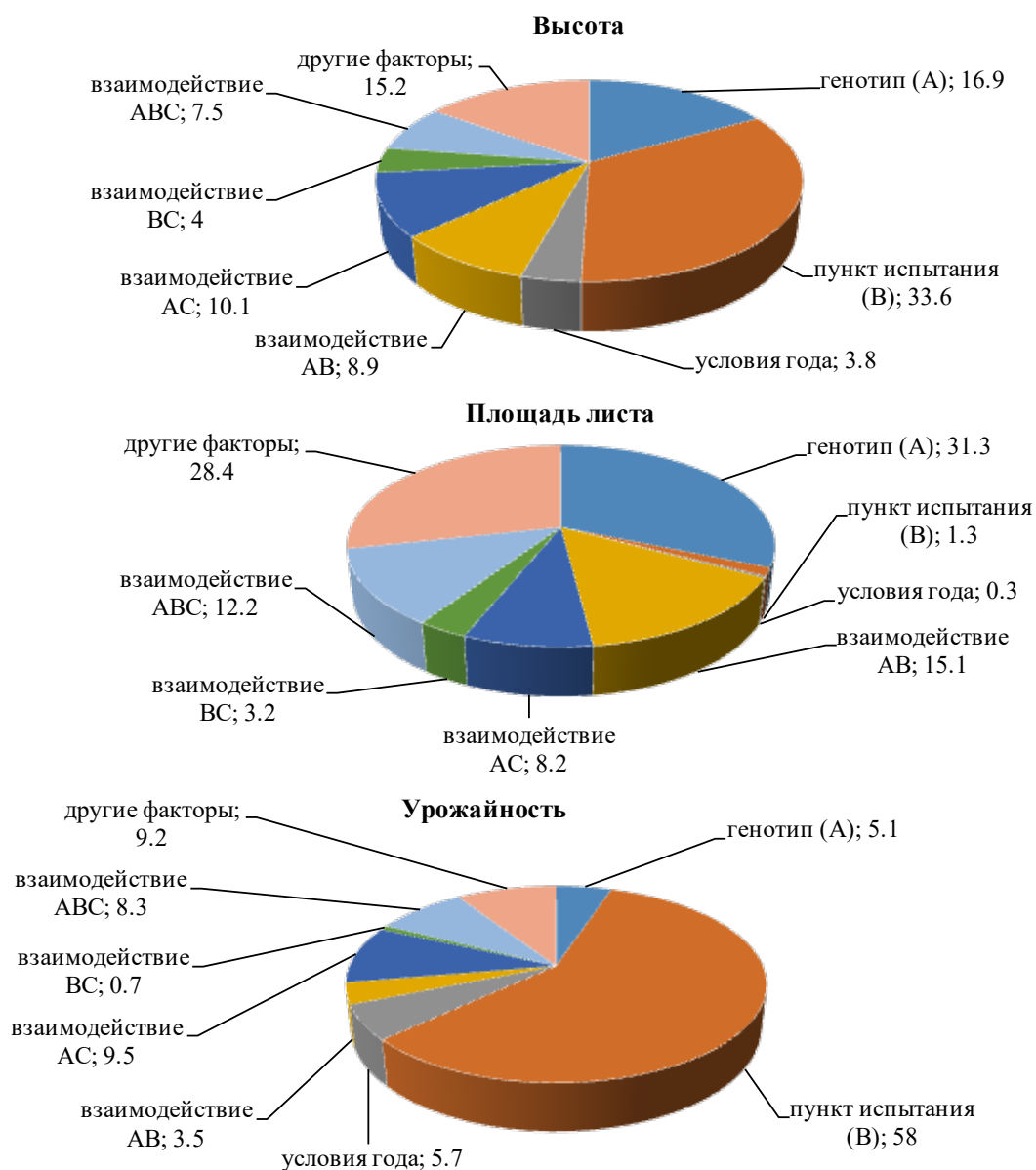


Рис. 2. Влияние изучаемых факторов на проявление общей изменчивости признака (2020–2022 гг.)

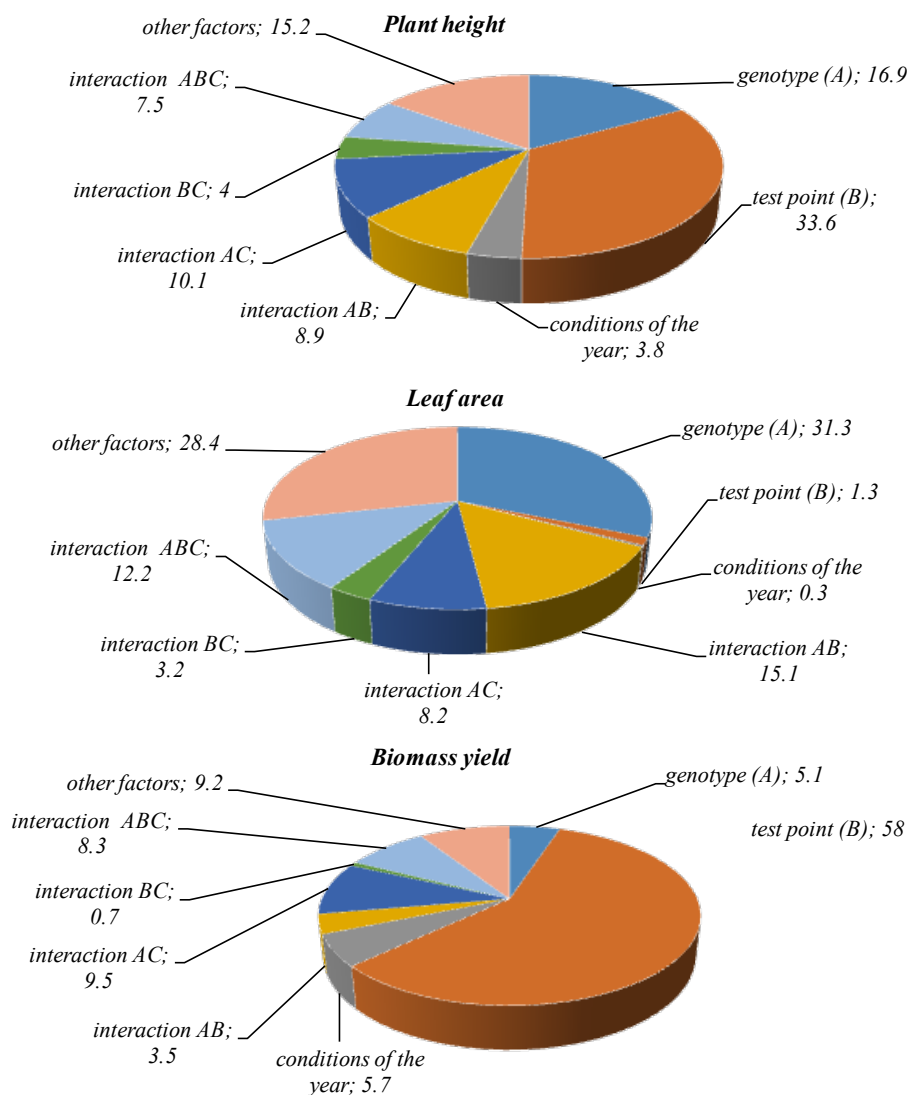


Fig. 2. The influence of the studied factors on the manifestation of the general variability of the trait (2020–2022)

Так, изменчивость высоты растений сахарного сорго обусловлена вкладом в основном пункта испытания (33,6 %) и генотипа (16,9 %). Доля метеорологических условий года составила всего 3,8 %, а взаимодействие факторов – от 4,0 до 10,1 % (рис. 2). Формирование урожайности биомассы испытываемых образцов в наибольшей степени зависело от микрозоны возделывания: в общей изменчивости признака доля фактора В составила 58,0 %. Вклад генотипа и условий года оказался равнозначным – 5,1 и 5,7 % соответственно. Причем взаимодействие факторов «генотип × условия года» и «генотип × пункт испытания × условия года» – 9,5 и 8,3 % соответственно. На изменчивость показателей листового аппарата растений в большей степени оказали влияние генотипические особенности образца (доля фактора А – 31,3 %), чем фактор внешней среды. Значительный вклад в общую изменчивость площади наибольшего листа внесли взаимодействие «генотип × пункт испытания» и «генотип × пункт испытания × условия года» – 15,1 и 12,2 % соответственно.

Измерение высоты растений сортов и гибрида сахарного сорго в среднем по пунктам выращивания позволило выделить пять высокорослых образцов – Волонтер, Калибр, Флагман, Севилья и Капитал (177,0–180,8 см). Условия среды также повлияли на проявление признака: растения в 2020 и 2022 гг. достигали в высоту 175,2–176,2 см, в то время как в 2021 г. – 167,9 см. Наиболее сильное влияние генотип-средового взаимодействия на изменчивость признака «высота растений» установлено у гибрида Калибр и сортов Флагман, Волонтер. Высота растений, произрастаемых в Кокшетау, оказалась ниже на 29,2–39,3 см по сравнению с возделыванием в Саратове. Наименьшая изменчивость признака выявлена у сорта Сахара: в условиях Саратова высота растений в среднем за 2020–2022 г. составила 172,1 см, а Кокшетау – 165,2 см. Данные результаты подтверждают значимое влияние фактора «пункт испытания»: в среднем по опыту высота растений в Кокшетау – 162,0 см, тогда как в Саратове – 184,2 см (таблица 2).

Агротехнологии

Таблица 2

Средние значения селекционных признаков сахарного сорго в зависимости от пункта и условий испытания

Сорт, гибрид	Пункт испытания	Высота растений, см		Площадь листа, см <sup>2</sup>		Урожайность биомассы, т/га					
		2020	2021	2022	2020	2021	2022				
Капитал	Кокшетау	166,5	157,3	186,1	250,7	261,1	287,8	12,33	10,72	13,59	
	Саратов	177,2	185,7	189,2	235,2	250,0	211,9	18,10	21,55	23,12	
	Среднее	<b>177,0 cd</b>			<b>249,4 f</b>						<b>16,57 a</b>
Севиля	Кокшетау	170,3	152,1	179,5	142,6	131,5	147,0	13,08	9,62	8,69	
	Саратов	202,9	191,7	182,6	249,8	180,3	151,0	29,62	21,93	23,08	
	Среднее	<b>179,9 d</b>			<b>167,0 a</b>						<b>17,67 ab</b>
Чайка	Кокшетау	156,9	143,4	162,7	272,3	267,7	244,7	15,00	12,16	14,11	
	Саратов	165,0	160,1	175,7	242,7	232,9	199,2	33,25	21,52	28,73	
	Среднее	<b>160,6 a</b>			<b>243,3 ef</b>						<b>20,80 d</b>
Волжское 51	Кокшетау	162,6	147,0	154,1	184,9	193,2	209,6	18,92	17,40	16,26	
	Саратов	145,4	176,7	181,2	176,6	247,1	189,8	21,47	23,70	30,90	
	Среднее	<b>161,2 a</b>			<b>200,2 b</b>						<b>21,44 d</b>
Волонтер	Кокшетау	182,3	154,0	162,3	180,8	163,7	200,7	15,48	10,66	11,15	
	Саратов	203,6	193,7	188,9	241,1	236,9	183,6	35,02	22,72	22,63	
	Среднее	<b>180,8 d</b>			<b>201,1 b</b>						<b>19,61 bcd</b>
Калибр	Кокшетау	162,7	155,4	159,3	236,1	214,4	214,2	18,70	14,08	15,56	
	Саратов	209,9	192,0	193,3	126,8	175,7	207,8	27,90	20,45	26,93	
	Среднее	<b>178,8 d</b>			<b>195,8 b</b>						<b>20,60 d</b>
Сахара	Кокшетау	167,5	144,5	183,6	232,2	229,4	285,9	14,30	12,24	15,41	
	Саратов	183,6	164,3	168,5	285,9	199,3	192,0	39,67	20,55	21,08	
	Среднее	<b>168,7 b</b>			<b>237,4 def</b>						<b>20,54 cd</b>
Флагман	Кокшетау	162,5	158,3	157,8	232,5	260,9	234,0	14,28	12,36	14,31	
	Саратов	183,8	210,5	194,6	194,6	201,7	210,6	17,35	23,95	25,52	
	Среднее по условиям года	<b>177,9 d</b>			<b>222,4 cde</b>						<b>17,96 ab</b>
Среднее по пунктам испытания		<b>175,2 b</b>		<b>167,9 a</b>	<b>176,2 b</b>	<b>217,8</b>	<b>215,4</b>	<b>210,6</b>	<b>21,53 c</b>	<b>17,23 a</b>	<b>19,44 b</b>
Кокшетау									<b>219,9 b</b>		<b>13,77 a</b>
Саратов									<b>209,3 a</b>		<b>25,03 b</b>

Примечание. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются между собой при  $p \leq 0,05$  в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Table 2

Average values of selection characteristics of sugar sorghum depending on the point and test conditions

Variety, hybrid	Test points	Plant height, cm		Leaf area, cm <sup>2</sup>		Biomass yield, t/ha					
		2020	2021	2022	2020	2021	2022				
Kapital	Kokshetau	166.5	157.3	186.1	250.7	261.1	287.8	12.33	10.72	13.59	
	Saratov	177.2	185.7	189.2	235.2	250.0	211.9	18.10	21.55	23.12	
	Average	<b>177.0 cd</b>			<b>249.4 f</b>						<b>16.57 a</b>
Sevil'ya	Kokshetau	170.3	152.1	179.5	142.6	131.5	147.0	13.08	9.62	8.69	
	Saratov	202.9	191.7	182.6	249.8	180.3	151.0	29.62	21.93	23.08	
	Average	<b>179.9 d</b>			<b>167.0 a</b>						<b>17.67 ab</b>
Chayka	Kokshetau	156.9	143.4	162.7	272.3	267.7	244.7	15.00	12.16	14.11	
	Saratov	165.0	160.1	175.7	242.7	232.9	199.2	33.25	21.52	28.73	
	Average	<b>160.6 a</b>			<b>243.3 ef</b>						<b>20.80 d</b>
Volzhskoe 51	Kokshetau	162.6	147.0	154.1	184.9	193.2	209.6	18.92	17.40	16.26	
	Saratov	145.4	176.7	181.2	176.6	247.1	189.8	21.47	23.70	30.90	
	Average	<b>161.2 a</b>			<b>200.2 b</b>						<b>21.44 d</b>
Volonter	Kokshetau	182.3	154.0	162.3	180.8	163.7	200.7	15.48	10.66	11.15	
	Saratov	203.6	193.7	188.9	241.1	236.9	183.6	35.02	22.72	22.63	
	Average	<b>180.8 d</b>			<b>201.1 b</b>						<b>19.61 bcd</b>
Kalibr	Kokshetau	162.7	155.4	159.3	236.1	214.4	214.2	18.70	14.08	15.56	
	Saratov	209.9	192.0	193.3	126.8	175.7	207.8	27.90	20.45	26.93	
	Average	<b>178.8 d</b>			<b>195.8 b</b>						<b>20.60 d</b>
Sakhara	Kokshetau	167.5	144.5	183.6	232.2	229.4	285.9	14.30	12.24	15.41	
	Saratov	183.6	164.3	168.5	285.9	199.3	192.0	39.67	20.55	21.08	
	Average	<b>168.7 b</b>			<b>237.4 def</b>						<b>20.54 cd</b>
Flagman	Kokshetau	162.5	158.3	157.8	232.5	260.9	234.0	14.28	12.36	14.31	
	Saratov	183.8	210.5	194.6	194.6	201.7	210.6	17.35	23.95	25.52	
	Average on conditions of the year	<b>177.9 d</b>			<b>222.4 cde</b>						<b>17.96 ab</b>
Average by test points		<b>175,2 b</b>		<b>167,9 a</b>	<b>176,2 b</b>	<b>217,8</b>	<b>215,4</b>	<b>210,6</b>	<b>21,53 c</b>	<b>17,23 a</b>	<b>19,44 b</b>
Kokshetau									<b>219,9 b</b>		<b>13,77 a</b>
Saratov									<b>209,3 a</b>		<b>25,03 b</b>

Note. Data denoted by different letters significantly differ from each other at  $p < 0.05$  in accordance with the Duncan multiple comparison test.

## Параметры адаптивности образцов сахарного сорго по агрономическим признакам

Сорт, гибрид	Высота растений					Площадь листа					Урожайность биомассы				
	V, %	Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость	bi	S% (RG)	V, %	Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость	bi	S% (RG)	V, %	Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость	bi	S% (RG)
Капитал	7,6	-31,9	173,3	0,76	4,27	11,1	-75,9	249,9	1,91	5,10	30,9	-12,4	16,90	0,69	16,54
Севиля	10,4	-50,8	177,5	1,19	3,96	30,5	-118,3	190,7	0,59	25,83	49,0	-20,9	19,15	1,17	7,16
Чайка	7,3	-32,3	159,5	0,66	3,59	13,7	-73,1	235,8	1,54	8,05	39,9	-21,1	22,75	1,32	7,74
Волжское 51	9,6	-35,8	163,3	0,62	7,83	11,7	-70,5	211,9	0,38	12,51	25,3	-14,6	23,60	0,64	16,34
Волонтер	11,2	-49,6	178,8	1,26	4,77	19,9	-77,4	202,4	0,79	15,08	47,1	-24,3	22,85	1,36	15,85
Калибр	12,5	-54,5	182,6	1,50	5,61	22,4	-109,3	181,5	-0,38	19,82	27,5	-13,8	21,00	0,87	7,17
Сахара	9,4	-39,1	164,1	0,63	6,98	21,9	-93,9	238,9	2,70	11,10	46,2	-27,5	25,95	1,32	26,26
Флагман	12,6	-52,7	184,2	1,38	6,63	11,9	-66,3	227,8	0,47	10,85	32,1	-13,1	18,95	0,64	20,51

Table 3

## Adaptability parameters of sugar sorghum samples according to agronomic characteristics

Variety, hybrid	Plant height					Leaf area					Biomass yield				
	V, %	Stress resistance	Genetic flexibility	bi	S% (RG)	V, %	Stress resistance	Genetic flexibility	bi	S% (RG)	V, %	Stress resistance	Genetic flexibility	bi	S% (RG)
Kapital	7.6	-31.9	173.3	0.76	4.27	11.1	-75.9	249.9	1.91	5.10	30.9	-12.4	16.90	0.69	16.54
Sevil'ya	10.4	-50.8	177.5	1.19	3.96	30.5	-118.3	190.7	0.59	25.83	49.0	-20.9	19.15	1.17	7.16
Chayka	7.3	-32.3	159.5	0.66	3.59	13.7	-73.1	235.8	1.54	8.05	39.9	-21.1	22.75	1.32	7.74
Volzhsкое 51	9.6	-35.8	163.3	0.62	7.83	11.7	-70.5	211.9	0.38	12.51	25.3	-14.6	23.60	0.64	16.34
Volonter	11.2	-49.6	178.8	1.26	4.77	19.9	-77.4	202.4	0.79	15.08	47.1	-24.3	22.85	1.36	15.85
Kalibr	12.5	-54.5	182.6	1.50	5.61	22.4	-109.3	181.5	-0.38	19.82	27.5	-13.8	21.00	0.87	7.17
Sakhara	9.4	-39.1	164.1	0.63	6.98	21.9	-93.9	238.9	2.70	11.10	46.2	-27.5	25.95	1.32	26.26
Flagman	12.6	-52.7	184.2	1.38	6.63	11.9	-66.3	227.8	0.47	10.85	32.1	-13.1	18.95	0.64	20.51

Высокие значения площади наибольшего листа установлены у сортов Капитал, Чайка и Сахара. Величина признака составила 237,4–249,4 см<sup>2</sup> в среднем за период испытания. Выявлены значимые различия между величиной признака в пунктах выращивания: в Кокшетау площадь наибольшего листа оказалась равной 219,9 см<sup>2</sup>, тогда как в Саратове – 209,3 см<sup>2</sup> в среднем по всем образцам. Следует отметить, что средний показатель площади наибольшего листа в каждый год оказался практически одинаковым и варьировал в интервале 210,6–217,8 см<sup>2</sup>. Наиболее сильное влияние генотип-средового взаимодействия на изменчивость данного признака установлено практически у всех сортов, за исключением Волжского 51. Площадь наибольшего листа растений, произрастаемых в Кокшетау, оказалась ниже на 8,6 см<sup>2</sup> по сравнению с возделыванием в Саратове.

Наибольшая продуктивность биомассы в среднем по опыту установлена у пяти образцов – Чайка, Волжское 51, Волонтер, Калибр и Сахара (19,61–21,44 т/га). Причем в условиях 2020 г. всеми образцами сформирована наибольшая урожайность биомассы (21,53 т/га) по сравнению с 2022 г (19,44 т/га)

и 2021 г. (17,23 т/га). Кроме того, продуктивность сахарного сорго значительно изменялась в зависимости от микрозоны возделывания: в условиях Кокшетау урожайность биомассы составила 13,77 т/га в среднем по образцам, а Саратова – 25,03 т/га.

Данные таблицы 2 показывают, что сорта Волжское 51, Капитал, Флагман и гибрид Калибр снижают урожайность биомассы в 1,4–1,7 раза, тогда как Сахара, Чайка, Волонтер и Севиля – в 2,0–2,4 раза в зависимости от зоны выращивания. Высокую урожайность в условиях Кокшетау образовали гибрид Калибр (16,11 т/га) и сорт Волжское 51 (17,33 т/га); Саратова – сорта Сахара, Чайка, Волонтер (26,79–27,83 т/га).

Наименьшее варьирование признаков отмечено по высоте растений от 7,3 до 12,6 %. Более стабильные значения высоты растений в разных условиях проявились у сортов Чайка, Капитал, Волжское 51 и Сахара, что подтверждается слабой изменчивостью (V = 7,3–9,6 %). У пяти сортов (Капитал, Волжское 51, Чайка, Волонтер и Флагман) отмечено среднее варьирование площади наибольшего листа – 11,1–19,9 %. По урожайности биомассы коэффициенты вариации более высокие (25,3–49,0 %). Сорта Севи-

ля, Чайка, Волонтер и Сахара в благоприятных для развития и роста сахарного сорго климатических условиях более полно реализовывали генетический потенциал: вариабельность урожайности составила 39,9–47,1 % (таблица 3).

Показатель стрессоустойчивости характеризует уровень устойчивости сортов к возделыванию в условиях стресса. Чем меньше разрыв между значениями признака, тем выше его стрессоустойчивость. Этот показатель отражает возможность выращивания определенного генотипа в конкретной агроклиматической зоне [18]. Наименьший разрыв между минимальным и максимальным значениями высоты растений выявлен у сортов Капитал, Чайка, Волжское 51, Сахара (от –39,1 до –31,9); площади листа – сортов Флагман, Волжское 51, Капитал, Чайка (от –75,9 до –66,3); урожайности биомассы – сортов Капитал, Волжское 51, Флагман и гибрида Калибр (от –14,6 до –12,4).

Генетическая гибкость образца отражает степень соответствия между генотипом и факторами внешней среды, то есть способность генотипа формировать стабильный урожай в стрессовых и благоприятных условиях [18]. Наибольшую продуктивность в контрастных агроклиматических зонах возделывания формировали сорта Волжское 51 и Сахара. Незначительно по данному показателю отличались сорта Чайка и Волонтер. Генетическая гибкость данных образцов варьировала в пределах 22,75–25,95. По высоте растений выделились гибрид Калибр и сорт Флагман: показатель  $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$  составил 182,6–184,2. Высокие показатели генетической гибкости по площади наибольшего листа выявлены у сортов Капитал, Чайка и Сахара (235,8–249,9).

Регрессионный анализ позволил выявить сорта, значительно реагирующие на изменение агроклиматических зон выращивания. Коэффициент линейной регрессии по изученным хозяйственным признакам варьировал в следующих интервалах:  $bi = 0,62–1,50$  по высоте растений;  $bi = 0,64–1,39$  по урожайности биомассы. Отзывчивостью на условия возделывания по формированию высоты растений ( $bi = 1,19–1,50$ ) обладают сорта Севилья, Волонтер, Флагман и гибрид Калибр; по площади наибольшего листа ( $bi = 1,54–2,70$ ) – сорта Капитал, Чайка, Сахара; по урожайности биомассы ( $bi = 1,17–1,36$ ) – сорта Севилья, Чайка, Волонтер и Сахара. Следует отметить, что продуктивный сорт Сахара (20,54 т/га в среднем по пунктам испытания) отличается сильным отклонением от линии регрессии по урожайности биомассы и высоте растений:  $S \% (RG) = 26,26$  и  $6,98$ .

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

В результате промышленного использования сорта или гибрида, расширения посевных площадей целесообразно проводить агроэкологическое испы-

тание с целью объективной оценки их возделывания в различных почвенно-климатических условиях. Известно, что при агроэкологическом испытании у отдельных генотипов возникает высокая изменчивость их продуктивности и других хозяйственных признаков в зависимости от метеорологических условий года и зоны выращивания [19]. Выявление нормы реакции генотипов на изменение факторов внешней среды, изучение их взаимодействия достаточно широко используются селекционерами при оценке сортов многих сельскохозяйственных культур: подсолнечника [20], ячменя [21], кукурузы [22], зернового сорго [23], суданской травы [24].

В представленных исследованиях 2020–2022 гг. экологического изучения образцов сахарного сорго, проведенных в условиях различной степени тепло- и влагообеспеченности, разница суммы активных температур в пунктах испытания составляла 466,2–769,9 °С, а осадков – 17,0–106,1 мм. Такие контрастные климатические условия позволили всесторонне охарактеризовать адаптивную способность генотипов.

Статистическая обработка экспериментальных данных дисперсионным трехфакторным анализом подтвердила взаимодействие генотипа и среды, причем влияние всех изучаемых факторов, а также их взаимодействие оказалось существенным на 5-процентном уровне значимости. Наибольший вклад в общую изменчивость признаков «высота растений» и «урожайность биомассы» вносил фактор «пункт экологического испытания» (33,6–58,0 %), тогда как на площадь наибольшего листа существенное влияние оказал генотип (доля фактора составила 31,3 %).

С помощью оценки образцов сахарного сорго по параметрам адаптивности установлена различная реакция сортов на изменчивость экологических условий. Так, при средней интенсивности роста растений (161,2 см) и площади фотосинтезирующей поверхности (200,2 см<sup>2</sup>) сорт Волжское 51 формировал 21,44 т/га урожайности биомассы, которая в меньшей степени зависела от изменений метеорологических условий: генетическая гибкость (23,60), коэффициент линейной регрессии меньше единицы ( $bi = 0,38–0,64$ , а отклонения линейной регрессии  $S \% (RG) = 7,73–16,64$ ). Причем генетическая гибкость сорта по урожайности биомассы подтверждается испытаниями, проведенными в других стрессовых условиях [25–26].

Сорт Капитал отличился стрессоустойчивостью по комплексу признаков, что свидетельствует о его адаптированности к данным условиям, хотя и урожайность всего 16,57 т/га.

Сорта Сахара, Чайка, Волонтер с более мощной площадью листовой поверхности (201,1–243,3 см<sup>2</sup>) характеризуются отзывчивостью на улучшение климатических условий ( $bi = 1,17–1,32$ ) в сочета-



нии с высокими показателями генетической гибкости (22,75–25,95) формируют 19,61–20,80 т надземной биомассы с гектара посевов. Ранее было отмечено, что в результате многолетних испытаний сорт Чайка показал высокую засухоустойчивость и стабильность продуктивности в условиях Саратовской области, а в Республике Башкортостан – стрессоустойчивость [25; 26].

Среднепродуктивный и среднеранний сорт Севилья следует отнести к интенсивной фенотипически высокостабильной форме по двум из трех признаков ( $bi = 1,17-1,19$ ). Также следует отметить высокую генетическую гибкость сорта и стрессоустойчивость в условиях Нижневолжского региона России [26].

Гибрид Калибр и сорт Флагман оказались стрессоустойчивыми по урожайности биомассы (–13,8...–13,1), формирование которой слабо зависело от метеорологических условий ( $bi = 0,64-0,87$ ) Ак-

молинской и Саратовской областей. Вместе с тем гибрид Калибр отличался генетической гибкостью урожайности вегетативной массы и при испытании ранее в Республике Башкортостан [25].

Таким образом, испытания сахарного сорго в двух регионах – Нижнем Поволжье России и Северном Казахстане, – значительно различающихся по биоклиматическому потенциалу, позволили выделить сорта с высокой адаптивной способностью для их интродукции и расширения зоны соргосеяния, возделывание которых будет способствовать стабилизации валовых сборов вегетативной массы и применению в качестве сочных кормов для кормления сельскохозяйственных животных.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ по теме № 123011200031-6.

#### Библиографический список

1. Rakshit S., Ganapathy K. N., Gomashe S. S. et al. GGE biplot analysis to evaluate genotype, environment and their interactions in sorghum multi-location data // *Euphytica*. 2012. Vol. 185. Pp. 465–479. DOI: 10.1007/s10681-012-0648-6.
2. Анискина Ю. В., Малиновская Е. В., Мицурова В. С., Велишаева Н. С., Колобова О. С., Шилов И. А. Исследование генетического разнообразия сорго с использованием технологии мультиплексного микросателлитного анализа // *Биотехнология и селекция растений*. 2019. № 2 (3). С. 20–29. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-3-01.
3. Ториков В. Е., Дронов А. В., Ториков В. В., Осипов А. А., Ланцев В. В. Ценность кукурузы, сорговых культур и их урожайность в зависимости от приемов выращивания // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 5 (75). С. 15–22.
4. Serba E. M., Rimareva L. V., Tran V. C., Overchenko M. B., Inyatova N. I., Pavlova A. A., Abramova I. M. The influence of the sorghum grain composition on the efficiency of its microbial conversion to ethanol and lysine // *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2022. No. 15 (3). Pp. 347–362. DOI: 10.17516/1997-1389-0392.
5. De Oliveira L. P., Carbal P. D. S., de Lima e Silva F. H., Neto A. R., Silva F. G., Pereira D. L. Performance and genetic diversity of pre-commercial sweet sorghum hybrids in Central-Western and Southern Brazil // *Renewable Energy*. 2022. Vol. 182 (C). Pp. 992–997. DOI: 10.1016/j.renene.2021.11.023.
6. Капустин С. И., Володин А. Б., Кухарук М. Ю., Капустин А. С. Оценка исходного материала для селекции высокосахаристых сортов и гибридов сорго // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 2. С. 43–50.
7. Бельченко С. А., Дронов А. В., Васькина Т. И. Особенности биологии, опыт возделывания и перспективы переработки сорго сахарного на Юго-Западе Центральной России // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 2 (46). С. 24–32. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-2-24-32.
8. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В. Использование сорго сахарного в качестве источника питательных веществ для человека (обзор литературы) // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 3 (63). С. 3–9.
9. Каменева О. Б., Кибальник О. П., Ефремова И. Г., Семин Д. С., Калинин Ю. А. Сахарное сорго как сахаронос и альтернативный источник биоэнергии (обзор) // *АгроЭкоИнфо*. 2021. № 6. DOI: 10.51419/20216602.
10. Бойко В. С., Тимохин А. Ю., Володин А. Б., Нижельский Т. Н. Потенциал продуктивности сорго сахарного в южной лесостепи Западной Сибири // *Кормопроизводство*. 2022. № 4. С. 29–33.
11. Соколова Д. В. Оценка взаимодействия генотип-среда у сортов свеклы столовой коллекции ВИР // *Овощи России*. 2018. № 6. С. 26–30. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-6-26-30.
12. Левицкая Н. Г., Шаталова О. В., Иванова Г. Ф. Обзор средних и экстремальных характеристик климата Саратовской области во второй половине XX – начале XXI века // *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2009. № 1. С. 30–34.
13. Агроклиматические ресурсы Акмолинской области: научно-прикладной справочник. Астана: ТОО «Институт географии» МОН РК, 2017. 133 с.

14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва: Агропромиздат, 1989. 194 с.
15. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53.
16. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. Pp. 36–40.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Книга, 2011. 352 с.
18. Орлянская Н. А., Чеботарев Д. С. Адаптивный потенциал исходного материала для селекции раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Центрально-Черноземного региона // Сахар. 2022. № 12. С. 20–24. DOI: 10.24412/2413-5518-2022-12-20-24.
19. Ndiaye M., Adam M., Ganyo K. K., Guissé A., Cissé N., Muller B. Genotype-Environment Interaction: Trade-Offs between the Agronomic Performance and Stability of Dual-Purpose Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Genotypes in Senegal // Agronomy. 2019. Vol. 9 (12). Article number 867. DOI: 10.3390/agronomy9120867.
20. Децына А. А., Илларионова И. В. Экологическое испытание новых сортов подсолнечника селекции ВНИИМК // Масличные культуры. 2019. № 2 (178). С. 22–26. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-2-178-22-26.
21. Курьлева А. Г. Адаптивная реакция сортов ячменя при экологическом испытании в условиях Удмуртской Республики // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 67 (6). С. 52–57. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57.
22. Сотченко Ю. В., Галговская Л. А., Теркина О. В., Романова А. Н., Поздняков А. Ю. Результаты изучения экологической адаптивности новых среднеспелых и среднепоздних гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2021. № 1. С. 25–30. DOI: 10.25715/p9251-5136-1331-n.
23. Барановский А. В., Курдюкова О. Н., Косогова Т. М., Гелюх В. Н. Урожайность, пластичность и стабильность современных гибридов зернового сорго в условиях Луганской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 8–13.
24. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Ермолина Г. М. Урожайность сорго травянистого в зависимости от метеорологических условий // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (3). С. 334–342. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342.
25. Биктимиров Р. А., Шакирзянов А. Х., Низаева А. А. Экологическая стабильность и пластичность кормового сорго в Республике Башкортостан // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 8. С. 46–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10810.
26. Кибальник О. П., Ефремова И. Г., Семин Д. С. Адаптивная способность сортов сахарного сорго // Орошаемое земледелие. 2021. № 2 (33). С. 40–43. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-2-4.

#### Об авторах:

Оксана Павловна Кибальник<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID 0000-0002-1808-8974, AuthorID 50108046; +7 927 119-18-40, [kibalnik79@yandex.ru](mailto:kibalnik79@yandex.ru)

Ильдар Маратович Богатов<sup>2</sup>, докторант, ORCID 0000-0001-6667-281X, AuthorID 813364; +7 705 102-55-47, [ibogatov@shokan.edu.kz](mailto:ibogatov@shokan.edu.kz)

Дмитрий Сергеевич Семин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID 0000-0003-0442-6933, AuthorID 843021; +7 906 304-90-51, [sds-balashov@yandex.ru](mailto:sds-balashov@yandex.ru)

Ирина Григорьевна Ефремова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела сорговых культур, ORCID 0000-0002-7188-9332, AuthorID 982337; +7 937 268-48-57, [efremova-irina1946irina@yandex.ru](mailto:efremova-irina1946irina@yandex.ru)

Уалихан Малгаждарович Сагалбеков<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID 0000-0002-2959-3802, AuthorID 574122; +7 705 292-80-09, [sagalbekov52@mail.ru](mailto:sagalbekov52@mail.ru)

<sup>1</sup> Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Россия

<sup>2</sup> Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, Кокшетау, Республика Казахстан

## Ecological testing of sugar sorghum varieties in agro-climatic conditions of Russia and Kazakhstan

O. P. Kibalnik<sup>1</sup>✉, I. M. Bogapov<sup>2</sup>, D. S. Semin<sup>1</sup>, I. G. Efremova<sup>1</sup>, U. M. Sagalbekov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

<sup>2</sup>Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Republic of Kazakhstan

✉E-mail: kibalnik79@yandex.ru

**Abstract.** The purpose is to assess the adaptability of sugar sorghum genotypes in various agro-climatic zones of cultivation. **Methods.** The reaction rate of 8 samples of sugar sorghum selected by Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn was evaluated based on the results of the 2020–2022 test in two ecological points: Saratov (Russia, Saratov region) and Kokshetau (Kazakhstan, Akmola region), characterized by different climatic conditions. Methods of cultivation of plants, accounting for yields are generally accepted for sorghum. The repetition in the experiment is threefold, the placement of plots is randomized. **Results.** According to the results of statistical analysis, the share of the studied factors in the overall variability of traits was established: the greatest contribution to the “plant height” and “biomass yield” was made by the factor “ecological testing point” (33.6–58.0 %), in the “area of the largest leaf” – “genotype” (31.3 %). It was found that in the conditions of Northern Kazakhstan, characterized by lower heat and moisture availability during sorghum testing (the difference in the sum of active temperatures reached 466.2–769.9 °C, and precipitation – 17.0–106.1 mm in comparison with the conditions of the Lower Volga region of Russia), the area of the largest leaf increased by 10.6 cm<sup>2</sup> on average for the group of genotypes studied at the same time, the height of plants and the yield of vegetative mass decreased by 22.2 cm and 11.26 t/ha, respectively. At the same time, varieties and hybrids have been identified that form a biomass yield of 20.54–21.44 t/ha on average during the test period – Chayka, Volzhskoe 51, Sakhara, Kalibr. **Scientific novelty.** For the first time, the possibility of growing varieties of sugar sorghum selected by Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn in the conditions of Northern Kazakhstan is presented. Thus, according to the complex of adaptability parameters in combination with high biomass productivity, on average, the Volzhskoe 51 variety was selected for the points of environmental testing.

**Keywords:** sorghum, yield, height, leaf area, reaction rate, adaptability, stress resistance.

**For citation:** Kibalnik O. P., Bogapov I. M., Semin D. S., Efremova I. G., Sagalbekov U. M. Ekologicheskoe ispytanie sortov sakharnogo sorgo v agroklimaticheskikh usloviyakh Rossii i Kazakhstana [Ecological testing of varieties of sugar sorghum in the agro-climatic conditions of Russia and Kazakhstan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 15–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-15-27. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 16.02.2023, **date of review:** 03.03.2023, **date of acceptance:** 15.03.2023.

### References

1. Rakshit S., Ganapathy K. N., Gomashe S. S. et al. GGE biplot analysis to evaluate genotype, environment and their interactions in sorghum multi-location data // Euphytica. 2012. Vol. 185. Pp. 465–479. DOI: 10.1007/s10681-012-0648-6.
2. Aniskina Yu. V., Malinovskaya E. V., Mitsurova V. S., Velishaeva N. S., Kolobova O. S., Shilov I. A. Issledovanie geneticheskogo raznoobraziya sorgo s ispol'zovaniem tehnologii mul'tipleksnogo mikrosatellitnogo analiza [Investigation of the genetic diversity of sorghum using multiplex microsatellite analysis technology] // Plant Biotechnology and Breeding. 2019. No. 2 (3). Pp. 20–29. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-3-01. (In Russian.)
3. Torikov V. E., Dronov A. V., Torikov V. V., Osipov A. A., Lantsev V. V. Tsennost' kukuruzy, sorgovykh kul'tur i ikh urozhaynost' v zavisimosti ot priemov vyrashchivaniya [The value of corn, sorghum crops and their yield depending on cultivation techniques] // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2019. No. 5 (75). Pp. 15–22. (In Russian.)
4. Serba E. M., Rimareva L. V., Tran V. C., Overchenko M. B., Inyatova N. I., Pavlova A. A., Abramova I. M. The influence of the sorghum grain composition on the efficiency of its microbial conversion to ethanol and lysine // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2022. No. 15 (3). Pp. 347–362. DOI: 10.17516/1997-1389-0392.
5. De Oliveira L. P., Carbal P. D. S., de Lima e Silva F. H., Neto A. R., Silva F. G., Pereira D. L. Performance and genetic diversity of pre-commercial sweet sorghum hybrids in Central-Western and Southern Brazil // Renewable Energy. 2022. Vol. 182 (C). Pp. 992–997. DOI: 10.1016/j.renene.2021.11.023.
6. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kukharuk M. Yu., Kapustin A. S. Otsenka iskhodnogo materiala dlya seleksii vysokosakharistykh sortov i gibridov sorgo [Evaluation of the source material for the selection of high-sugar

varieties and hybrids of sorghum] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 2. Pp. 43–50. (In Russian.)

7. Bel'chenko S. A., Dronov A. V., Vas'kina T.I. Osobennosti biologii, opyt vozdeleyvaniya i perspektivy pererabotki sorgo sakharnogo na Yugo-Zapade Tsentral'noy Rossii [Features of biology, experience of cultivation and prospects of processing of sugar sorghum in the South-West of Central Russia] // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 2 (46). Pp. 24–32. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-2-24-32. (In Russian.)

8. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V. Ispol'zovanie sorgo sakharnogo v kachestve istochnika pitatel'nykh veshchestv dlya cheloveka (obzor literatury) [The use of sugar sorghum as a source of nutrients for humans (literature review)] // Grain economy of Russia. 2019. No. 3 (63). Pp. 3–9. (In Russian.)

9. Kameneva O. B., Kibal'nik O. P., Efremova I. G., Semin D. S., Kalinin Yu. A. Sakharnoe sorgo kak sakharonos i al'ternativnyy istochnik bioenergii (obzor) [Sweet sorghum as a sucrose and an alternative source of bioenergy (review)] // AgroEcoInfo. 2021. No. 6. DOI: 10.51419/20216602. (In Russian.)

10. Boyko V. S., Timokhin A. Yu., Volodin A. B., Nizhel'skiy T. N. Potentsial produktivnosti sorgo sakharnogo v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Productivity potential of sugar sorghum in the southern forest-steppe of Western Siberia] // Fudder production. 2022. No. 4. Pp. 29–33. (In Russian.)

11. Sokolova D. V. Otsenka vzaimodeystviya genotip-sreda u sortov svekly stolovoy kolleksii VIR [Evaluation of genotype-environment interaction in beet varieties of the VIR table collection] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 6. Pp. 26–30. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-6-26-30. (In Russian.)

12. Levitskaya N. G., Shatalova O. V., Ivanova G. F. Obzor srednikh i ekstremal'nykh kharakteristik klimata Saratovskoy oblasti vo vtoroy polovine XX – nachale XXI veka [Review of average and extreme climate characteristics of the Saratov region in the second half of the XX – early XXI century] // Agrarnyy vestnik Yugo-Vostoka. 2009. No. 1. Pp. 30–34. (In Russian.)

13. Agroklimaticheskie resursy Akmolinskoy oblasti: nauchno-prikladnoy spravochnik [Agro-climatic resources of the Akmola region: scientific and applied reference book]. Astana: TOO "Institut geografii" MON RK, 2017. 133 p. (In Russian.)

14. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 194 p. (In Russian.)

15. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kultur [On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // Vestnik of the Russian Agricultural Sciences. 2005. No. 6. Pp. 49–53. (In Russian.)

16. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No. 1. Pp. 36–40.

17. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Kniga, 2011. 352 p. (In Russian.)

18. Orlyanskaya N. A., Chebotarev D. S. Adaptivnyy potentsial iskhodnogo materiala dlya selektsii rannespelykh gibridov kukuruzy v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Adaptive potential of the source material for the selection of early ripe maize hybrids in the conditions of the Central Black Earth region] // Sugar. 2022. No. 12. Pp. 20–24. DOI: 10.24412/2413-5518-2022-12-20-24. (In Russian.)

19. Ndiaye M., Adam M., Ganyo K. K., Guissé A., Cissé N., Muller B. Genotype-Environment Interaction: Trade-Offs between the Agronomic Performance and Stability of Dual-Purpose Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Genotypes in Senegal // Agronomy. 2019. Vol. 9 (12). Article number 867. DOI: 10.3390/agronomy9120867.

20. Detsyna A. A., Illarionova I. V. Ekologicheskoe ispytanie novykh sortov podsolnechnika selektsii VNIIMK [Ecological testing of new varieties of sunflower breeding VNIIMK] // Oil crops. 2019. No. 2 (178). Pp. 22–26. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-2-178-22-26. (In Russian.)

21. Kuryleva A. G. Adaptivnaya reaktsiya sortov yachmenya pri ekologicheskom ispytanii v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki [Adaptive response of barley varieties during ecological testing in the conditions of the Udmurt Republic] // Agricultural Science of the Euro-North-East. 2018. No. 67 (6). Pp. 52–57. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57. (In Russian.)

22. Sotchenko Yu. V., Galgovskaya L. A., Terkina O. V., Romanova A. N., Pozdnyakov A. Yu. Rezul'taty izucheniya ekologicheskoy adaptivnosti novykh srednespelykh i srednepozdnykh gibridov kukuruzy [Results of studying the ecological adaptability of new mid-ripening and mid-late corn hybrids] // Maize and sorghum. 2021. No. 1. Pp. 25–30. DOI: 10.25715/p9251-5136-1331-n. (In Russian.)

23. Baranovskiy A. V., Kurdyukova O. N., Kosogova T. M., Gelyukh V. N. Urozhaynost', plastichnost' i stabil'nost' sovremennykh gibridov zernovogo sorgo v Luganskoj oblasti [Productivity, plasticity and stability

of modern hybrids of grain sorghum in the conditions of the Luhansk region] // Agrarian scientific journal. 2022. No. 2. Pp. 8–13. (In Russian.)

24. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E., Ermolina G. M. Urozhaynost' sorgo travyanistogo v zavisimosti ot meteorologicheskikh usloviy [Grass sorghum yield depending on meteorological conditions] // Agrarian science of the Euro-North-East. 2022. No. 23 (3). Pp. 334–342. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342. (In Russian.)

25. Biktimirov R. A., Shakirzyanov A. Kh., Nizaeva A. A. Ekologicheskaya stabil'nost' i plastichnost' kormovogo sorgo v Respublike Bashkortostan [Ecological stability and plasticity of fodder sorghum in the Republic of Bashkortostan] // Achievements of Science and Technology of the AIC. 2019. No. 8. Pp. 46–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10810. (In Russian.)

26. Kibal'nik O. P., Efremova I. G., Semin D. S. Adaptivnaya sposobnost' sortov sakharnogo sorgo [Adaptive capacity of sweet sorghum varieties] // Irrigated Agriculture. 2021. No. 2 (33). Pp. 40–43. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-2-4. (In Russian.)

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

Oksana P. Kibalnik<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, chief researcher of the department of sorghum crop, ORCID 0000-0002-1808-8974, AuthorID 50108046; +7 927 119-18-40, [kibalnik79@yandex.ru](mailto:kibalnik79@yandex.ru)

Ildar M. Bogapov<sup>2</sup>, doctoral student, ORCID 0000-0001-6667-281X, AuthorID 813364; +7 705 102-55-47, [ibogapov@shokan.edu.kz](mailto:ibogapov@shokan.edu.kz)

Dmitriy S. Semin<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, chief researcher of the department of sorghum crop, ORCID 0000-0003-0442-6933, AuthorID 843021; +7 906 304-90-51, [sds-balashov@yandex.ru](mailto:sds-balashov@yandex.ru)

Irina G. Efremova<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the department of sorghum crop, ORCID 0000-0002-7188-9332, AuthorID 982337; +7 937 268-48-57, [efremova-irina1946irina@yandex.ru](mailto:efremova-irina1946irina@yandex.ru)

Ualikhan M. Sagalbekov<sup>2</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, ORCID 0000-0002-2959-3802, AuthorID 574122; +7 705 292-80-09, [sagalbekov52@mail.ru](mailto:sagalbekov52@mail.ru)

<sup>1</sup> Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

<sup>2</sup> Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Republic of Kazakhstan

## Влияние сроков посева на фотосинтез тритикале в условиях Приамурья

А. А. Муратов<sup>1✉</sup>, В. В. Епифанцев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

✉ E-mail: nic\_dalgau@mail.ru

**Аннотация.** В Амурской области за последнее десятилетие в структуре посевных площадей доля сои достигла 73,7 %, ухудшилось фитосанитарное состояние агроценозов, существенно возросла пестицидная нагрузка на поля, что влечет новые экологические риски. Некоторому снижению данной нагрузки может способствовать увеличение доли зерновых культур, в том числе и тритикале. **Целью** исследования являлось установление эффективного срока посева сортов яровой тритикале, обеспечивающего оптимальную фотосинтетическую активность агроценозов в условиях Приамурья. Использована **методика** полевого опыта Б. А. Доспехова и определения фотосинтетической активности посевов А. А. Ничипоровича. **Научная новизна.** Оценена фотосинтетическая активность сортов яровой тритикале при разных сроках посева в различные по метеорологическим условиям годы. **Результаты.** Наибольшая площадь листового аппарата формируется при посеве 29 апреля, достигая максимальных значений в фазу цветения у сорта Укро – 37,2 тыс. м<sup>2</sup>/га, у сорта Ярило – 30,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, у сорта Кармен – 33,0 тыс. м<sup>2</sup>/га. Корреляционный анализ выявил прямолинейное и сильное влияние сроков посева на формирование ассимиляционного аппарата растений и урожайность яровой тритикале ( $r_{xy} = 0,833$ ). Получены статистически значимые различия  $p = 0,016$ . В уравнении регрессии, при увеличении площади листьев на 1 тыс. м<sup>2</sup>/га, ожидается прирост урожайности зерна тритикале на 0,056 т/га. Фотосинтетический потенциал сортов различался в годы исследований и зависел от величины ассимилирующей поверхности и продолжительности работы листьев. Установлено закономерное снижение чистой продуктивности фотосинтеза от раннего срока посева к позднему. Наибольшее значение ЧПФ получено при посеве 15.04–2,03 г/м<sup>2</sup> в сутки. Элементы, составляющие фотосинтез, позволили получить урожайность зерна сорта Ярило – 2,26 т/га, Укро – 2,61 т/га и Кармен – 2,23 т/га.

**Ключевые слова:** площадь листьев, сухое вещество, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, срок посева, сорт, тритикале, корреляция, урожайность.

**Для цитирования:** Муратов А. А., Епифанцев В. В. Влияние сроков посева на фотосинтез тритикале в условиях Приамурья // Аграрный вестник Урала. 2023. № 03 (232). С. 28–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-28-39.

**Дата поступления статьи:** 21.12.2022, **дата рецензирования:** 30.01.2023, **дата принятия:** 09.02.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Мировая посевная площадь тритикале (*×Triticosecale*) – 5 млн га. В Польше она составляет 1,3–1,5 млн га, или 28 % от мировой, в Беларуси – более 0,5 млн га, или 12 % от всех посевов. Меньшие площади находятся в Германии, Франции и других странах. В России она занимает около 141 тыс. га. Наибольшие валовые сборы зерна тритикале приходятся на Польшу (5,2 млн т, что составляет 31 % от мировых), Беларусь – 2,07 (18–20 %), Германию – 2,97 и Францию – 2,02 млн т. В России они составляют 624 тыс. т. В стране лидерами по сбору тритикале являются Белгородская область (95,5 тыс. т, или 16,9 %), Волгоградская область (38,9 тыс. т, или 6,9 %) и Курская область

(35,9, или 6,4 %). Наибольшие посевные площади этой культуры в Центральном ФО – 41,1 %, Приволжском ФО – 18,2 % и Южном ФО – 17,8 %. На долю Дальневосточного ФО приходится 1,6 % от всех площадей тритикале в России. В тритикале генетически заложен высокий потенциал биологической продуктивности, в несколько раз превышающий возможности пшеницы и ржи. Среди злаковых зерновых эта культура наиболее высокоустойчива к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям [1]. Благодаря этим качествам мировой ареал распространения тритикале ежегодно увеличивается.

В Амурской области сконцентрировано 30 % посевов сои от общей площади ее посевов в Рос-

сии. Среди полевых культур она занимает ведущее место и имеет коммерческое значение. По данным Росстата, в структуре всех посевов (1137,4 тыс. га) она занимает 844,3 тыс. га, или 74,2 %. На долю зерновых культур здесь приходится 232 тыс. га, или 19,6 %, в том числе пшеницы – 146,6 тыс. га, или 12,4 %, ячменя – 34,2 тыс. га, или 2,9 %, овса – 30,9 тыс. га, или 2,7 % [2]. Многие хозяйства выращивают сою как монокультуру. Отсутствие севооборотов ухудшает фитосанитарное состояние агроценозов, повышает засоренность и пестицидную нагрузку на полях, нарушает физические и химические свойства почвы, снижает урожайность полевых культур [3]. Так, урожайность сои в последнее десятилетие колебалась в пределах 1,11 (2016 г.) – 1,32 т/га (2019 г.), пшеницы – от 0,96 (2010 г.) до 2,28 т/га (2016 г.), соответственно в эти годы ячменя 0,89–1,95 т/га и овса 0,7–1,85 т/га. Тритикале как высокопродуктивная зерновая культура наряду с кукурузой может занять достойное место на полях Приамурья.

Фотосинтез – сложный физико-химический, биохимический и физиологический процесс, происходящий в зеленых растениях, способствующий преобразованию электромагнитной энергии солнца в энергию органических соединений и образованию из неорганических веществ органических. В благоприятных условиях растения поглощают 80–90 %, в менее благоприятных 50–60 % фотосинтетически активной радиации (ФАР). Только 22,4–28 % ФАР превращается в химическую энергию органических веществ. На долю углерода, кислорода и водовода приходится 90 % сухого вещества растений. То есть 90–95 % будущего урожая – это потенциальная химическая энергия фотосинтеза, первично усвоенная растениями [4]. Значит, в химическую энергию органической массы урожая превращается не более 5–10 % попадающей на посевы ФАР.

Процесс фотосинтеза имеет большое значение для обеспечения всей жизни на Земле. Современные работы физиологов растений направлены на сохранение и поддержание высокого уровня фотосинтетической деятельности естественной растительности и максимальное повышение фотосинтетической продуктивности культурных растений. Величина урожая зависит от темпов нарастания и длительности активного функционирования листьев. Она тесно связана с формой, строением, пространственным расположением и площадью листьев [5; 6].

На работу фотосинтетического аппарата влияют экологические факторы и агротехнические приемы, их возможность удовлетворять биологические потребности растений. Агротехнический прием эффективен в том случае, если он направлен на обеспечение лучшей освещенности листового

аппарата, увеличение продолжительности его активной деятельности и формирование оптимальной площади листьев [7].

Проводимые в настоящее время мировые селекционно-генетические и агротехнические работы свидетельствуют о тесной связи минерального питания и водного режима растений с процессами фотосинтеза [8]. Оптимизация этих условий способствует увеличению площади листьев, оптической и геометрической плотности посевов, более полному использованию энергии солнечного света и углекислого газа воздуха. Обоснование оптимальных приемов агротехники, направленных на усиление факторов, увеличивающих продуктивность растений, а также на уменьшение и устранение неблагоприятных условий, ограничивающих их продуктивность, – важная задача разрабатываемой теории фотосинтетической продуктивности в нашей стране и за рубежом.

В Амурской области яровая тритикале возделывается сравнительно недавно, но уже показало хорошие результаты и зарекомендовало себя как фуражная культура [9–12]. Ранее влияние сроков посева на фотосинтетическую деятельность яровой тритикале здесь не изучалось. Полученные данные помогут аграриям оптимизировать производственный процесс этой новой и весьма перспективной культуры. Для выявления эффективности срока посева необходимо определить величину листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистую продуктивность фотосинтеза посевов и взаимосвязи их с урожайностью тритикале.

Целью исследования являлось установление эффективного срока посева сортов яровой тритикале, обеспечивающего оптимальную фотосинтетическую активность агроценозов в условиях Приамурья.

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

Экспериментальная работа проведена в 2014–2016 гг. на опытном поле Дальневосточного ГАУ, расположенном в типичных условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области.

Агрометеорологические условия во время исследований были контрастны. Так, 2015 г. отличался от средних многолетних показателей недостатком тепла весной, большим количеством осадков в июле. Благоприятными по распределению температур и осадков для возделывания культуры были 2014 и 2016 гг. Метеорологические показатели в эти годы были близки или выше многолетних значений. Почва опытного участка – лугово-черноземовидная среднемощная [13]. Гумуса в ней содержалось в пределах 3,7–3,9 %, степень кислотности  $pH_{\text{соль}}$  5,5 – среднекислая, гидролитическая кислотность низкая [14].

Метод исследований – полевой двухфакторный опыт. Схема опыта: фактор А – сорт: 1. Ярило; 2. Укро – стандарт (St); 3. Кармен; фактор Б – срок посева: 1. 15 апреля (15.04); 2. 22 апреля (22.04) – контроль (к); 3. 29 апреля (29.04); 4. 5 мая (05.05). Каждому сорту соответствовало четыре срока посева. Площадь посевной делянки – 31,5 м<sup>2</sup>, учетной – 24 м<sup>2</sup>. Повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое [15].

Предшественник – соя. Семена тритикале высевались сеялкой СН-16 в агрегате с трактором Dongfeng. Способ посева сплошной рядовой, ширина междурядий – 15 см, глубина заделки семян – 5 см. Норма высева – 5 млн шт. на 1 га всхожих зерен.

Фотосинтетическую активность посевов определяли по методике А. А. Ничипоровича [16]. Фотосинтетический потенциал посевов (ФП) определяли суммированием средней площади листьев за весь период и умножением на число дней. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по формуле:

$$\text{ЧПФ} = (M_2 - M_1) : t \times Л, \text{ г/м}^2 \text{ в сутки}, \quad (1)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – сухая масса растений в начале и конце учетного периода;

$M_2 - M_1$  – прирост сухого вещества за время  $t$ ;

$Л$  – листовая поверхность (средняя величина).

Статистическую обработку результатов исследований проводили методами корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов с использованием пакета прикладных программ Excel 2003, Statgraphics и StatTech v. 2.1.0.

### Результаты (Results)

Различные сроки посева семян существенно влияют на характер формирования площади листовой поверхности сортов яровой тритикале. В полевых исследованиях определяли площадь листьев тритикале во время наступления основных фаз роста и развития растений. Наибольшая величина ассимиляционного аппарата в 2014 г. была у сорта Укро при посеве 29.04. В этом варианте опыта она достигала 48,9 тыс. м<sup>2</sup>/га. Аналогично при посеве 29.04 в этом году другие изучаемые сорта также формировали наибольшую площадь листьев по сравнению с посевами, проведенными 15.04, 22.04 и 05.05. При учете, проведенном 07.07, площадь листьев сорта Ярило уступала площади листьев сортов Кармен и Укро. Благоприятное сочетание влажности почвы и температуры воздуха в 2014 г. до фазы цветения сортов тритикале позволило во всех вариантах опыта получить высокие показатели площади листьев относительно следующих лет проведения исследований. В 2015 г. во время роста и развития растений был получен самый низкий показатель площади ассимиляционного аппарата как по изучаемым сортам, так и по вариантам срока их

посева. В лучшем варианте площадь листьев яровой тритикале не превышала 26,6 тыс. м<sup>2</sup>/га. В 2016 г. площадь листовой поверхности в изучаемых вариантах сроков посева была ниже показателей 2014 г., но выше значений, полученных в 2015 г. Наибольшая листовая поверхность тритикале сформировалась при наступлении фазы цветения у сорта Укро при сроке посева 15.04 и составила 37,2 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Сводные средние данные за три года исследований позволили установить закономерные зависимости площади ассимиляционного аппарата сортов тритикале от сроков посева семян. Наибольшая величина площади листового аппарата у всех изучаемых сортов формируется при их посеве в третьем варианте – 29.04. Максимальных значений она достигает в фазу цветения у сорта Укро – 37,2 тыс. м<sup>2</sup>/га, у сорта Ярило – 30,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, у сорта Кармен – 33,0 тыс. м<sup>2</sup>/га (рис. 1).

Полученные данные свидетельствуют о том, что в период кущения сорта Укро и Кармен быстро формируют фотосинтетический аппарат при посеве 22.04, а сорт Ярило – при посеве 15.04. В фазу выхода в трубку при посеве 22.04 у сортов Ярило и Укро он больше, чем у сорта Кармен. В фазу цветения все изучаемые сорта формируют максимальную площадь листьев при посеве 29.04. В среднем за время эксперимента при посеве 05.05 у всех сортов значения площади листьев были наименьшими. Отмеченная закономерность также сохранялась далее при наступлении фаз созревания зерна. Из рис. 1 видно, что до цветения у тритикале преобладает рост вегетативных органов, затем он замедляется, начинается рост репродуктивных и запасающих органов. Процесс нарастания количества, массы и площади листьев из количественных изменений, переходит в качественный – формирование урожая.

Корреляционный анализ влияния сроков посева на формирование ассимиляционного аппарата растений яровой тритикале выявил статистически значимые различия ( $p = 0,016$ ). Сформированная площадь листьев оказывает прямолинейное и сильное влияние на формирование урожая ( $r_{xy} = 0,833$ ) всех сортов тритикале. Зависимость значений площади листьев и урожайности в опыте описывается следующим уравнением парной линейной регрессии:

$$Y = 0,0557 \times X + 4,463, \quad (2)$$

где  $Y$  – урожайность, т/га;

$X$  – площадь листьев, тыс. м<sup>2</sup>/га.

Оно показывает, что при увеличении площади листьев на 1 тыс. м<sup>2</sup>/га следует ожидать прирост урожайности зерна тритикале на 0,056 т/га (рис. 1).

Показанная на рис. 2 модель зависимости между площадью листьев и урожайностью зерна тритикале объясняет 69,4 % наблюдаемой дисперсии.



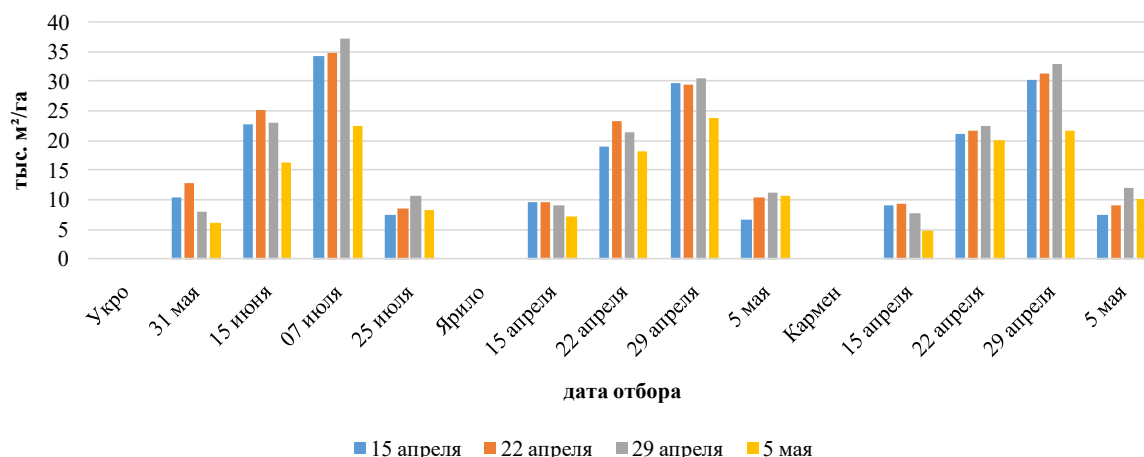


Рис. 1. Динамика изменения площади листьев в период роста и развития сортов яровой тритикале в зависимости от срока посева, тыс. м<sup>2</sup>/га, 2014–2016 гг.

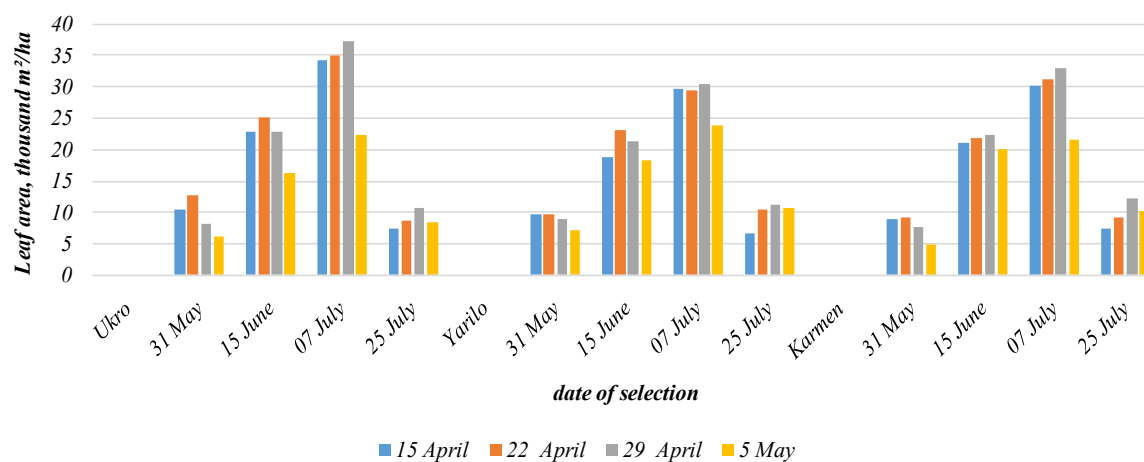


Fig. 1. Dynamics of change in leaf area during growth and development of spring triticale varieties depending on sowing date, thousand m<sup>2</sup>/ha, 2014–2016

В зависимости от складывающихся факторов жизни растения либо увеличивают площадь листовой поверхности, либо повышают интенсивность работы уже сформировавшихся листьев. Оптимальные рост и развитие ассимиляционного аппарата достигаются при благоприятных погодных условиях в конкретном регионе. Фотосинтетический потенциал (ФП) – важный показатель, характеризующий суммарную работу листьев в посевах за вегетационный период сортов яровой тритикале [17].

Изучаемые сорта отличались по ФП посевов в зависимости от погодных условий и продолжительности вегетационного периода. ФП сортов различался в годы исследований и зависел от величины ассимилирующей поверхности и продолжительности работы листьев. Наименьшим он был в 2015 г., когда растения тритикале подвергались резким колебаниям дневных и ночных температур на протяжении всего периода вегетации. Значительный недостаток тепла в мае также повлиял на величину ФП культуры. Дожди, прошедшие в начале лета 2014 г., на фоне положительных температур воздуха способствовали увеличению ФП всех изучаемых

сортов, посеянных в апреле, и наоборот, снизили этот показатель при последнем сроке посева в мае. В 2016 г. – относительно благоприятном для роста и развития растений тритикале по метеорологическим условиям – колебания ФП между сроками посева и сортами были меньшими и близки к средним показателям за время проведения исследований.

В среднем за период эксперимента посевы сорта Укро в варианте срока посева 15.04 показали более высокий ФП по сравнению с аналогичными вариантами сроков посева сортов Ярило и Кармен (рис. 3).

Сроки посева влияют на фотосинтетический потенциал сортов яровой тритикале. Оценивая влияние сроков посева на фотосинтез, можно отметить, что самый высокий ФП был при посеве в третьей декаде апреля 29.04, а наименьший у всех изучаемых сортов – при майском сроке сева 05.05. Колебания значений ФП за вегетационный период у сорта Укро были в пределах от 1063,6 до 1650,0, у сорта Ярило – от 1155,2 до 1458,4, у сорта Кармен – от 1101,4 до 1478,5 тыс. м<sup>2</sup> × дней/га. Гистограмма и кривая линия, иллюстрирующая зависимость ФП

сортов тритикале, представлена парабола на рис. 3. Максимальное значение ФП у сортов Укро и Ярило получено при посеве 22.04, а у сорта Кармен – 29.04. При ранних (15.04) и поздних (05.05) сроках посева показатели ФП закономерно снижались.

Сроки посева оказывают влияние на содержание сухого вещества в ассимиляционном аппарате сортов яровой тритикале. В полевых условиях отбирали пробы растительного материала в аналогичные учету площади листьев сроки, затем измеряли их массу, в лаборатории исключали воду и возможные погрешности и рассчитывали сухое вещество, сформированное растениями тритикале во время наступления основных фаз роста и развития.

В проведенных исследованиях было установлено, что в отобранных пробах до середины июня (15.06) растения, выросшие при посеве в более

ранние сроки (15.04 и 22.04), накапливали сухого вещества больше, чем посева, проведенные 29.04 и 05.05 (таблица 1).

Наиболее заметна эта закономерность у сорта Укро при учете массы растений 31.05, где различия по содержанию сухого вещества между первым 15.04 и последним 05.05 сроками посева составили 68,1 %, менее значимые различия были между первым и последним сроками посева у сортов Ярило и Кармен – в пределах 42,3 % и 50 % соответственно. При анализе отобранных проб 15.06 различия по массе накопленного растениями сухого вещества между сроками посева снизилось у сорта Укро до 45,5 %, сорта Кармен – до 36,7 %, а у сорта Ярило, наоборот, возросло до 62,7 %. Объяснить это можно сортовыми особенностями: сорт Ярило генетически низкорослый, в первую половину вегетации слабо набирает вегетативную массу.

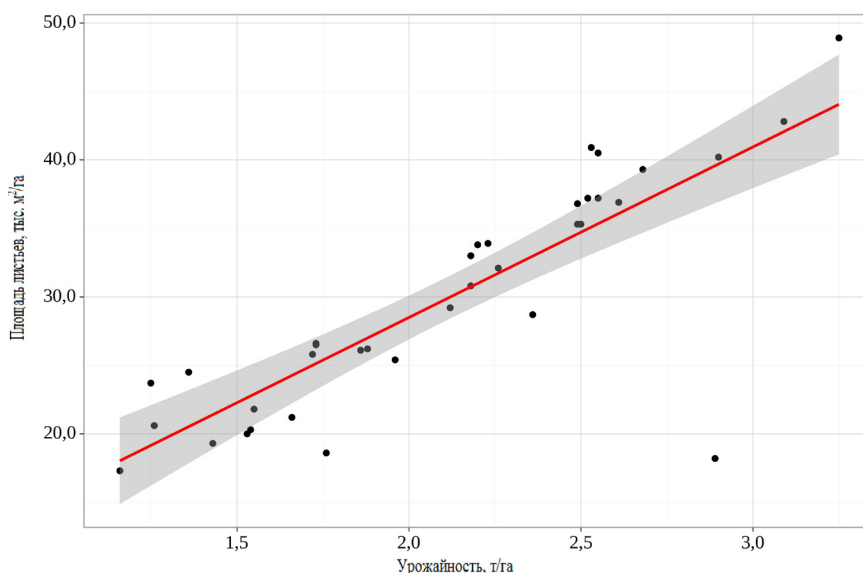
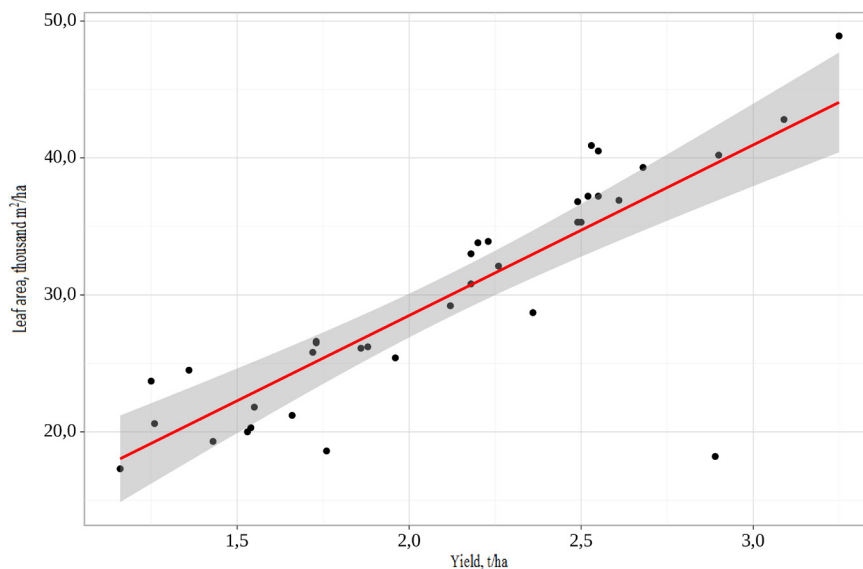


Рис. 2. Зависимость между площадью листьев и урожайностью зерна тритикале



Pict. 2. Connection between leaf area and grain yield of triticale

Влияние срока посева на накопление сухого вещества растениями тритикале, кг/га, 2014–2016 гг.

Срок посева	Дата учета				За сутки
	31.05	15.06	7.07	25.07	
<b>Ярило</b>					
15.04	260	830	1750	2550	33,6
22.04 (к)	250	690	1640	2770	40,1
29.04	230	500	1340	2410	38,9
05.05	150	310	1260	2100	35,0
Среднее	223	583	1498	2458	36,8
<b>Укро</b>					
15.04	470	880	1640	3160	41,6
22.04 (к)	360	820	1610	3250	47,1
29.04	240	680	1420	2950	42,8
05.05	150	480	1360	2650	43,4
Среднее	305	715	1508	3003	43,7
<b>Кармен</b>					
15.04	320	980	1720	2710	37,1
22.04 (к)	280	940	1680	2800	39,4
29.04	220	750	1920	2850	43,8
05.05	160	620	1450	2330	38,2
Среднее	245	883	1693	2673	39,6

Table 1  
The effect of sowing date on dry matter accumulation by triticale plants, kg/ha, 2014–2016

Sowing term	Posting date				Per day
	31.05	15.06	7.07	25.07	
<b>Yarilo</b>					
15.04	260	830	1750	2550	33.6
22.04 (c)	250	690	1640	2770	40.1
29.04	230	500	1340	2410	38.9
05.05	150	310	1260	2100	35.0
Average	223	583	1498	2458	36.8
<b>Ukro</b>					
15.04	470	880	1640	3160	41.6
22.04 (c)	360	820	1610	3250	47.1
29.04	240	680	1420	2950	42.8
05.05	150	480	1360	2650	43.4
Average	305	715	1508	3003	43.7
<b>Karmen</b>					
15.04	320	980	1720	2710	37.1
22.04 (c)	280	940	1680	2800	39.4
29.04	220	750	1920	2850	43.8
05.05	160	620	1450	2330	38.2
Average	245	883	1693	2673	39.6

Анализ накопленного растениями сухого вещества 07.07 при вступлении растений в фазу массового колошения, цветения и начала молочной спелости [18] показал, что наибольшая масса сухого вещества у всех сортов была при посеве 15.04, однако разница между первым 15.04 и последним 05.05 сроками посева сократилась у сорта Укро до 17,1 %, Ярило – 28 % и у сорта Кармен до 15,7 %. Учет массы сухого вещества 25.07 показал, что

больше его накопилось у сортов Укро и Ярило при втором сроке посева 22.04, а у сорта Кармен – при третьем сроке посева 29.04. При апрельских сроках посева разница по массе накопленного сухого вещества у сорта Укро не превышала 48,9 %, Ярило – 11,5 % и сорта Кармен не более 31,3 % соответственно. Майские посевы 05.05 во все сроки анализа отобранных проб по сравнению с контролем приводили к снижению массы накопленного сухого

вещества на 16,8–58,3 %. Проведенный корреляционный анализ между сроками посева и массой накопленного сухого вещества сортами яровой тритикале не выявил статистически значимых различий ( $p = 0,125$ ). Корреляционная зависимость между накопленным сухим веществом и урожайностью сортов тритикале ( $r_{xy} = 0,429$ ) средняя.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризуется весовым количеством сухой биомассы, создаваемой растениями в течение суток, в расчете на 1 м<sup>2</sup> площади листьев. Она зависит как от физиологического состояния растений, так и от обеспеченности их факторами внешней среды, в первую очередь влагой и температурой [19].

В результате исследований было установлено закономерное снижение чистой продуктивности фотосинтеза от раннего срока посева к позднему. Наименьшее значение ЧПФ было при последнем сроке посева 05.05 – 1,73 г/м<sup>2</sup> в сутки, а наибольшее в варианте первого срока посева 15.04 – 2,03 г/м<sup>2</sup> в сутки. Разница между этими вариантами составила 17,3 % (рис. 4).

Показатели ЧПФ в 2016 г. были ниже, чем в 2014 и 2015 гг. Различие по годам наблюдалось у всех изучаемых сортов, что объясняется влиянием метеорологических условий года на работу ассимиляционного аппарата.

Изменение показателя в ЧПФ посевах тритикале как по годам, так и в зависимости от сроков посева были различными. Наибольшее значение ЧПФ за вегетационный период сортов было отмечено в 2015 г. при первом сроке посева 15.04 (в пределах 2,30–2,41 г/м<sup>2</sup>) в сутки. В 2014 г. значения ЧПФ также находились на высоком уровне. Пояснить выявленную закономерность можно высокой полевой всхожестью растений в эти годы. Наиболее заметно она проявилась у сорта Укро, когда всхожесть при посеве 05.05 достигла 97,6 %, в результате ЧПФ за вегетационный период составила 2,58 г/м<sup>2</sup> в сутки. В 2016 г. показатели ЧПФ не превышали 1,7 г/м<sup>2</sup> в сутки, поэтому не было установлено четкой зависимости изменений уровня ЧПФ от сроков посева.

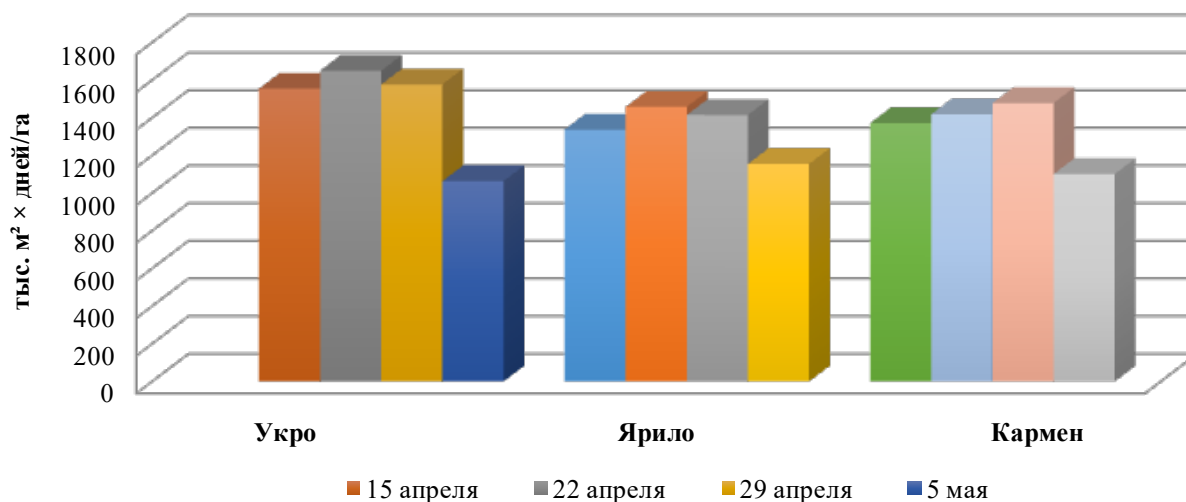
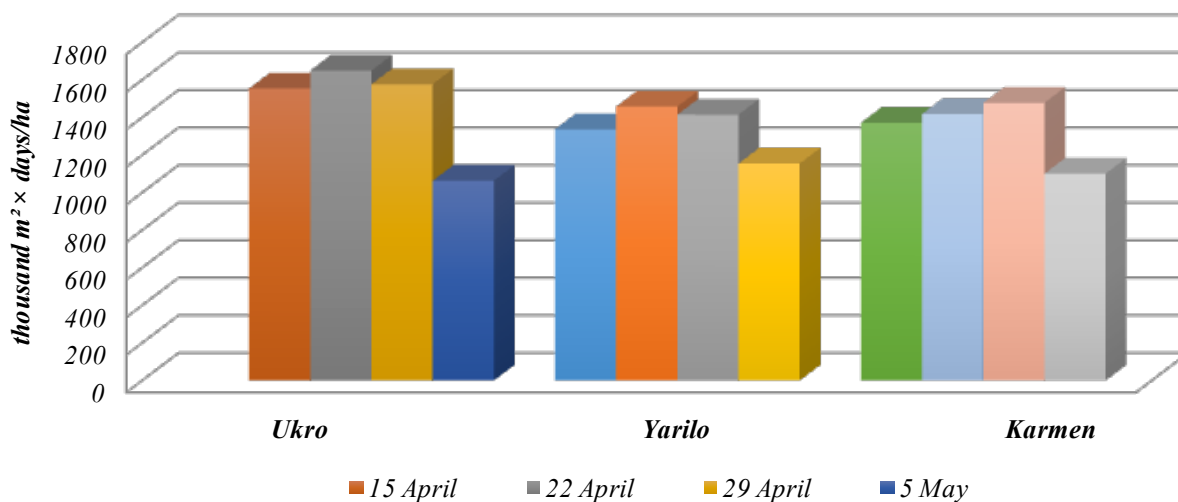


Рис. 3. Фотосинтетический потенциал сортов яровой тритикале при различных сроках посева, 2014–2016 гг.



Pict. 3. Photosynthetic potential of spring triticale varieties at different sowing dates, 2014–2016

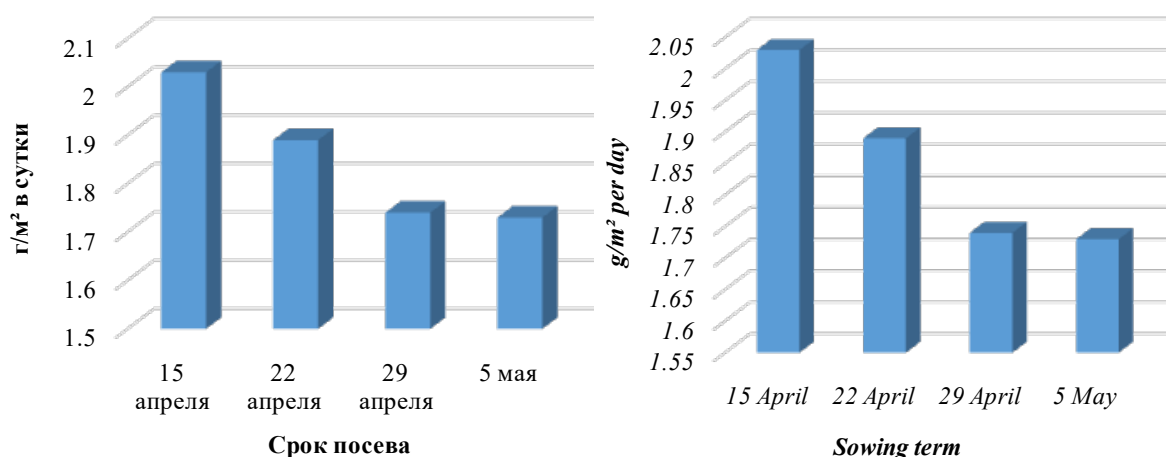


Рис. 4. Влияние срока посева на чистую продуктивность фотосинтеза тритикале, г/м<sup>2</sup> в сутки, 2014–2016 гг. Pict. 4. Effect of sowing date on net photosynthetic productivity of triticale, g/m<sup>2</sup> per day, 2014–2016

Таблица 2  
Влияние срока посева на урожайность яровой тритикале, т/га, 2014–2016 гг.

Фактор А – сорт	Фактор Б – дата посева				Прибавка срока, ± к контролю		
	15.04	22.04 (к)	29.04	05.05	15.04	29.04	05.05
Ярило	2,20	2,18	2,26	1,88	0,02	0,08	–0,3
Укро (St.)	2,52	2,49	2,61	2,36	0,03	0,12	–0,13
Кармен	2,12	2,18	2,23	1,73	–0,06	0,05	–0,45

HCP<sub>05</sub> – 0,08; по А – 0,04; Б – 0,05.

Table 2  
Effect of sowing date on spring triticale yields, t/ha, 2014–2016

Factor A – variety	Factor B – sowing term				Time increase, ± to control		
	15.04	22.04 (c)	29.04	05.05	15.04	29.04	05.05
Yarilo	2.20	2.18	2.26	1.88	0.02	0.08	–0.3
Ukro (St.)	2.52	2.49	2.61	2.36	0.03	0.12	–0.13
Karmen	2.12	2.18	2.23	1.73	–0.06	0.05	–0.45

LSD<sub>05</sub> – 0,08; no A – 0,04; B – 0,05.

Процесс формирования урожая не только количественный, но и качественный. От площади ассимиляционного аппарата и накопления сухого вещества, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза зависит величина выращенного урожая.

В результате исследований было установлено, что в среднем за три года все изучаемые сорта тритикале обеспечили наибольшую урожайность зерна при посеве 29.04 (таблица 2).

Наиболее высокую урожайность зерна при всех сроках посева показал сорт Укро. Так, при первом сроке посева 15.04 она превысила урожайность сортов Ярило и Кармен на 12,7 % и 15,9 % соответственно. При втором сроке 22.04 урожайность была больше на 12,3 %. При наиболее оптимальном сроке посева 29.04 превышение урожайности сорта Укро над сортом Кармен достигло 14,6 %, а над сортом Ярило – 13,4 %. В поздний срок посева 05.05 разница между урожайностью сорта Укро и

сортами Кармен и Ярило была 26,7 % и 20,3 % соответственно. Корреляционный анализ между показателями урожайности сортов тритикале и сроками посева показал статистически значимые различия ( $p = 0,043$ ).

В условиях Приамурья ранние сроки посева 15.04–22.04 приводят к снижению урожайности зерна тритикале на 3,6–18,8 % относительно посева 29.04, а поздний посев 05.05 в среднем за время эксперимента на 23,8 % у всех изучаемых сортов в сравнении с посевом в оптимальный срок 29.04. Пояснить эту закономерность можно тем, что у растений тритикале при позднем посеве сокращается вегетационный период.

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

Анализ данных по мировым, региональным и областным площадям посева тритикале и урожайности ведущих злаковых зерновых культур (из официальных данных ФСГС России) за последнее десятилетие показал, что яровая тритикале явля-

ется перспективной зернофуражной культурой для полей Амурской области. Полученная в среднем за три года исследований урожайность зерна сорта яровой тритикале Укро превосходила наибольшую урожайность, полученную в Амурской области в 2016 г. у яровой пшеницы, на 0,33 т/га, у ячменя – 0,66, у овса – на 0,76 т/га при посеве 29 апреля.

Первым этапом определения фотосинтетической активности листового аппарата тритикале было получение данных по площади листьев и накоплению сухого вещества в различные фазы роста и развития растений, формированию урожайности зерна за вегетационный период в зависимости от срока посева семян, метеорологических условий года и генетических особенностей сорта. Проведенный нами анализ данных по площади листьев и накоплению сухого вещества показал, что наибольшая величина площади листового аппарата в среднем за период исследований была у всех изучаемых сортов при их посеве в третьем варианте опыта – 29 апреля. Максимальных значений она достигает в фазу цветения у сорта Укро – 37,2 тыс. м<sup>2</sup>/га, у сорта Ярило – 30,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, у сорта Кармен – 33,0 тыс. м<sup>2</sup>/га. На величину площади листового аппарата оказывают влияние фаза роста и развития растений и метеорологические условия года. В отобранных пробах до середины июня растения, выросшие при посеве в ранние апрельские сроки 15.04 и 22.04, накапливали сухого вещества больше, чем посева, проведенные 29.04 и 05.05. Наиболее выражена эта закономерность у сорта Укро при учете массы растений 31.05, где различия по содержанию сухого вещества между первым 15.04 и последним 05.05 сроками посева составляли 68,1 %.

Вторым этапом установления влияния сроков посева на фотосинтез яровой тритикале было определение показателей фотосинтетического потенциала (ФП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) их взаимосвязей с площадью листьев, на-

коплением сухого вещества и урожайностью зерна изучаемых сортов. В ходе многолетних полевых исследований установлено, что в благоприятные для роста и развития годы максимальное значение ФП у сортов Укро и Ярило получено при посеве 22.04, а у сорта Кармен – 29.04. При ранних (15.04) и поздних (05.05) сроках посева показатели ФП закономерно снижались. Гистограмма и кривая линия зависимости ФП сортов тритикале типа параболы. Сформировавшаяся площадь листьев оказывает прямолинейное и сильное влияние на урожайность всех сортов тритикале, коэффициент корреляции составляет  $r_{xy} = 0,833$ . Наименьшее значение ЧПФ было при позднем сроке посева 05.05 и составило 1,73 г/м<sup>2</sup> в сутки, а наибольшее – в варианте первого срока посева 15.04 – достигло 2,03 г/м<sup>2</sup> в сутки.

Таким образом, были выявлены зависимости фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза от площади ассимиляционной поверхности посевов, чистой продуктивности фотосинтеза от площади листьев и накопления сухого вещества, урожайности зерна сортов тритикале от всех показателей фотосинтеза растений в условиях Амурской области с 2014 по 2016 гг. в различные по метеорологическим условиям годы, проанализированы показатели фотосинтеза в зависимости от характера роста, развития и генетических особенностей сортов, предложены наиболее оптимальные сроки посева каждого из изученных сортов яровой тритикале. Сорта Укро и Ярило лучше сеять с 15 по 29 апреля, а сорт Кармен – 29 апреля. Предложенные результаты могут быть использованы сельхозтоваропроизводителями при планировании циклов и видов полевых работ, для проведения в оптимальные, сжатые сроки посевной и уборочной кампаний, повышения урожайности и качества зерна тритикале – новой зернофуражной полевой культуры для региона.

#### Библиографический список

1. Золотарева Р. И., Лапшин Ю. А., Максимов В. А. Влияние нормы высева и минерального питания на показатели структуры урожая яровой тритикале // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 4-1 (106). С. 113–117. DOI: 10.23670/IRJ.2021.106.4.018.
2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://showdata.gks.ru/report> (дата обращения: 01.10.2022).
3. Zakharova E., Nemykin A. The Effect of Tillage Minimization on the Weed Infestation of Soybean and Grain Crops in the Conditions of the Amur Region in Russia // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Vol. 1. Iss. 353. Ussuriysk, 2022. Pp. 451–459. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_51.
4. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. et al. Effect of biohumus and growth regulators on the content of pigments and catalase, spike productivity and grain quality of spring wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk, 2021. Article number 012151. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012151.
5. Бесалиев И. Н. Технологические приемы возделывания и площадь листьев яровой твердой пшеницы в оренбургском Зауралье [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. Т. 3. DOI: 10.24411/2304-9081-2018-13005.

6. Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанов И. М., Миникаев Р. В., Зиннатуллин Д. Х. Особенности фотосинтетической деятельности растений пшеницы *dicosum* (полба) при различных сроках посева, предшественников и фона питания // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 58–64. DOI: 10.12737/article\_5ccedbb0947037.19618721.

7. Синеговская В. Т., Душко О. С., Журавлева Е. В. Влияние гербицидов на фотосинтетическую деятельность и ферментативную активность листового аппарата сои // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. № 132. С. 149–156. DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.21.

8. Завалин А. А., Куришбаев А. К., Рамазанова Р. Х. [и др.] Использование азота удобрения яровыми тритикале и пшеницей на темно-каштановой почве сухостепной зоны Казахстана // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 26–30.

9. Muratov A. A., Nizkii S. E. The dependence of spring triticale yield and its structure on harvesting time and methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Khabarovsk, 2020. Article number 012023. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012023.

10. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia) // E3S Web of Conferences: Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (EBWFF-2020), Blagoveshchensk: EDP Sciences, 2020. Article number 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/202020302007.

11. Muratov A., Tikhonchuk P., Tuaeва E. The Influence of Mineral Fertilizers on the Productivity of Spring Triticale in the Conditions of the Southern Zone of the Amur Oblast // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Ussuriysk, 2022. Vol. 1. Pp. 156–163. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_19.

12. Муратов А. А., Тихончук П. В., Туаева Е. В. [и др.] Фотосинтетическая деятельность посевов ярового тритикале в зависимости от уровня минерального питания в условиях Южной зоны Амурской области // Пермский аграрный вестник. 2021. № 3 (35). С. 59–69. DOI: 10.47737/2307-2873\_2021\_35\_59.

13. Черноситова Т. Н., Муратов А. А. Агрехимическая оценка состояния почвы опытного поля Дальневосточного государственного аграрного // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всероссийской научно-практической конференции. В 4 т. Благовещенск, 2022. Т. 1. С. 341–348. DOI: 10.22450/9785964205456\_1\_44.

14. Kalashnikov N. P., Tikhonchuk P. V., Fokin S. A. The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Khabarovsk, 2020. Article number 012043. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012043.

15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 350.

16. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая). Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1961. 135 с.

17. Моисеева К. В. Фотосинтетической деятельности посевов яровой мягкой пшеницы среднеспелой группы спелости в Северной лесостепи Тюменской области // Современные технологии и достижения науки в АПК: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала, 2018. С. 140–143.

18. Муратов А. А., Тихончук П. В., Туаева Е. В. [и др.] Влияние погодных условий и сроков посева на продолжительность межфазных периодов ярового тритикале в условиях Амурской области // АгроЭкоИнфо. 2022. № 4 (52). DOI: 10.51419/202124414.

19. Гущина В. А., Никольская Е. О., Лобанова Н. Ю. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза эхинацеи пурпурной в зависимости от приемов выращивания // Нива Поволжья. 2018. № 4 (49). С. 18–26.

#### Об авторах:

Алексей Александрович Муратов<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник научно-исследовательской части, ORCID 0000-0001-9245-8921, AuthorID 712477; +7 (96380) 9-29-18, [nic\\_dalgau@mail.ru](mailto:nic_dalgau@mail.ru)

Виктор Владимирович Епифанцев<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской части, ORCID 0000-0002-7047-0134, AuthorID 705181; +7 (96380) 5-57-22, [viktor.iepifantsiev.59@vail.ru](mailto:viktor.iepifantsiev.59@vail.ru)

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

## The influence of sowing dates on triticale photosynthesis in the Amur region conditions

A. A. Muratov<sup>✉</sup>, V. V. Epifantsev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

<sup>✉</sup>E-mail: nic\_dalgau@mail.ru

Агротехнологии

**Abstract.** In the Amur region the share of soybean in the structure of sown areas has reached 73.7 % over the last decade, the phytosanitary condition of agrocenoses has deteriorated, pesticide load on fields has significantly increased, which causes new ecological risks. Some reduction of this load may be caused by increasing the proportion of grain crops, including triticale. **The purpose** of the study was to establish the effective sowing date of spring triticale varieties providing optimal photosynthetic activity of agrocenoses in the conditions of Amur region. **The method** of field experiment by B. A. Dospikhov and determination of photosynthetic activity of crops by A. A. Nichiporovich were used. **Scientific novelty.** The photosynthetic activity of spring triticale varieties at different sowing dates in years with different meteorological conditions has been evaluated. **Results.** The greatest area of leaf apparatus is formed at sowing in April, 29 reaching maximum values in a phase of flowering in sort Ukro – 37,2 thousand m<sup>2</sup>/ha, in sort Yarilo – 30,4 thousand m<sup>2</sup>/ha, in sort Karmen – 33,0 thousand m<sup>2</sup>/ha. The correlation analysis revealed direct and strong influence of sowing dates on formation of the assimilative apparatus of plants and yield of spring triticale  $r_{xy} = 0,833$ . Statistically significant differences were obtained  $p = 0.016$ . In the regression equation with increasing leaf area by 1 m<sup>2</sup>/ha the grain yield of triticale is expected to increase by 0.056 t/ha. Photosynthetic potential of the varieties differed in the years of research and depended on the value of the assimilating surface and the duration of the leaves. A regular decrease in net photosynthetic productivity from early to late sowing was established. The highest value of net photosynthetic productivity was obtained at sowing 15.04 – 2.03 g/m<sup>2</sup> per day. The constituent elements of photosynthesis resulted in grain yields of the variety Yarilo – 2.26 t/ha, Ukro – 2.61 t/ha and Karmen – 2.23 t/ha.

**Keywords:** leaf area, dry matter, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, sowing date, variety, triticale, correlation, yield.

**For citation:** Muratov A. A., Epifantsev V. V. Vliyanie srokov poseva na fotosintez tritikale v usloviyakh Priamur'ya [The influence of sowing dates on triticale photosynthesis in the Amur region conditions] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 28–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-28-39. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 21.12.2022, **date of review:** 30.01.2023, **date of acceptance:** 09.02.2023.

### References

- Zolotareva R. I., Lapshin Yu. A., Maksimov V. A. Vliyaniye normy vyseva i mineral'nogo pitaniya na pokazateli struktury urozhaya yarovoy tritikale [The influence of the seeding rate and mineral nutrition on the indicators of the structure of the spring triticale crop // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2021. No. 4–1 (106). Pp. 113–117. DOI: 10.23670/IRJ. 2021.106.4.018. (In Russian.)
- Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service] [e-resource]. URL: <https://showdata.gks.ru/report> (date of reference: 01.10.2022). (In Russian.)
- Zakharova E., Nemykin A. The Effect of Tillage Minimization on the Weed Infestation of Soybean and Grain Crops in the Conditions of the Amur Region in Russia // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Vol. 1. Iss. 353. Ussuriysk, 2022. Pp. 451–459. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_51.
- Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. et al. Effect of biohumus and growth regulators on the content of pigments and catalase, spike productivity and grain quality of spring wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk, 2021. Article number 012151. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012151.
- Besaliyev I. N. Tekhnologicheskiye priyemy vzdelyvaniya i ploshchad' list'yev yarovoy tverdoy pshenitsy v orenburgskom Zaural'ye [Technological methods of cultivation and leaf area of spring durum wheat in the Orenburg Trans-Urals] // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. 2018. Vol. 3. DOI: 10.24411/2304-9081-2018-13005. (In Russian.)
- Shaykhutdinov F. Sh., Serzhanov I. M., Minikayev R. V., Zinnatullin D. Kh. Osobennosti fotosinteticheskoy deyatel'nosti rasteniy pshenitsy dicocum (polba) pri razlichnykh srokhakh poseva, predshestvennikov i fona pitaniya [Peculiarities of photosynthetic activity of dicocum (spelt) wheat plants at different sowing dates, predecessors and nutrition background] // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14. No. 1 (52). Pp. 58–64. DOI: 10.12737/article\_5ccedbb0947037.19618721. (In Russian.)



7. Sinegovskaya V. T., Dushko O. S., Zhuravleva E. V. Vliyaniye gerbitsidov na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i fermentativnuyu aktivnost' listovogo apparata soi [Effect of herbicides on photosynthetic activity and enzymatic activity of soybean leaf apparatus] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2019. No. 132. Pp. 149–156. DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.21. (In Russian.)
8. Zavalin A. A., Kurishbayev A. K., Ramazanova R. Kh. Et al. Ispol'zovaniye azota udobreniya yarovymi tritikale i pshenitsey na temno-kashtanovoy pochve sukhostepnoy zony Kazakhstana [Utilization of fertilizer nitrogen by spring triticale and wheat on dark chestnut soils of the dry steppe zone of Kazakhstan] // Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka. 2018. No.1. Pp. 26–30. (In Russian.)
9. Muratov A. A., Nizkii S. E. The dependence of spring triticale yield and its structure on harvesting time and methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Khabarovsk, 2020. Article number 012023. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012023.
10. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia) // E3S Web of Conferences: Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (EBWFF-2020), Blagoveshchensk: EDP Sciences, 2020. Article number 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/202020302007.
11. Muratov A., Tikhonchuk P., Tuayeva E. The Influence of Mineral Fertilizers on the Productivity of Spring Triticale in the Conditions of the Southern Zone of the Amur Oblast // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Ussuriysk, 2022. Vol. 1. Pp. 156–163. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_19.
12. Muratov A. A., Tikhonchuk P. V., Tuayeva E. V. et al. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' posevov yarovogo tritikale v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya v usloviyakh Yuzhnoy zony Amurskoy oblasti [Photosynthetic activity of spring triticale crops depending on the level of mineral nutrition in the conditions of the Southern zone of the Amur region] // Perm Agrarian Journal. 2021. No. 3 (35). Pp. 59–69. DOI: 10.47737/2307-2873\_2021\_35\_59. (In Russian.)
13. Chernositova T. N., Muratov A. A. Agrokhimicheskaya otsenka sostoyaniya pochvy opytnogo polya Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Agrochemical assessment of the soil conditions in the experimental field of the Far Eastern State Agrarian University] // Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vol. 1. Blagoveshchensk, 2022. Pp. 341–348. DOI: 10.22450/9785964205456\_1\_44. (In Russian.)
14. Kalashnikov N. P., Tikhonchuk P. V., Fokin S. A. The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. Article number 012043. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012043.
15. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik [Field experiment methodology (with basics of statistical processing of research results): a textbook]. Izd. 6-e, ster. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russian.)
16. Nichiporovich A. A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy v posevakh (metody i zadachi ucheta v svyazi s formirovaniyem urozhayev) [Photosynthetic activity of plants in crops (methods and tasks of accounting in relation to yield formation)]. Moscow: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1961. 135 p. (In Russian.)
17. Moiseyeva K. V. Fotosinteticheskoy deyatel'nosti posevov yarovoy myagkoy pshenitsy srednespeloy gruppy spelosti v Severnoy lesostepi Tyumenskoy oblasti [Photosynthetic activity of spring soft wheat in mid-maturity in the Northern forest-steppe of Tyumen region] // Sovremennyye tekhnologii i dostizheniya nauki v APK: sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Makhachkala, 2018. Pp. 140–143. (In Russian.)
18. Muratov A. A., Tikhonchuk P. V., Tuayeva E. V. et al. Vliyaniye pogodnykh usloviy i srokov poseva na prodolzhitel'nost' mezhfaznykh periodov yarovogo tritikale v usloviyakh Amurskoy oblasti [Influence of weather conditions and sowing dates on the duration of interphase periods of spring triticale under Amur region conditions] // AgroEkoInfo. 2022. No. 4 (52). DOI: 10.51419/202124414. (In Russian.)
19. Gushchina V. A., Nikol'skaya E. O., Lobanova N. Yu. Formirovaniye assimilatsionnogo apparata i produktivnost' fotosinteza ekhinatsei purpurnoy v zavisimosti ot priyemov vyrashchivaniya [Assimilatory apparatus formation and photosynthetic productivity of Echinacea purpurea depending on cultivation practices] // Niva Povolzhya. 2018. No. 4 (49). Pp. 18–26. (In Russian.)

#### Authors' information:

Aleksey A. Muratov<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the research department, ORCID 0000-0001-9245-8921, AuthorID 712477; +7 (96380) 9-29-18, [nic\\_dalgau@mail.ru](mailto:nic_dalgau@mail.ru)

Viktor V. Epifantsev<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, leading researcher of the research department, ORCID 0000-0002-7047-0134, AuthorID 705181; +7 (96380) 5-57-22, [viktor.iepifantsiev.59@vail.ru](mailto:viktor.iepifantsiev.59@vail.ru)

<sup>1</sup> Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

## Зимостойкий сорт озимой пшеницы Изаура для сложных климатических условий Уральского региона

Е. А. Филиппова<sup>1</sup>✉, Н. Ю. Банникова<sup>1</sup>, И. А. Дробот<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук. Екатеринбург, Россия

✉E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru

**Аннотация.** Цель исследования – представить результат селекционной работы лаборатории селекции пшеницы Курганского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН – новый сорт озимой пшеницы Изаура – и дать его хозяйственно-биологические характеристики. Сорт создан методом многократного индивидуально-семейственного отбора из гибридной популяции К-85 (популяция зимостойких форм) / Курганская озимая. По результатам конкурсного сортоиспытания урожайность сорта в 2017 г. составила 4,65 т/га (+0,29 т/га к стандарту Омская озимая), в условиях засухи 2020–2021 гг. – 1,10 т/га (+0,42 т/га). Максимальная урожайность получена в Оренбургской области 5,80 т/га (2020 г.). При создании нового сорта решалась задача увеличения урожайности за счет более высокой зимостойкости, устойчивости к бурой ржавчине, мучнистой росе и улучшения хлебопекарных свойств. Сорт отличается повышенной зимостойкостью, морозоустойчивостью, дружным весенним отрастанием, устойчивостью к возврату весенних холодов, высокой урожайностью и качеством зерна. В годы исследований сорт в слабой степени поражался болезнями, имеющими распространение в условиях лесостепи Зауралья: бурой ржавчиной – 11 %, мучнистой росой – 0,5 балла, септориозом 0–0,1 %. По качеству зерно нового сорта соответствует требованиям к ценной пшенице. В среднем за годы исследований получено зерно с натурой зерна 751 г/л, стекловидностью 50 %, содержанием белка 17,5 %, содержанием клейковины в муке 35,3 % II группы, силой муки 367 е. а., объемным выходом хлеба 848 см<sup>3</sup>, общей хлебопекарной оценкой 3,3 балла. Устойчив к прорастанию и осыпанию зерна на корню. Сорт предназначен для зональной технологии возделывания по парам. По результатам государственного сортоиспытания с 2022 г. сорт Изаура включен в Госреестр селекционных достижений по Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам, где прибавки к стандартам составили соответственно 0,25 и 0,45 т/га. **Научная новизна.** Создан новый сорт озимой мягкой пшеницы, имеющий преимущества перед распространенными сортами в Уральском регионе по устойчивости к бурой ржавчине, мучнистой росе и обладающий повышенной зимостойкостью.

**Ключевые слова:** новый сорт, озимая пшеница, урожайность, качество зерна, структура урожая.

**Для цитирования:** Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Дробот И. А. Зимостойкий сорт озимой пшеницы Изаура для сложных климатических условий Уральского региона // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 40–50. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-40-50.

**Дата поступления статьи:** 30.11.2022, **дата рецензирования:** 21.12.2022, **дата принятия:** 13.01.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Курганская область относится к району рискованного земледелия. Продуктивность озимых определяется устойчивостью к таким лимитирующим в Зауралье факторам среды, как температура воздуха и влагообеспеченность растений в критические и наиболее уязвимые фазы развития [1, с. 35]. Интерес к озимым культурам в Зауралье то угасает, то проявляется вновь. Практика показывает, что преимущество озимых культур перед яровыми неоспоримо. Разница в урожайности при соблюдении рекомендуемой технологии возделывания составляет

от 4 до 12 ц/га и выше. Но холодные и малоснежные зимы и возврат отрицательных температур зачастую приводят к гибели посевов озимых, в результате чего сельхозтоваропроизводители отказываются от их возделывания. Однако в последние 3 года посевные площади под озимыми культурами в Курганской области стали увеличиваться. Это связано с внедрением в производство новых зимостойких морозоустойчивых сортов отечественной селекции [2]. Повышение морозо-, зимостойкости создаваемых сортов озимой мягкой пшеницы и сегодня, и в ближайшем будущем – одно из главных направле-

ний селекционной работы [3, с. 13]. Для увеличения урожайности и общего валового производства зерна необходимо внедрение новых современных высокопродуктивных сортов озимой пшеницы с высоким качеством зерна [4, с. 2]. Это более эффективно и может давать прибавки 5–10 ц/га за счет грамотного подбора сортов с учетом особенностей их биологии по отношению как к природным факторам, так и элементам технологии, таким как предшественник, уровень минерального питания, зоны возделывания [5, с. 170]. Таким образом, в повышении эффективности мирового растениеводства важная роль по-прежнему принадлежит сортам, поэтому в селекции идет поиск более рациональных и эффективных приемов их создания при наименьших затратах [6, с. 365].

#### Методология и методы исследования (Methods)

Опыты проведены в 2017–2021 гг. в Курганском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории селекции пшеницы. Материалом исследования служил новый сорт озимой мягкой пшеницы Изаура селекции Курганского НИИСХ в сравнении с другими сортами и стандартом. Стандарт – Омская озимая. В опыте использовали классическую схему селекционного процесса разряд-этапов. Предшественник – пар. Посев проведен в третьей декаде августа или первой декаде сентября. Норма высева – 3–5 млн всхожих зерен на гектар. Осенью внесение  $N_{10}P_{25}$ , весной в период отрастания растений –  $N_{30}$ . Наблюдения и оценки проводились в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания [7]. Оценка показателей качества зерна и муки проведена в технологической лаборатории Курганского НИИСХ соответственно ГОСТам.

Опытный участок расположен в центральной зоне Курганской области. Почва – чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый, содержание гумуса в слое 0–20 см – 4,26 % (по Тюрину);  $pH_{вод}$  – 5,7; содержание подвижного фосфора  $P_2O_5$  (по Чирикову) – 118 мг/кг, обменного калия  $K_2O$  – 217 мг/кг, нитратного азота  $N-NO_3$  – 14 мг/кг почвы. Особенности климата являются холодная, нередко малоснежная зима, а также короткое, но жаркое лето с периодически повторяющимися засухами. Для весны характерны частые возвраты холодов. Количество осадков в сумме за год составляет 366–425 мм, температура воздуха в среднем за год 0,8–1,4 °С, сумма положительных температур – 2350–2380 °С, сумма активных температур – 2047 °С. За теплый период (май – сентябрь) выпадает 56–59 % от среднегодовой суммы осадков, среднееголетний ГТК составляет 0,9–1,1, однако часто бывает ниже 0,7 и даже 0,5. Вероятность наступления засушливых явлений средней и слабой интенсивности в различные фазы развития растений достигает 100 %, интенсивных – 35 %. Засушливые годы составляют 33–40 % [8, с. 8].

#### Результаты (Results)

Долгосрочный план создания нового сорта включает ряд последовательных этапов и должен дать при завершении серьезный успешный результат [9, с. 451]. Новый сорт Изаура, включенный в Госреестр селекционных достижений с 2022 г., обладает повышенной зимостойкостью и морозоустойчивостью. Созданию таких сортов способствуют местные экстремальные условия, которые являются хорошим провокационным фоном для отбора на адаптивность. Сорт отличается дружное весеннее отрастание, устойчивость к возврату весенних холодов, высокая урожайность и качество зерна, что позволяет ему быть конкурентоспособным в линейке современных сортов. Сорт интенсивного типа, позволяющий на высоком агрофоне получать стабильные урожаи.

Сорт выведен многократным индивидуально-семейственным отбором из гибридной популяции с участием зимостойких форм (К-85) и сорта Курганская озимая. Колос безостый, неопушенный. Зерно красное. По длине вегетационного периода относится к среднеспелому типу (316–327 дней). Устойчив к полеганию и осыпанию, имеет восковой налет на влагалище флагового листа и на верхнем междоузлии до сильного, на колосе – до среднего. Куст полустелющийся. Колос пирамидальный, по плотности от среднего до плотного, с короткими остевидными отростками. Колосковая чешуя овальная, нервация средневывраженная. Плечо по форме закругленное – прямое, по ширине узкое – среднее, килевой зубец слегка-умеренно изогнут.

Решение проблемы повышения уровня и стабильности урожайности в процессе селекции сопряжено с преодолением ряда ограничений, возникающих в связи селекционным улучшением двух генетических систем одновременно – отзывчивости на благоприятные условия и устойчивости к стрессовым факторам [10, с. 940]. При неблагоприятных природно-климатических факторах для нормального развития растений озимой пшеницы (2020–2021 гг.) сорт Изаура формирует урожайность выше стандарта на 0,33–0,50 т/га, при улучшении условий способен формировать продуктивность на уровне 3,93–5,26 т/га (таблица 1). В среднем за последние 5 лет (2017–2021) прибавка к стандарту Омская озимая составила 0,38 т/га.

Урожайность – полигенный признак, на его формирование влияет много факторов [11, с. 371]. Для получения высокоурожайных и высококачественных сортов существует острая необходимость изучения большого комплекса хозяйственно-ценных признаков, характерных для генотипа культуры [12, с. 680]. Анализ структуры урожая показал, что по длине колоса сорт превысил стандарт на 0,7 см, по количеству колосков в колосе – на 0,9.

Количество колосков определяет озерненность колоса [13, с. 24]. По количеству зерен в колосе новый генотип превысил стандарт на 4,4 шт., масса зерна колоса у нового сорта составила в среднем 1,7 г, у стандарта – 1,3 г. Масса 1000 зерен – важный элемент структуры урожая, определяющий потенциальную продуктивность сорта [14, с. 82]. Сорт формирует стабильно крупное зерно (42–48 г), в среднем превышая стандарт на 7,0 г.

Вегетационный период составляет около 323 дней. Сорт Изаура созревает на уровне сортов Омская озимая (таблица 3), Башкирская 10, Колос

Оренбуржья, Скипетр. Соломина средней длины (80–100 см), в среднем за 2017–2021 гг. длина растения составила 96 см, что на 2 см короче, чем у стандарта.

Одним из факторов, отрицательно влияющих на количественные и качественные показатели производства зерна озимой пшеницы, являются гидротермические условия региона [15, с. 106]. Успешному выращиванию озимой пшеницы будет способствовать выбор сортов с повышенной зимостойкостью и соблюдением агротехники выращивания [16, с. 7].

Таблица 1

Уровень урожайности в разных условиях среды вегетационного периода, т/га, питомник конкурсного сортоиспытания, 2017–2021 гг.

Сорт	Минимальная (2020–2021 гг.)	Максимальная (2016–2017 гг.)	Среднее (2017–2021 гг.)	± к ст.
Омская озимая, ст.	0,56–0,81	3,30–4,36	1,94	
Изаура	1,06–1,14	3,93–5,26	2,32	0,38
Умка	1,92–1,15	4,24–4,91	2,59	0,65
Альбина 45	0,83–0,86	3,00–3,70	2,10	0,16

Table 1

The yield level in different environmental conditions of the growing season, nursery of competitive variety testing, 2017–2021

Variety	Minimum (2020–2021)	Maximum (2016–2017)	Average value (2017–2021)	± to standard
Omskaya ozimaya, st.	5.6–8.1	33.0–43.6	19.4	
Izaura	10.6–11.4	39.3–52.6	23.2	3.8
Umka	19.2–11.5	42.4–49.1	25.9	6.5
Al'bina 45	8.3–8.6	30.0–37.0	21.0	1.6

Таблица 2

Характеристика сорта Изаура по элементам структуры урожая, питомник конкурсного сортоиспытания, 2017–2021 гг.

Показатель	Изаура		Омская озимая, ст.		± к ст.
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	
Урожайность, т/га	1,06–5,26	2,32	0,81–4,36	1,94	0,38
Длина колоса, см	6,3–11,0	8,5	6,1–11,7	7,8	0,7
Количество колосков в колосе, шт.	14,4–18,0	17,2	14,2–20,0	16,3	0,9
Количество зерен в колосе, шт.	30,3–50,0	37,9	22,4–52,0	33,5	4,4
Масса зерна колоса, г	1,0–2,1	1,7	0,6–2,9	1,3	0,4
Масса 1000 зерен, г	42,0–48,0	45,0	26,0–56,0	38,0	7,0

Table 2

Characteristics of the Izaura variety according to the elements of the crop structure, nursery of competitive variety testing, 2017–2021

Indicators	Izaura		Omskaya ozimaya, st.		± to standard
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	
Productivity, t/ha	1.06–5.26	2.32	0.81–43.6	1.94	0.38
Ear length, cm	6.3–11.0	8.5	6.1–11.7	7.8	0.7
Number of spikelets per ear, pcs.	14.4–18.0	17.2	14.2–20.0	16.3	0.9
Quantity ripe in the coliseum, pcs.	30.3–50.0	37.9	22.4–52.0	33.5	4.4
Ear grain weight, g	1.0–2.1	1.7	0.6–2.9	1.3	0.4
Weight of 1000 grains, g	42.0–48.0	45.0	26.0–56.0	38.0	7.0

Таблица 3

Хозяйственно-биологическая характеристика, питомник конкурсного сортоиспытания, 2017–2021 гг.

Показатель	Изаура	Омская озимая, ст.	± к ст.
Вегетационный период, дней	323	322	–1
Высота растения, см	96	98	2
Поражение бурой ржавчиной, %	11	24	–
Поражение мучнистой росой, балл	0,5	2,4	–
Поражение септориозом, %	0–0,1	0,1	–
Зимостойкость, балл	4,4	3,4	+1,0

Agrotechnologies

Table 3

Economic and biological characteristics, nursery of competitive variety testing, 2017–2021

Indicators	Izaura	Omskaya ozimaya, st.	± to standard
Growing season, days	323	322	–1
Plant height, cm	96	98	2
Brown rust damage, %	11	24	–
Defeat by powdery mildew, point	0.5	2.4	–
Defeat by septoria, %	0–0.1	0.1	–
Winter hardiness, point	4.4	3.4	1.0

Таблица 4

Характеристика сортов озимой пшеницы на Половинском ГСУ, Курганская область, 2020–2021 гг. (посев 02.09.2021)

Сорт	Урожайность, т/га				Зимостойкость, балл	
	2020	2021	Среднее	± к ст.	2020	2021
Альбина 45	3,41	1,20	2,31	ст.	4,0	4,0
Аленушка	3,61	1,25	2,43	+0,12	3,2	5,0
Изаура	4,12	1,36	2,74	+0,43	3,5	5,0

Table 4

Characteristics of winter wheat varieties at Polovinskiy SVP, Kurgan region, 2020–2021 (sowing 02.09.2021)

Variety	Yield, t/ha				Winter hardiness, point	
	2020	2021	Average	± to standard	2020	2021
Al'bina 45	3.41	1.20	2.31		4.0	4.0
Alenushka	3.61	1.25	2.43	+0.12	3.2	5.0
Izaura	4.12	1.36	2.74	+0.43	3.5	5.0

По результатам государственных испытаний филиалами ФГБУ «Госсорткомиссия» (2019–2021 гг.) на Яранском ГСУ Кировской области у сорта Изаура отмечена повышенная зимостойкость (4,7 балла) против стандарта Скипетр (4,6 балла). Высокая зимостойкость подтверждена в 2021 г. (5 баллов) и на Половинском ГСУ Курганской области, в среднем за 2020–2021 гг. зимостойкость оценена на 4,25 балла (таблица 4). В годы сортоиспытаний в Волго-Вятском (4), Уральском (9), Западно-Сибирском (10) регионах зимостойкость нового сорта составила 4,1 балла, стандарта – 3,8 балла.

Условия, неблагоприятные для роста и развития растений озимой пшеницы, в Зауралье складываются не только в зимний период, но и часто летом. Каждый второй год характеризуется как засушливый или очень засушливый [17, с. 3]. Поэтому засухоустойчивостью должны обладать сорта не толь-

ко яровой пшеницы, но и озимой. У нового сорта показатель засухоустойчивости отмечен на уровне стандартов Скипетр и Колос Оренбуржья.

Снижению урожайности и качества озимой пшеницы в значительной степени способствуют болезни. Озимая пшеница является первичным источником и накопителем листовых инфекций для зерновых яровых культур. Надо отметить, что видовой состав возбудителей мало отличается от возбудителей яровой пшеницы. К основным листовым болезням пшеницы относятся бурая ржавчина (возбудитель – *Puccinia triticina*), а также желтая (пиренофороз) и темно-бурая пятнистости (*Pyrrenophora tritici-repentis* и *Cochliobolus sativus* = *Bipolaris sorokiniana*). В западноазиатских регионах России и Северном Казахстане они относятся к группе болезней наиболее распространенных и достаточно потенциально опасных [18, с. 363]. В связи с этим

выведение новых сортов озимой пшеницы с набором разных генов устойчивости к болезням, в том числе отличающихся и от яровой пшеницы, станет важным элементом в общей структуре защиты растений [19, с. 64]. В годы исследований новый сорт в слабой степени поражался болезнями, имеющими распространение в условиях лесостепи Зауралья: мучнистой росой – 0,5 балла, септориозом – 0–0,1 %. Бурая ржавчина зерновых широко распространена в зерносеющих регионах Российской Федерации и мире. Заболевание имеет высокую вредоносность, которая проявляется в изреживании посевов озимых зерновых, снижении урожайности до 40 % и более, количества и качества зерна [20, с. 3]. За годы исследований (2017–2021 гг.) сорт Изаура поражался бурой ржавчиной в средней степени – 11 %. Поражение пыльной головней и склеротинией в полевых условиях не отмечено. Снежной плесенью поражался средне (1–2 балла), стандарт Жатва Алтая – на 2–3 балла.

Одна из важнейших задач селекционеров – создание сортов, у которых хорошее качество зерна сочетается с высокой урожайностью [21, с. 51].

За годы исследований (2017–2021 гг.) по биохимическим, технологическим и мукомольно-хлебопекарным показателям сорт Изаура превысил стандарт Омская озимая, внесенный в список ценных пшениц (таблица 5). У нового сорта натуральный вес зерна в среднем составил 751 г/л, стекловидность – 50 %, содержание белка в зерне – 17,5 %, процентное содержание клейковины в муке – 35,3, качество клейковины соответствует II группе. Основным показателем оценки хлебопекарных свойств зерна и муки является пробная лабораторная выпечка [22, с. 156]. По результатам за 2017–2021 гг. сорт показал высокие реологические свойства теста (367 е. а.), что выше стандарта на 85 е. а. и соответствует показателям сильной пшеницы (более 280 е. а.). Объемный выход хлеба составил 848 см<sup>3</sup>, что выше стандарта на 110 см<sup>3</sup>. Общая хлебопекарная оценка – 3,3 балла, что выше стандарта на 0,2 балла.

Для создания современных универсальных сортов важно изучать те сорта и генотипы, которые максимально адаптированы к местным почвенно-климатическим и другим природным условиям [23, с. 67].

Таблица 5  
Биохимические, технологические и хлебопекарные показатели качества зерна озимой пшеницы, питомник конкурсного сортоиспытания (2017–2021 гг.)

Показатель	Изаура		Омская озимая, ст.		± к ст.
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	
Натура, г/л	683–796	751	667–820	749	2,0
Стекловидность, %	41–58	50	32–53	48	2,0
Содержание белка в зерне, %	16,5–18,1	17,5	15,0–17,5	17,3	0,2
Содержание клейковины в муке, %	29,1–37,8	35,3	29,8–34,8	32,5	2,8
Качество клейковины, ед. ИДК	80–95	86	70–120	89	3,0
Сила муки, е. а.	305–477	367	217–379	282	85
Объемный выход хлеба, мл	720–935	848	685–770	738	110,0
Общая оценка хлеба, балл	2,8–3,7	3,3	2,9–3,3	3,1	0,2

Table 5  
Biochemical, technological and baking indicators of winter wheat grain quality, nursery of competitive variety testing, 2017–2021

Indicators	Izaura		Omskaya ozimaya, st.		± to standard
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	
Nature, g/l	683–796	751	667–820	749	2.0
Glassiness, %	41–58	50	32–53	48	2.0
Protein content in grain, %	16.5–18.1	17.5	15.0–17.5	17.3	0.2
Gluten content in flour, %	29.1–37.8	35.3	29.8–34.8	32.5	2.8
Gluten quality, units IDK	80–95	86	70–120	89	3.0
Flour strength (alveograph indicator)	305–477	367	217–379	282	85
Bread volume, ml	720–935	848	685–770	738	110.0
Overall bread score, point	2.8–3.7	3.3	2.9–3.3	3.1	0.2

## Урожайность сорта Изаура в сортоиспытании по 4, 9, 10 регионам, 2020–2021 гг.

Регион	ГСУ	Урожайность, т/га			Сорт-стандарт
		2020	2021	± к ст.	
<b>Волго-Вятский регион (4)</b>					
Кировская область	Яранский	3,86	4,71	-0,85	Скипетр
Республика Марий Эл	Горноармейский	4,92	3,96	0,01	Безенчукская 380
Удмуртская Республика	Можгинский	3,55	1,36	-1,29	Волжская качественная
Чувашская Республика	Варнаровский	3,66	1,96	0,01	
<b>Уральский регион (9)</b>					
Курганская область	Половинский	4,12	1,36	0,43	Омская озимая
Оренбургская область	Переволоцкий	5,33	0,65	0,22	Колос Оренбуржья
	Бузулукский	5,81	–	0,08*	
Челябинская область	Еманжелинский	2,34	2,08	0,11	Башкирская 10
Республика Башкортостан	Кармаскалинский	4,11	–	1,50*	
<b>Западно-Сибирский регион (10)</b>					
Алтайский край	Кытмановский	2,90	3,02	0,33	Жатва Алтая
Новосибирская область	Венгеровский	3,21	–	-0,19*	Новосибирская 3
	Маслянинский	2,26	–	-0,05*	
Тюменская область	Ишимский	3,06		1,41	Омская 4
Омская область	Горьковский	4,27	–	0,73*	

\* Результаты испытания за 2020 г.

Table 6

## The yield of the Izaura variety in variety testing by 4,9,10 regions, 2020–2021

Region	GSU	Productivity, t/ha			Variet-standard
		2020	2021	± to standard	
<b>Volga-Vyatka region (4)</b>					
<i>Kirov region</i>	<i>Yaranskiy</i>	3.86	4.71	-0.85	<i>Skipetr</i>
<i>Republic of Mari El</i>	<i>Gornoarmeyskiy</i>	4.92	3.96	0.01	<i>Bezenchukskaya 380</i>
<i>Udmurts Respublika</i>	<i>Mozhginskiy</i>	3.55	1.36	-1.29	<i>Volzhsкая kachestvennaya</i>
<i>Chuvash Republic</i>	<i>Varnavskiy</i>	3.66	1.96	0.01	
<b>Ural region (9)</b>					
<i>Kurgan region</i>	<i>Polovinskiy</i>	4.12	1.36	0.43	<i>Omskaya ozimaya</i>
<i>Orenburg region</i>	<i>Perevolotskiy</i>	5.33	0.65	0.22	<i>Kolos Orenburzh'ya</i>
	<i>Buzulukskiy</i>	5.81	–	0.08*	
<i>Chelyabinsk region</i>	<i>Emanzhelinskiy</i>	2.34	2.08	0.11	<i>Bashkirskaya 10</i>
<i>Republic of Bashkortostan</i>	<i>Karmaskalinskiy</i>	4.11	–	1.50*	
<b>West Siberian region (10)</b>					
<i>Altai territory</i>	<i>Kytmanovskiy</i>	2.90	3.02	0.33	<i>Zhatva Altaya</i>
<i>Novosibirsk region</i>	<i>Vengerovskiy</i>	3.21	–	-0.19*	<i>Novosibirskaya 3</i>
	<i>Maslyaninskiy</i>	2.26	–	-0.05*	
<i>Tyumen region</i>	<i>Ishimskiy</i>	3.06		1.41	<i>Omskaya 4</i>
<i>Omsk region</i>	<i>Gor'kovskiy</i>	4.27	–	0.73*	

\* Test results for 2020.

В 2020–2021 гг. сорт прошел успешное широкое экологическое сортоиспытание на ГСУ Волго-Вятского, Уральского и Западно-Сибирского регионов (таблица 6). Максимальная урожайность получена в Оренбургской области на Переволоцком и Бузулукском ГСУ – 5,33–5,81 т/га (2020 г.). Наибольшие прибавки (1,5 т/га) сорта Изаура к стандарту Башкирская 10 получены в Республике Башкортостан на Кармаскалинском ГСУ. В Тюменской области

Изаура дала урожай на уровне со стандартом Скипетр. В Западно-Сибирском регионе наибольшие прибавки урожайности получены в Омской области в 2020 г. на Горьковском ГСУ (прибавка 0,73 при 5,81 т/га у стандарта Омская 4 при средней по региону 2,74 т/га). Средняя урожайность сорта Изаура за 2 года госсортоиспытаний в Курганской области (2020–2021 гг.) в среднем по ГСУ составила 2,74 т/га с превышением стандарта на 0,43 т/га.

По результатам государственного сортоиспытания сорт Изаура с 2022 г. включен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам.

Для успешного внедрения новых сортов и раскрытия потенциала продуктивности необходимо строгое соблюдение зональных приемов возделывания озимой пшеницы, а также изучение и внедрение передовых агротехнологий. В Курганском НИИСХ применяется следующая технология возделывания для озимой пшеницы. Оптимальные рекомендуемые сроки посева – с 20 по 30 августа. Важно учитывать, что разрыв между такими операциями, как подготовка почвы, посев и прикатывание, не допускается. Оптимальная норма высева в пределах 5–5,5 млн всхожих зерен на 1 га. Сорта озимой пшеницы отзывчивы на применение удобрений. Наиболее эффективно полное минеральное удобрение в соотношении доз  $N_{20}P_{20}K_{20}$ , внесенное в рядки при посеве. Для улучшения вегетативного роста и репродуктивного развития растений весной требуется ранняя подкормка такими азотными удобрениями, как аммиачная селитра или мочевины (40–60 кг д. в./га). В фазу полного колошения пшеницы полезна внекорневая подкормка – мочевины около 30 кг д. в./га азота, что необходимо для увеличения содержания белка и клейковины в зерне [24, с. 63]. В весенне-летний период рекомендовано применение химпрепаратов для защиты от вредных объектов.

В передовых хозяйствах Курганской области, например в АПО «МУЗА» Щучанского, в КФХ Суслов С. А. Притобольного, ЗАО «Агрокомплекс „Кургансемена“» Кетовского районов, кроме общепринятых технологий, ведется поиск и внедрение новых эффективных приемов и использование современных сельхозмашин и орудий, что позволяет стабилизировать зерновое производство в условиях

рискованного земледелия Зауралья (засуха, новые агрессивные расы болезней и вредителей) [1, с. 35].

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

В результате селекционной работы с применением классических методов и исходного материала, приспособленного к зональным погодным условиям, создан новый сорт пшеницы озимой мягкой Изаура. Сорт обладает комплексом основных хозяйственно-биологических признаков и свойств: урожайный, зимостойкий, высококачественный, устойчивый к болезням, адаптированный к местным климатическим условиям. Этот сорт предназначен для зональной технологии возделывания по парам. Прибавка к стандартному сорту Омская озимая в среднем за 5 лет изучения (2017–2021) составила 0,38 т/га. В зависимости от условий сорт формирует сильное (32 % в муке) или ценное (28 %) зерно с содержанием клейковины 29,1–37,8 % и качеством не ниже II группы. По хлебопекарным свойствам превышает стандарт ценной пшеницы Омская озимая. Обладает высокой устойчивостью к основным болезням озимой пшеницы (бурой ржавчине, мучнистой росе, септориозу). Устойчив к прорастанию и осыпанию зерна на корню. По представленным данным сорт обладает рядом преимуществ перед стандартом и рекомендован для использования сельхозтоваропроизводителями Уральского региона в лесостепной зоне. Сорт может быть использован в селекционных программах в качестве источника зимостойкости и качества.

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

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по направлению 4.1.2.1 «Поиск, сохранение, изучение генетических ресурсов растений и использование их в селекционном процессе при создании новых форм, сортов и гибридов сельскохозяйственных, лекарственных и ароматических культур» (тема № 0532-2021-0008).

#### **Библиографический список**

1. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Катаева Н. В. Стабильность урожая озимой пшеницы и возможность ее возделывания в Зауралье // Кормопроизводство. 2020. № 7. С. 32–36. DOI: 10.25685/KRM.2020.7.2020.005.
2. Идет подготовка семян озимых культур под урожай 2021 года в Курганской области [Электронный ресурс]. URL: <https://rosselhoccenter.ru/index.php/regions/ural/kurganskaya-oblast?start=45> (дата обращения: 31.05.2022).
3. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Некрасов Е. И., Рыбась И. А., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В., Кравченко Н. С. Результаты изучения сортов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения в условиях юга Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6. С. 12–17. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-12-17.
4. Чурзин В. Н., Дубовченко Д. О. Фотосинтетическая продуктивность в посевах сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 123–130. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-12.



5. Особенности адаптивно-ландшафтной системы земледелия Кабардино-Балкарской республики / А. Л. Иванов, Э. Н. Молчанов, А. А. Маремуков [и др.]. Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2015. 320 с.
6. Гончаров Н. П., Косолапов В. М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039.
7. Федин М. А. [и др.] Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур. Вып. 1 (Общая часть). Москва, 1985. 270 с.
8. Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Мальцева Л. Т. [и др.] Анализ погодных условий в связи с возделыванием озимой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 1 (65). С. 32–37. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-32-37.
9. Гончаров Н. П. Научное обеспечение селекции и семеноводства Сибири в XXI в. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 448–459. DOI: 10.18699/VJ21.050.
10. Мальчиков П. Н., Розова М. А., Моргунов А. И., Мясникова М. Г., Зеленский Ю. И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (8). С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.
11. Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Крахмалева М. С., Бугрова В. В. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне России: история, методы и результаты // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-о.
12. Маслова Г. Я, Абдряев М. Р., Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Корреляционный анализ урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (4). С. 680–682.
13. Резвякова С. В., Конеева О. А., Данилов С. Ю. Сравнительная оценка новых сортов озимой пшеницы в условиях Орловской области // Биология в сельском хозяйстве. 2022. № 1 (34). С. 22–26.
14. Сухоруков А. А. Исходный материал для селекции озимой пшеницы в Среднем Поволжье на урожайность, иммунитет и качество зерна // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4 (56). С. 80–84. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-80-84.
15. Дорохов Б. А., Васильева Н. М. Современные погодные условия и их воздействие на хозяйственные показатели озимой пшеницы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 11-2 (38). С. 106–111. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11762.
16. Зезин Н. Н. [и др.]. Озимые зерновые культуры на Среднем Урале: практические рекомендации по технологии возделывания озимых культур в Свердловской области. Екатеринбург: Ротапринт ФГБНУ «Уральский НИИСХ» 2015. 48 с.
17. Повышение эффективности земледелия Зауралья в засушливых условиях. Куртамыш: Куртамышская типография, 2013. 231 с.
18. Gulyaeva E. I., Kovalenko N. M., Shamanin V. P. et al. Population structure of leaf pathogens of common spring wheat in the West Asian regions of Russia and Northern Kazakhstan in 2017 // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. Vol. 22. No. 3. Pp. 363–369. DOI: 10.18699/VJ18.372.
19. Кашуба Ю. Н., Мешкова Л. В., Трипутин В. М. Оценка интрогрессивных форм озимой мягкой пшеницы на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175). С. 63–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-63-67.
20. Манукян И. Р., Догузова Н. Н., Абиева Т. С. Селекция озимой пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине // Нива Поволжья. 2021. № 3 (60). С. 3–8. DOI: 10.36461/NP.2021.60.3.008.
21. Беркутова Н., Сандухадзе Б., Соболева Е., Кондратьева О., Беркутова Д. Мукомольные свойства зерна перспективных сортов озимой пшеницы // Хлебопродукты. 2010. № 11. С. 51–53.
22. Мелешкина Е. П., Коломиец С. Н., Жильцова Н. С., Бунтина О. И. Современная оценка хлебопекарных свойств российской пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 155–162. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-155-162.
23. Малкандуев Х. А., Мохова Л. М., Малкандуева А. Х. [и др.] Результаты селекции по озимой пшенице // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 2 (94). С. 66–71. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-2-94-66-71.
24. Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю., Филиппова Е. А., Ефимова А. Г. К вопросу об озимой пшенице на зауральских полях // Нивы Зауралья. 2015. № 6 (128). С. 60–63.

**Об авторах:**

Елена Александровна Филиппова<sup>1</sup>, старший научный работник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0001-8209-9603, AuthorID 621300; +7 912 573-15-85, elena-filippova-kniich@mail.ru

Наталья Юрьевна Банникова<sup>1</sup>, старший научный работник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0003-4436-6592, AuthorID 618742; +7 963 004-86-83, [info@kurganniish.ru](mailto:info@kurganniish.ru)

Ирина Александровна Дробот<sup>1</sup>, научный сотрудник лаборатории селекции пшеницы, ORCID 0000-0001-5170-1366, AuthorID 619309; +7 982 421-24-23, [irina.drobot@inbox.ru](mailto:irina.drobot@inbox.ru)

<sup>1</sup> Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

## A new variety of winter soft wheat Izaura for the forest-steppe zone of the Ural region

E. A. Filippova<sup>1</sup>✉, N. Yu. Bannikova<sup>1</sup>, I. A. Drobot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: [kniish@ketovo.zaural.ru](mailto:kniish@ketovo.zaural.ru)

**Abstract.** The purpose of the research is to present the result of the breeding work of the wheat breeding laboratory of the Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences” – a new variety of winter wheat Izaura and to give its economic and biological characteristics. **The variety was created by the method** of multiple individual-familial selection from a hybrid population of K-85 (a population of hardy forms) / Kurganskaya ozimaya. **According to the results** of the competitive variety testing, the yield of the variety in 2017 was 4.65 t/ha (+0.29 t/ha to the Omsk winter standard), in the conditions of drought of 2020–2021, 1.10 t/ha (+0.42 t/ha). The maximum yield was obtained in the Orenburg region of 58 kg/ha (2020). When creating a new variety, the task of increasing yields was solved due to higher winter hardiness, resistance to brown rust, powdery mildew and improving baking properties. The advantage of the variety: increased winter hardiness, frost resistance, friendly spring regrowth, resistance to the return of spring cold, high yield and grain quality. During the years of research, the variety was slightly affected by diseases that are widespread in the conditions of the forest–steppe of the Trans-Urals: brown rust – 11 %, powdery mildew – 0.5 points, septoria 0–0.1 %. In terms of grain quality, the new variety is a valuable wheat. The nature was 751 g/l, vitreous – 50 %, protein content in grain – 17.5 %, gluten content in flour – 35.3 % of the second group, flour strength – 367 e. a., bread volume yield – 848 cm<sup>3</sup>, overall bread score – 3.3 points. Resistant to germination and shedding of grain on the root. The variety is intended for zonal cultivation technology in pairs. According to the results of the state variety testing, since 2022, the Izaura variety has been included in the State Register of Breeding Achievements in the Ural (9) and West Siberian (10) regions, where increases amounted to 0.25 and 0.45 t/ha, respectively. **Scientific novelty.** A new variety of winter soft wheat has been created, which has advantages over common varieties in the Ural region, in terms of resistance to brown rust, powdery mildew and has increased winter hardiness.

**Keywords:** new variety, winter wheat, yield, grain quality, crop structure.

**For citation:** Filippova E. A., Bannikova N. Yu., Drobot I. A. Zimostoykiy sort ozimoy phenitsy Izaura dlya slozhnykh klimaticheskikh usloviy Ural'skogo regiona [A new variety of winter soft wheat Izaura for the forest-steppe zone of the Ural region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 40–50. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-40-50. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 30.11.2022, **date of review:** 21.12.2022, **date of acceptance:** 13.01.2023.

### References

1. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu., Kataeva N. V. Stabil'nost' urozhaya ozimoy pshenitsy i vozmozhnost' yeye vzdelyvaniya v Zaural'ye [Stability of the winter wheat crop and the possibility of its cultivation in the Trans-Urals] // Fodder Production. 2020. No. 7. Pp. 32–36. DOI: 10.25685/KRM.2020.7.2020.005. (In Russian.)
2. Idet podgotovka semyan ozimyykh kul 'tur pod urozhay 2021 goda v Kurganskoy oblasti [Winter crop seeds are being prepared for the harvest of 2021 in the Kurgan region] [e-resource]. URL: <https://rosselhoccenter.ru/index.php/regions/ural/kurganskaya-oblast?start=45> (date of reference: 31.05.2022). (In Russian.)

3. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. I., Rybas' I. A., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V., Kravchenko N. S. Rezul'taty izucheniya sortov ozimoy myagkoy pshenitsy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh yuga Rostovskoy oblasti [Results of studying varieties of winter soft wheat of various ecological and geographical origin in the conditions of the south of the Rostov region] // Grain Economy of Russia. 2019. No. 6. Pp. 12–17. (In Russian.)
4. Churzin V. N., Dubovchenko D. O. Fotosinteticheskaya produktivnost' v posevakh sortov ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot primeneniya agrokhimikatov na chernozemakh Volgogradskoy oblasti [Photosynthetic productivity in winter wheat crops depending on the use of agrochemicals on the chernozems of the Volgograd region] // Proceedings of the Nizhnevolskiy Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. No. 2 (58). Pp. 123–130. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-12. (In Russian.)
5. Osobennosti adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya Kabardino-Balkarskoy respubliki [Peculiarities of adaptive-landscape system of agriculture of Kabardino-Balkarian] / A. L. Ivanov, E. N. Molchanov, A. A. Maremukov et al. Nal'chik: Poligrafservis i T, 2015. 320 p. (In Russian.)
6. Goncharov N. P., Kosolapov V. M. Seleksiya rasteniy – osnova prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Plant breeding is the basis of Russia's food security] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 4. Pp. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039. (In Russian.)
7. Fedin M. A. et al. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya s.-kh. Kul'tur. Vyp. 1 (Obshchaya chast') [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue. 1 (General part)]. Moscow, 1985. 270 p. (In Russian.)
8. Filippova E. A., Bannikova N. Yu., Mal'tseva L. T. et al. Analiz pogodnykh usloviy v svyazi s vozdeystviyem ozimoy pshenitsy v lesostepnoy zone Zaural'ya [Analysis of weather conditions in connection with the cultivation of winter wheat in the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2022. Vol. 17. No. 1 (65). Pp. 32–37. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-32-37.
9. Goncharov N. P. Nauchnoye obespecheniye seleksii i semenovodstva Sibiri v XXI v [Scientific support of breeding and seed production in Siberia in the XXI century] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 4. Pp. 448–459. DOI: 10.18699/VJ21.050. (In Russian.)
10. Mal'chikov P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelenskiy Yu. I. Velichina i stabil'nost' urozhaynosti sovremennogo selektsionnogo materiala yarovoy tverdoy pshenitsy (Triticum durum Desf.) iz Rossii i Kazakhstana [The magnitude and stability of the yield of modern breeding material of spring durum wheat (Triticum durum Desf.) from Russia and Kazakhstan] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. No. 22 (8). Pp. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436. (In Russian.)
11. Sandukhadze B. I., Mamedov R. Z., Krakhmaleva M. S., Bugrova V. V. Nauchnaya seleksiya ozimoy myagkoy pshenitsy v Nechernozemnoy zone Rossii: istoriya, metody i rezul'taty [Scientific breeding of winter soft wheat in the Non-Chernozem zone of Russia: history, methods and results] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 4. Pp. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o. (In Russian.)
12. Maslova G. Ya, Abdryayev M. R., Sharapov I. I., Sharapova Yu. A. Korrelyatsionnyy analiz urozhaynosti i elementov produktivnosti sortov ozimoy myagkoy pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh lesostepnoy zony Srednego Povolzh'ya [Correlation analysis of yield and productivity elements of winter soft wheat varieties in arid conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region] // Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 2 (4). Pp. 680–682. (In Russian.)
13. Rezvyakova S. V., Koneyeva O. A., Danilov S. Yu. Sravnitel'naya otsenka novykh sortov ozimoy pshenitsy v usloviyakh Orlovskoy oblasti [Comparative evaluation of new varieties of winter wheat in the conditions of the Orel region] // Biology in Agricultural. 2022. No. 1 (34). Pp. 22–26. (In Russian.)
14. Sukhorukov A. A. Iskhodnyy material dlya seleksii ozimoy pshenitsy v Srednem Povolzh'ye na urozhaynost', immunitet i kachestvo zerna [Source material for breeding winter wheat in the Middle Volga region for yield, immunity and grain quality] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No. 4 (56). Pp. 80–84. (In Russian.)
15. Dorokhov B. A., Vasil'yeva N. M. Sovremennyye pogodnyye usloviya i ikh vozdeystviye na khozyaystvennyye pokazateli ozimoy pshenitsy [Modern weather conditions and their impact on the economic indicators of winter wheat] // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. No. 11-2 (38). Pp. 106–111. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11762. (In Russian.)
16. Zezin N. N. et al. Ozimyye zernovyye kul'tury na Srednem Urale: prakticheskiye rekomendatsii po tekhnologii vozdeystviya ozimyykh kul'tur v Sverdlovskoy oblasti [Winter grain crops in the Middle Urals: practical recommendations on the technology of cultivation of winter crops in the Sverdlovsk region]. Ekaterinburg: Rotaprint FGBNU "Ural'skiy NIISKH", 2015. 48 p. (In Russian.)
17. Povysheniye effektivnosti zemledeliya Zaural'ya v zasushlivykh usloviyakh [Improving the efficiency of agriculture in the Trans-Urals in arid conditions]. Kurtamysk: GUP "Kurtamyskskaya tipografiya", 2013. 231 p.

18. Gulyaeva E. I., Kovalenko N. M., Shamanin V. P. et al. Population structure of leaf pathogens of common spring wheat in the West Asian regions of Russia and Northern Kazakhstan in 2017 // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018. Vol. 22. No. 3. Pp. 363–369. DOI: 10.18699/VJ18.372.
19. Kashuba Yu. N., Meshkova L. V., Triputin V. M. Otsenka introgressivnykh form ozimoy myagkoy pshenitsy na ustoychivost' k buroy i steblevoy rzhavchine [Evaluation of introgressive forms of winter soft wheat for resistance to brown and stem rust] // *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2021. No. 10 (175). Pp. 63–67. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-63-67. (In Russian.)
20. Manukyan I. R., Doguzova N. N., Abieva T. S. Seleksiya ozimoy pshenitsy na ustoychivost' k buroy rzhavchine [Selection of winter wheat for resistance to brown rust] // *Niva Povolzh'ya*. 2021. No. 3 (60). Pp. 3–8. (In Russian.)
21. Berkutova N., Sandukhadze B., Soboleva E., Kondrat'yeva O., Berkutova D. Mukomol'n'yye svoystva zerna perspektivnykh sortov ozimoy pshenitsy [Milling properties of grain of promising varieties of winter wheat] // *Khleboproducty*. 2010. No. 11. Pp. 51–53.
22. Meleshkina E. P., Kolomiyets S. N., Zhil'tsova N. S., Buntina O. I. Sovremennaya otsenka khlebopekarnykh svoystv rossiyskoy pshenitsy [Modern assessment of baking properties of Russian wheat] // *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021. Vol. 83. No. 1. Pp. 155–162. (In Russian.)
23. Malkanduyev Kh. A., Mokhova L. M., Malkanduyeva A. Kh. Et al. Rezul'taty seleksii po ozimoy pshenitse [Selection results for winter wheat] // *News of Kabardino-Balkar scientific center of RAS*. 2020. No. 2 (94). Pp. 66–71. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-2-94-66-71. (In Russian.)
24. Mal'tseva L. T., Bannikova N. Yu., Filippova E. A., Efimova A. G. K voprosu ob ozimoy pshenitse na zaural'skikh polyakh [On the issue of winter wheat in the Trans-Ural fields] // *Nivy Zaural'ya*. 2015. No. 6 (128). Pp. 60–63. (In Russian.)

**Authors' information:**

Elena A. Filippova<sup>1</sup>, senior researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0001-8209-9603, AuthorID 621300; +7 912 573-15-85, [elena-filippova-kniich@mail.ru](mailto:elena-filippova-kniich@mail.ru)

Natalya Yu. Bannikova<sup>1</sup>, senior researcher at the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0003-4436-6592, AuthorID 618742; +7 963 004-86-83, [info@kurganniish.ru](mailto:info@kurganniish.ru)

Irina A. Drobot<sup>1</sup>, scientist researcher of the wheat breeding laboratory, ORCID 0000-0001-5170-1366, AuthorID 619309; +7 982 421-24-23, [irina.drobot@inbox.ru](mailto:irina.drobot@inbox.ru)

<sup>1</sup>Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

## Ультрасонографическая оценка почек у кошек с хроническими нефропатиями

А. В. Гончарова<sup>1</sup>✉, В. А. Бычкова<sup>1</sup>, В. А. Костылев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

✉E-mail: annatrakhan@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – установить ультрасонографическую картину верхних отделов мочевыделительной системы у кошек с хронической болезнью почек на разных стадиях и определить прогностическую значимость болезни. **Методы.** В исследовании участвовало 40 кошек различного пола, возраста и породы с установленным диагнозом хроническая болезнь почек с I по IV стадию по 10 животных в каждой группе. Стадийность обосновывалась концентрацией уровня сывороточного креатинина. У всех животных было проведено ультрасонографическое исследование мочевыделительной системы на аппарате ChisonQBit 11 высокочастотным линейным датчиком в продольном и поперечном сечениях. Характер структурных изменений почек в результате ультрасонографического исследования был соотнесен со стадией основного заболевания. **Научная новизна.** Установлены ультрасонографические критерии хронической болезни почек у кошек с учетом стадии заболевания. Описаны ультразвуковые паттерны, и на этом основании дан прогноз заболевания. Доказана необходимость раннего выявления и составления лечебно-диагностических мероприятий для продления и улучшения жизни животного. Обоснована необходимость ультразвукового исследования в обязательном диагностическом плане, что позволяет выявлять животных со структурными изменениями почек, но данный метод не является решающим в постановке диагноза и стадии хронической болезни почек у кошек. **Результаты.** У кошек на I стадии: в 60 % случаев отсутствовали ультразвуковые изменения структуры почек, в 10 % – выявлены ультразвуковые признаки поликистоза и гиперэхогенного медуллярного ободка (кольца). На II стадии: в 30 % случаев отсутствовали ультразвуковые изменения почек, в 20 % – обнаружены признаки нефролитиаза, в 10 % – признаки нефросклероза/гипоплазии унилатерально. На III стадии: в 100 % случаев – диффузные изменения почек, в 40 % – признаки нефросклероза/гипоплазии, в 20 % – нефролитиаза, в 10 % – поликистоза. На IV стадии: в 100 % случаев обнаружены диффузные изменения, в 30 % – признаки нефросклероза/гипоплазии, в 10 % – нефролитиаза. **Ключевые слова:** кошки, ультразвуковая диагностика, хроническая болезнь почек, диффузные изменения почек, очаговые изменения почек, нефропатии, нефролитиаз, гиперэхогенный медуллярный ободок, эхогенность, эхоструктура, доплеровское исследование.

**Для цитирования:** Гончарова А. В., Бычкова В. А., Костылев В. А. Ультрасонографическая оценка почек у кошек с хроническими нефропатиями // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 51–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-51-60.

**Дата поступления статьи:** 09.12.2022, **дата рецензирования:** 17.01.2023, **дата принятия:** 03.02.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Хроническая болезнь почек (ХБП) – это хроническое прогрессирующее заболевание, протекающее не менее трех месяцев, приводящее к нарушению функции почек. Стадии декомпенсации чередуются со стадиями ремиссии. В настоящее время частота выявления ХБП у кошек очень высока: по статистике каждая третья кошка имеет такой диагноз [1–3]. Важной превентивной мерой является своевременная диспансеризация, позволяющая на ранней стадии установить наличие заболевания и обеспечить диету и нефропротективную терапию с

контролем артериального давления, протеинурии, гиперфосфатемии как отягощающих факторов развития основного заболевания [4–6]. Хроническая болезнь почек у кошек и собак классифицируется на 4 стадии, которые определяются уровнем сывороточного креатинина и симметричного диметиларгинина (СДМА). На I стадии (неазотемическая) уровень креатинина и симметричного диметиларгинина в норме – до 140 мкмоль/л. На II стадии (легкая азотемия) уровень креатинина находится в диапазоне 140–250 мкмоль/л, СДМА – 18–25 мкг/дл. На III стадии (умеренная азотемия) уровень креатинина –

251–440 мкмоль/л, СДМА – 26–38 мкг/дл. На IV стадии (выраженная азотемия) уровень креатинина более 440 мкмоль/л, СДМА – 38 мкг/дл и более [7]. I и II стадии хронической болезни почек чаще протекают бессимптомно, плотность мочи может соответствовать норме. III и IV стадии характеризуются следующими симптомами: полиурия, полидипсия, анорексия, вялость, апатия, рвота, запоры, кахексия, вокализация, стоматит, галитоз.

Необходимо учитывать, что креатинин повышается при поражении около 65–70 % нефронов и его концентрация зависит от мышечной массы. Симметричный диметиларгинин позволяет выявлять животных с потерей 25–30 % нефронов, поэтому широко используется при ранней диагностике почечной недостаточности. Определение стадии проводят у кошек в период ремиссии путем нескольких исследований сывороточного креатинина и/или симметричного диметиларгинина, в острую фазу это нецелесообразно [4; 7].

Важным этапом является оценка концентрационной способности почек с помощью определения относительной плотности мочи. Для полноценного обследования необходимо проводить общий клинический анализ мочи с микроскопией осадка. Бактериологическое исследование мочи, взятой стерильным способом (цистоцентез), с подтитровкой к антибиотикам проводят для исключения инфекций мочевыводящих путей [8].

Факторами, отягощающими течение хронической болезни почек, являются артериальная гипертензия, протеинурия, гиперфосфатемия, анемия. Тонметрия проводится у кошек в покое, манжета подбирается по размеру и фиксируется на грудной или тазовой конечности, допустимо измерение в области основания хвоста. Проводится 5–6 последовательных измерений, вычисляется среднее значение. При выявлении артериальной гипертензии необходимо применение гипотензивных препаратов для стабилизации давления [1; 3]. Выявление патологического выделения белка с мочой проводится с помощью определения соотношения белка и креатинина в моче, исследование следует проводить не менее 2–3 раз с интервалом в 2–4 недели. Истинную ренальную протеинурию необходимо дифференцировать от преренальной и постренальной [9]. Гиперфосфатемия является следствием снижения скорости клубочковой фильтрации, корректируется с помощью фосфатсвязывающих препаратов [10; 11]. Анемия приводит к гипоксии тканей, что запускает компенсаторные механизмы, которые пагубно влияют на функцию почек. При хронической болезни почек чаще всего регистрируют гипорегенераторный, нормохромный и нормоцитарный характер анемии со сниженным числом ретикулоцитов. Все вышеперечисленные факторы существенно снижают качество и продолжитель-

ность жизни и способствуют прогрессированию хронической болезни почек.

Основным критерием в постановке диагноза кошкам с признаками заболеваний почек и верификации стадии заболевания является системный подход, включающий не только данные анамнеза и физикального осмотра, лабораторных методов исследования, но и результаты визуальной диагностики, в частности ультразвукографии [12].

Ультразвуковое исследование органов мочевыделительной системы – это обязательный этап диагностики при постановке диагноза в результате комплексного обследования у животных с различного рода нефропатиями [12]. Этот метод позволяет визуализировать структурные изменения почек диффузного и/или очагового характера, а также охарактеризовать окружающие почки ткани и выявить врожденные аномалии строения. При ультразвуковой оценке учитывают ряд критериев. Необходимо оценить факт и качество визуализации каждой почки. Отсутствие органа может указывать на врожденную аномалию – агенезию, в результате которой вторая почка компенсаторно будет гипертрофирована. Необходима оценка топографии, ее нарушение может указывать на эктопию почки врожденную или в результате травм. В норме почки имеют бобовидную овоидную форму, изменения могут указывать на полирению, подковообразную почку (врожденные аномалии), воспалительные заболевания, неоплазию, обструкцию.

Важной является оценка размеров почек: в норме 3,0–4,3 см (4,7 см у крупных особей, например, у мейн-кунов) в длину, 2,7–3,1 см в ширину, 2,0–2,5 см в высоту. Увеличение размеров почек является паттерном обструкции, отека, острых воспалительных заболеваний и новообразований; увеличение толщины кортикального слоя может свидетельствовать о нефрите, хроническом нефрите, нефросклерозе, неоплазии [13].

Оценка эхогенности кортикального слоя: в норме кортекс гипозоноген паренхиме селезенки, гипозоноген или изоэхоноген паренхиме печени (*Оценка эхогенности кортикального слоя почек производится в сравнении с эхогенность паренхимы селезенки и печени.*) Эхогенность медуллярного слоя в норме анэхогенная или гипозоногенная. Изменения эхогенности мозгового и/или коркового слоев может указывать на диффузные изменения почек, что часто наблюдается при хронической болезни почек, но не является специфическим маркером. Кортикально-медуллярная дифференциация слоев в норме сохранена и в соотношении этих слоев у кошек составляет в среднем 1:2/1:1. Эхоструктура слоев в норме однородна. Оценка лоханки и визуализация мочеточников проводится в поперечном срезе. Допустимое расширение лоханки – 1–2 мм, но следует учитывать применяемые лекарственные

препараты (диуретики) и факт инфузионной терапии у животного, что влияет на ее расширение. Умеренная пиелозктазия может наблюдаться у кошек с пиелонефритом, при обструкции конкрементом, новообразованием. Тотальная пиелозктазия (гидронефроз) чаще всего регистрируется при тотальных обструкциях [13; 14]. Выявляются новообразования, нефролиты, иные очаговые включения (инфаркты, кисты, абсцессы, гематомы). Оценка почечного кровотока проводится с помощью доплерографии, и в норме сосудистое древо симметрично, просматривается до подкапсульной зоны почки [13].

Несмотря на то что наличие или отсутствие изменений почек по результатам ультразвукографии не может являться единственным и окончательным доводом для постановки диагноза, этот метод остается главным для оценки структурных изменений и служит дополнением к установлению основного диагноза хроническая болезнь почек. Кроме этого, ультразвукография позволяет выявить нарушения со стороны гематоциркуляции в почках и составить терапевтический прогноз [12; 13; 15].

В связи с вышеизложенным актуально дать ультразвуковую характеристику верхних отделов мочевыделительной системы у кошек с хронической болезнью почек на разных стадиях.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проведено на базе кафедры ветеринарной хирургии ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологий – МВА имени К. И. Скрябина». Объектами исследования были 40 кошек в возрасте от 1 года до 19 лет различного пола и репродуктивного статуса. Породный состав включал в себя

длинношерстных и короткошерстных метисов, кошек персидской, британской короткошерстной, шотландской вислоухой, сибирской, бенгальской пород и мейн-кунов (таблица 1). При хронической болезни почек не выявлено выраженной породной предрасположенности, однако некоторые породы могут быть предрасположены к генетически наследуемым нефропатиям, например, у кошек персидской породы и их метисов регистрируются наследственный поликистоз почек, дисплазии почек, у абиссинских кошек есть склонность к амилоидозу.

Для постановки диагноза были использованы следующие методы: биохимическое исследование сыворотки крови с определением уровня сывороточного креатинина в стадии ремиссии не менее двух раз с интервалом 3 месяца, уровня фосфора и калия, общий анализ мочи с микроскопией осадка, количественное определение степени протеинурии (измерение соотношения белка и креатинина в моче), тонометрия (не менее пяти последовательных измерений на правой грудной конечности в состоянии покоя), ультразвуковая диагностика. Ультразвукографическое исследование проводилось на аппарате ChisonQBit 11 высокочастотным линейным датчиком (7–18 МГц). Шерсть снижает качество визуализации и может привести к неправильной интерпретации полученных результатов, поэтому область интереса выбривалась. Использовался цветной ветеринарный гель средней вязкости «VETЗАБОТА» для ультразвуковых исследований и терапии. Для датчиков применялись латексные презервативы для ультразвуковых исследований «АЗРИ» диаметром 28 мм без смазки, без накопителя, без запаха, прозрачные и гладкие.

Таблица 1

#### Половой, возрастной и породный состав кошек с хронической болезнью почек

Пол	Количество голов	Возраст	Количество голов	Порода	Количество голов
Самцы	24	1–5	9	Метисы длинношерстные и короткошерстные	17
		6–10	11	Персидская	3
		11–15	14	Британская к/ш	8
Самки	16	Старше 15	6	Мейн-кун	2
				Сибирская	5
				Шотландская вислоухая	4
				Бенгальская	1

Table 1  
Sex, age and breed composition of cats with chronic kidney disease

Sex	Number of heads	Age	Number of heads	Breed	Number of heads
Male	24	1–5	9	Domestic short/long-haired half-blood	17
				Persian	3
				British	8
Female	16	Upper 15	6	Maine Coon	2
				Siberian	5
				Scottish Fold	4
				Bengal	1

Таблица 2

## Количественный состав кошек с хронической болезнью почек на разных стадиях

Стадии ХБП	Количество кошек в абсолютных величинах, голов	Количество кошек в относительных величинах, %
1	10	25
2	10	25
3	10	25
4	10	25
Всего	40	100

Table 2

## Cats with chronic kidney disease at different stages

Stage of CKD	The number of cats in absolute values, heads	The number of cats in relative terms, %
1	10	25
2	10	25
3	10	25
4	10	25
Total	40	100

Сканирование почек проводилось в краниокаудальном и латеромедиальном направлениях. Исследование проводилось в сегментарном (поперечном), продольном саггитальном и продольном фронтальном (дорсальном) срезах. Левая почка лоцируется в вентродорсальном доступе, дорсокаудальнее селезенки. Правая почка расположена краниальнее, исследуется в вентролатеральном доступе под реберной дугой. В некоторых случаях визуализация правой почки была затруднена вследствие пневматизации двенадцатиперстной кишки, которая расположена вентральнее.

В результате ультразвукового исследования были проведены следующие измерения почек: длина в продольном срезе, ширина в поперечном срезе, высота в поперечном срезе, ширина почечной лоханки в поперечном срезе от почечного гребня до дна лоханки, толщина кортикального слоя в продольном срезе, производилась оценка сосудистого рисунка с помощью цветового доплеровского картирования.

На основании данных анамнеза, общего клинического обследования животных, лабораторных и визуальных методов животным был поставлен диагноз хроническая болезнь почек с разделением на группы с присвоением стадии согласно рекомендациям IRIS (таблица 2).

### Результаты (Results)

Согласно проведенным исследованиям, дана ультрасонографическая характеристика верхних отделов мочевыделительной системы у кошек с хронической болезнью почек на разных стадиях и установлена их прогностическая значимость.

У животных на I стадии хронической болезни почек в 60 % случаев (6 кошек) не было обнаружено отклонений от ультразвуковой нормы: правая и левая почки визуализировались хорошо, расположены типично, размеры имели нормальные значе-

ния, контуры ровные, границы четкие, эхогенность кортикального слоя гипоэхогенна паренхиме селезенки, эхогенность медуллярного слоя анэхогенна, дифференциация кортикального и медуллярного слоев сохранена, соотношение слоев не изменено, эхоструктура кортикального и медуллярного слоев однородная, лоханка не расширена, проксимальный отдел мочеточника не визуализируется, объемные новообразования и конкременты не выявлены (рис. 1).

В 10 % случаев (1 кошка) были установлены ультразвуковые признаки поликистоза, характеризующиеся хорошей визуализацией правой и левой почек, типичным расположением обеих почек, билатеральной нефромегалией, неправильной формой, неровными контурами, эхогенность мозгового и кортикального слоев была повышена, дифференциация кортикального и медуллярного слоев отсутствовала, определение соотношения слоев было невозможным, эхоструктура кортикального слоя неоднородна, лоханка не расширена, проксимальный отдел мочеточника не визуализировался, выявлены множественные анэхогенные тонкостенные образования различного диаметра (рис. 6).

В 10 % случаев (1 кошка) обнаружены наличие гиперэхогенного медуллярного ободка (кольца), хорошая визуализация правой и левой почек, типичное расположение, размеры не изменены, контуры ровные, границы четкие, эхогенность кортикального слоя гипоэхогенна паренхиме селезенки, эхогенность медуллярного слоя анэхогенна, дифференциация кортикального и медуллярного слоев сохранена, соотношение слоев не изменено, эхоструктура кортикального и медуллярного слоев однородная, лоханка не расширена, проксимальный отдел мочеточника не визуализируется, объемные новообразования и конкременты не выявлены, визуализируется гиперэхогенная полоса параллельно корково-ме-



дуллярной границе, что может являться вариантом нормы для кошек и не указывать на наличие какой-либо патологии или свидетельствовать о минерализации, остром канальцевом некрозе, пиогранулематозном васкулите, кровоизлиянии, некрозе.

В 20 % случаев (2 кошки) фиксировалось умеренное повышение эхогенности кортикального слоя почек: правая и левая почки визуализировались хорошо, расположены типично, размеры имели нормальные значения, контуры ровные, границы четкие, эхогенность кортикального слоя изоэхогенна паренхиме селезенки, эхогенность медуллярного слоя анэхогенна, дифференциация кортикального и медуллярного слоев сохранена, соотношение слоев не изменено, эхоструктура кортикального и медуллярного слоев однородная, лоханка не расширена, проксимальный отдел мочеточника не визуализировался, объемные новообразования и конкремен-

ты не выявлены, данные паттерны могут соответствовать гериатрическим изменениям, хронической нефропатии, хронической болезни почек, хроническому нефриту.

У кошек на II стадии в 10 % случаев (1 кошка) были выявлены ультразвуковые признаки единичных кист, характеризующиеся хорошей визуализацией правой и левой почек, типичным расположением обеих почек, нормальными размерами обеих почек, обе почки бобовидной формы, контуры ровные, эхогенность мозгового и кортикального слоев не изменена, дифференциация кортикального и медуллярного слоев сохранена, соотношение слоев не нарушено, эхоструктура кортикального и мозгового слоев однородна, лоханка не расширена, проксимальный отдел мочеточника не визуализировался, выявлены единичные анэхогенные тонкостенные образования диаметром до 0,5 см.

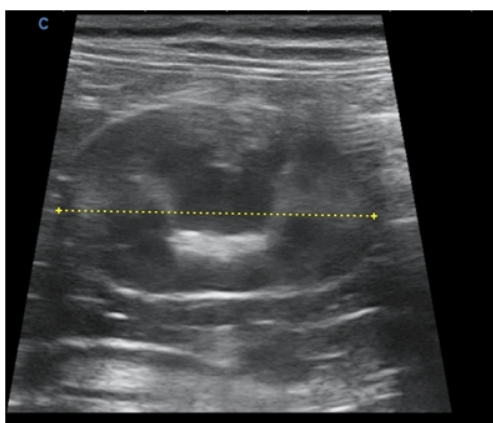


Рис. 1. Ультрасонограмма почки в норме  
Fig. 1. Normal ultrasonography of feline kidney



Рис. 2. Ультрасонограмма почки. Гиперэхогенное включение в проекции лоханки  
Fig. 2. Kidney ultrasonography. Hyperechoic inclusion in the projection of the pelvis

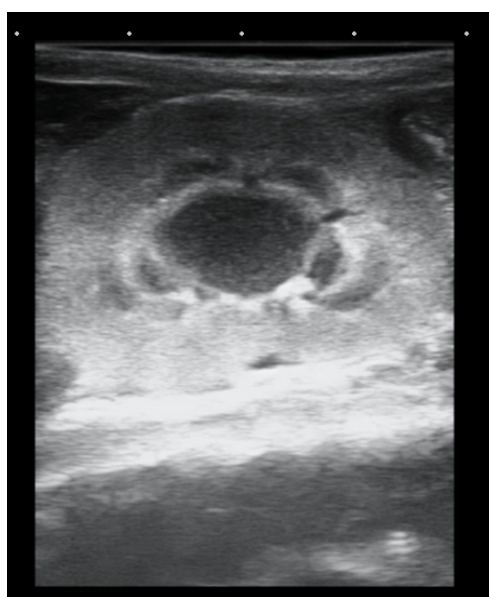


Рис. 3. Ультрасонограмма почки. Диффузные изменения, соответствующие хронической нефропатии  
Fig. 3. Kidney ultrasonography. Diffusive increase of cortex echogenic, chronic renal disease



Рис. 4. Ультрасонограмма почки. Пиелектазия  
Fig. 4. Kidney ultrasonography. Pyelectasia

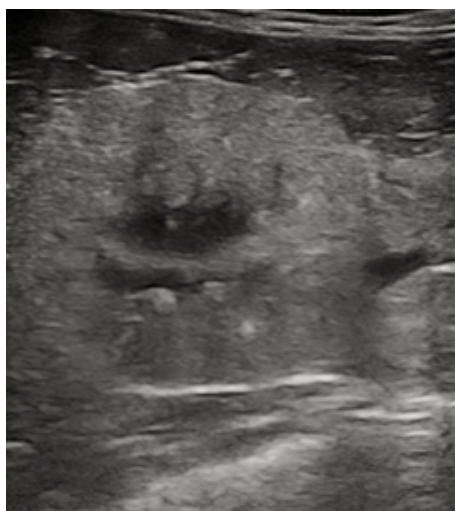


Рис. 5. Ультрасонограмма почки.  
Признаки нефросклероза  
Fig. 5. Kidney ultrasonography.  
Patterns of kidney nephrosclerosis

В 30 % случаев (3 кошки) были выявлены признаки диффузных изменений почек: хорошая визуализацией правой и левой почек, типичным расположением обеих почек, размер в пределах нормы, бобовидной формы, ровные контуры, эхогенность мозгового и/или кортикального слоев повышена, дифференциация кортикального и медуллярного слоев умеренно сглажена, соотношение слоев сохранено, эхоструктура кортикального и медуллярного слоев однородна, лоханка не расширена, проксимальный отдел мочеточника не визуализировался, новообразования и нефролиты не выявлены, что может соответствовать геритатрическим изменениям, хроническим нефропатиям.

В 20 % случаев (2 кошки) были обнаружены гиперэхогенные включения в проекции лоханки с акустической тенью: правая и левая почки визуализировались хорошо, расположение было типичным, размеры имели нормальные значения, контуры ровные, границы четкие, эхогенность кортикального слоя гипохогенна паренхиме селезенки, эхогенность медуллярного слоя анэхогенна, дифференциация кортикального и медуллярного слоев сохранена, соотношение слоев не изменено, эхоструктура кортикального и медуллярного слоев однородная, лоханка расширена до 0,2 см, что является вариантом нормы, проксимальный отдел мочеточника не визуализировался, объемные новообразования не выявлены, в проекции лоханки визуализировалось гиперэхогенное включение диаметром до 0,37 см с выраженной акустической тенью и эффектом мерцания при доплеровском исследовании (ЦДК), что может соответствовать признакам не обструктивно нефролитиаза (рис. 2).

В 10 % случаев (1 кошка) была выявлена односторонняя, предположительно компенсаторная, умеренная нефромегалия, признаки нефросклероза

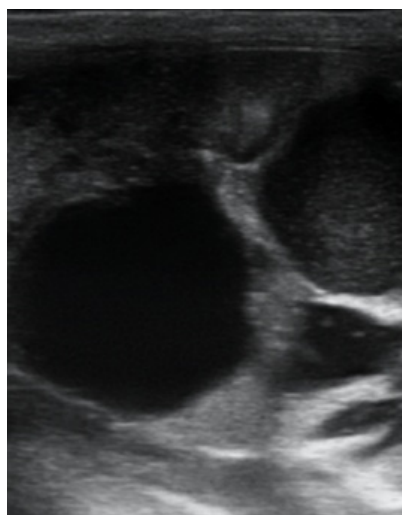


Рис. 6. Ультрасонограмма почки. Поликистоз  
Fig. 6. Kidney ultrasonography. Polycystic kidney disease

за второй почки: правая почка визуализировалась хорошо, визуализация левой почки – удовлетворительная, расположены типично, размеры правой почки увеличены (длина 4,6 см), размеры левой почки уменьшены (длина 2,35 см), контуры левой почки неровные, контуры правой почки ровные, границы правой и левой почек четкие, эхогенность кортикального слоя правой почки гипохогенна паренхиме селезенки, левой почки – повышена, эхогенность медуллярного слоя правой почки анэхогенна, левой почки – гипохогенна, дифференциация кортикального и медуллярного слоев сохранена в правой почке, в левой почке значительно сглажена, соотношение слоев в правой почке не изменено, в левой утолщение кортикального слоя, эхоструктура кортикального и медуллярного слоев однородная в правой почке, в левой кортикальный слой неоднородный, лоханка не расширена, проксимальный отдел мочеточника не визуализировался, объемные новообразования и конкременты не выявлены, при доплеровском исследовании сосудистый рисунок в правой почке сохранен, в левой почки обеднен в значительной степени (рис. 5).

В 30 % случаев (3 кошки) отклонений от ультразвуковой нормы не установлено.

У кошек на III стадии хронической болезни почек наблюдались диффузные изменения, проявляющиеся повышением эхогенности кортикального слоя и сглаживанием кортико-медуллярной дифференциации в 100 % случаев (10 кошек), что может соответствовать картине хронических нефропатий, хронической болезни почек (рис. 3).

В 20 % случаев (2 кошки) установлены признаки нефролитиаза, паттерны умеренной пиелоктазии (расширение лоханки до 0,28 см) были у 1 кошки, что может свидетельствовать о частичной обструкции или пиелонефрите (рис. 4).

Таблица 3  
Ультрасонографические изменения почек  
у кошек на разных стадиях хронической болезни почек

УЗ изменения почек	Стадия ХБП	I	II	III	IV
Диффузные изменения почек (повышение эхогенности кортикального и/или мозгового слоев, сглаживание КМД)		2 (20 %)	3 (30 %)	10 (100 %)	10 (100 %)
Поликистоз		1 (10 %)	–	1 (10 %)	–
Простые кисты		–	1 (10 %)	–	1 (10 %)
Нефролитиаз		–	2 (20 %)	2 (20 %)	–
Гиперэхогенный медулярный ободок		1 (10 %)	–	–	–
Нефросклероз		–	1 (10 %)	4 (40 %)	3 (30 %)
Отсутствие УЗ изменений		6 (60 %)	3 (30 %)	–	–

Table 3  
Ultrasonography of feline kidneys at different stages of chronic kidney disease

Kidney ultrasound findings	Stage of CKD	I	II	III	IV
Diffuse increased echogenicity of cortex or/and medulla, loss of corticomedullary differentiation		2 (20 %)	3 (30 %)	10 (100 %)	10 (100 %)
Polycystic kidney disease		1 (10 %)	–	1 (10 %)	–
Kidney cysts		–	1 (10 %)	–	1 (10 %)
Nephrolithiasis		–	2 (20 %)	2 (20 %)	–
Medullary rim sign		1 (10 %)	–	–	–
Nephrosclerosis		–	1 (10 %)	4 (40 %)	3 (30 %)
Unremarkable		6 (60 %)	3 (30 %)	–	–

В 40 % случаев (4 кошки) были обнаружены признаки нефросклероза.

У кошек на 4 стадии установлены выраженные диффузные изменения почек – значительное повышение эхогенности кортикального слоя, неоднородность кортикального и медулярного слоев, разной степени выраженности сглаживание кортико-медулярной дифференциации у всех исследуемых животных.

У 10 % (1 кошка) были выявлены единичные кисты мелкого диаметра с анэхогенным однородным содержимым унилатерально без признаков нефромегалии. Признаки поликистоза почек обнаружены в 10 % случаев (1 кошка), нефросклероза – у 30 % (3 кошки).

Полученные данные были систематизированы и соотнесены со стадией хронической болезни почек в таблице (таблица 3).

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

Хроническая болезнь почек является одной из самых распространенных патологий среди популяции кошек. Заболевание является прогрессирующим, что обуславливает необходимость ранней диагностики и медикаментозной терапии с целью улучшить и продлить жизнь животного. В комплексной диагностике хронической болезни почек обязательным диагностическим критерием является ультрасонографическая диагностика мочевыделительной системы с акцентом на почки. В ходе

проведенного исследования были получены результаты ультразвукового исследования почек у кошек на всех стадиях хронической болезни почек с целью определения диагностической ценности ультразвуковой диагностики в стадировании заболевания.

Ультрасонографическое исследование почек позволяет выявлять ряд патологий, которые могут протекать бессимптомно или иметь схожую клиническую симптоматику, что подтверждает высокую диагностическую ценность этого метода визуальной диагностики. Однако результаты ультразвукового исследования не могут являться основанием для окончательной постановки диагноза и определения стадии хронической болезни почек кошек.

В результате полученных данных можно сделать вывод, что ультразвуковые изменения структуры почек кошек на I и II стадии хронической болезни почек не являются значимыми и не отражают функциональные изменения в тканях органа. Диффузные изменения почек различной степени выраженности по результатам ультразвуковой диагностики были выявлены у всех животных на III и IV стадиях хронической болезни почек. Наиболее часто встречающимися ультразвуковыми паттернами при хронической болезни почек у кошек являются повышение эхогенности кортикального и/или мозгового слоев в 100 % случаев, признаки нефросклероза в 30 % случаев.

## Библиографический список

1. Костылев В. А., Гончарова А. В. Клиническая осциллометрическая характеристика системной гипертензии у кошек при хронической болезни почек // Сборник трудов научно-практической конференции Московской ветеринарной академии. Москва, 2022. С. 102–103.
2. Бычкова В. А., Гончарова А. В., Костылев В. А. Ультрасонографическая характеристика почек у кошек с различными заболеваниями // Сборник научных трудов XI международной межвузовской конференции по клинической ветеринарии в формате PURINA PARTNERS. Москва, 2021. С. 341–346.
3. De Santis F., Boari A., Dondi F., Emodoi Crisi P. Drug-dosing adjustment in dogs and cats with chronic kidney disease // *Animals*. 2022. No. 12 (3). С. 262–291.
4. Thanaboonnipat Ch., Sutayatram S., Buranakarl Ch., Choisunirachon N. Renal ultrasonographic strain elastography and symmetric dimethylarginine (SDMA) in canine and feline chronic kidney disease // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2020. No. 19. Pp. 1104–1112.
5. Игнатенко А. Ю., Золотавина М. Л. Биохимические исследования сыворотки крови кошек и собак в диагностике хронической болезни почек // *Евразийский союз ученых*. 2019. № 8-1 (65). С. 30–33.
6. Берсенева О. В., Бадов М. Д. Оценка функций сетчатки у кошек с артериальной гипертензией при хронической болезни почек // *Молодежь и наука*. 2019. № 2. С. 8–12.
7. Винникова С. В., Касаткина Е. В., Тараскин А. О. Диагностические исследования крови при хронической болезни почек кошек // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2020. № 1. С. 186–188.
8. Позябин С. В., Борхунова Е. Н., Перышкина Л. С. Сравнительная характеристика регенерации стенки мочевого пузыря у кроликов после цистотомии и цистоскопии // *Ветеринария*. 2020. № 6. С. 47–50.
9. Скосырских П. Н., Чиркова А. С. Применение телмисартана на доклинической стадии хронической болезни почек у кошек // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2021. № 3. С. 51–53.
10. Biasibetti E., Martello E., Bigliati M., Biasato I., Cocca T., Bruni N., Capucchio M. T. A long term feed supplementation based on phosphate binders in feline chronic kidney disease // *Veterinary Research Communications*. 2018. No. 42. Pp. 161–167.
11. Martello E., Perondi F., Bruni N., Bisanzio D., Meineri G., Lippi I. Chronic kidney disease and dietary supplementation: effects on inflammation and oxidative stress // *Veterinary Sciences*. 2021. No. 8 (11). Pp. 277–291.
12. Касаткина Ю. Д. Значение ультразвукового исследования для выявления почечной недостаточности у кошек // *Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 1 (34). С. 11–17.
13. Маркова М. В. Метод оценки ультразвуковых изменений почек у кошек при хронической болезни // *Каталог научных инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский ГАУ*. Омск. 2022. С. 21–22.
14. Позябин С. В., Филиппов Ю. И., Козлов Н. А., Стекольников А. А., Ватников Ю. А., Белогуров В. В., Качалин М. Д. *Общая ветеринарная хирургия*. Москва: КолосС, 2022. 752 с.
15. Xue Ch., Mei Ch. Polycystic kidney disease and renal fibrosis // *Renal Fibrosis: Mechanisms and Therapies*. 2019. Vol. 1165. Pp. 81–100.

**Об авторах:**

Анна Витальевна Гончарова<sup>1</sup>, доктор ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры ветеринарной хирургии, ORCID 0000-0002-2142-2507, AuthorID 658864; +7 909 672-99-88, [annatrukhan@mail.ru](mailto:annatrukhan@mail.ru)

Виктория Анатольевна Бычкова<sup>1</sup>, преподаватель кафедры ветеринарной хирургии, ORCID 0000-0002-3133-4519, AuthorID 1174877; +7 915 392-44-75, [victoria.vets@yandex.ru](mailto:victoria.vets@yandex.ru)

Владислав Алексеевич Костылев<sup>1</sup>, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной хирургии, ORCID 0000-0003-1405-4213, AuthorID 1092464; +7 916 377-96-98, [vkstylev@rambler.ru](mailto:vkstylev@rambler.ru)

<sup>1</sup>Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

## Ultrasonographic evaluation of the kidneys in cats with chronic nephropathies

A. V. Goncharova<sup>1</sup>✉, V. A. Bychkova<sup>1</sup>, V. A. Kostylev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

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

**Abstract.** The purpose of the study was to establish an ultrasonographic picture of the upper urinary system in cats with chronic kidney disease at different stages and their prognostic significance. **Research methods.** The study involved 40 cats of different sex, age and breed with an established diagnosis of chronic kidney disease from stage 1 to stage 4, 10 animals in each group. The staging of the stage was based on the concentration of the serum creatinine level. All animals underwent ultrasonographic examination of the urinary system on the ChisonQBit 11 apparatus with a high-frequency linear sensor in longitudinal and cross sections. The nature of structural changes in the kidneys as a result of ultrasonographic examination were correlated with the stage of the disease. **Scientific novelty.** Chronic kidney disease is one of the most common pathologies in cats older than 7 years. The disease is progressive, which proves the need for early detection and preparation of therapeutic and diagnostic measures to prolong and improve the life of the animal. Ultrasound diagnostics is included in the diagnostic plan, which allows to identify animals with structural changes in the kidneys, but is not decisive in the diagnosis and stage of chronic kidney disease in cats. **Results.** In cats at stage 1 of chronic kidney disease, ultrasound changes in the structure of the kidneys were absent in 60 % of cases, ultrasound signs of polycystic and hyperechogenic medullary rim (ring) were detected in 10 % of cases. In cats at stage 2, ultrasound changes of the kidneys were absent in 30 % of cases, signs of nephrolithiasis (concretions in the projection of the pelvis without signs of obstruction) were found in 20 % of cases, and signs of nephrosclerosis/hypoplasia unilaterally were found in 10 % of cases. At stage 3, diffuse kidney changes were detected in 100 % of cases, signs of nephrosclerosis/hypoplasia in 40 % of cases, nephrolithiasis in 20 %, polycystic disease in 10 % of cases. At stage 4, diffuse changes were present in 100 %, signs of nephrosclerosis/hypoplasia in 30 %, and nephrolithiasis in 10 % of cases. Thus, there are no specific signs that allow us to establish the stage of chronic kidney disease in cats according to the results of ultrasonographic examination.

**Keywords:** cats, ultrasound diagnostics, chronic kidney disease, diffuse kidney changes, focal kidney changes, nephropathies, nephrolithiasis, medulla rimsign, echogenicity, echosructure, doppler examination.

**For citation:** Goncharova A. V., Bychkova A. V., Kostylev V. A. Ul'trasonograficheskaya otsenka pochek u koshek s khronicheskimi nefropatiyami [Ultrasonographic characteristics of the kidneys of cats with chronic kidney disease at different stages] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 51–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-51-60. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 09.12.2022, **date of review:** 17.01.2023, **date of acceptance:** 03.02.2023.

### References

1. Kostylev V. A., Goncharova A. V. Klinicheskaya ostsilometricheskaya kharakteristika sistemnoy gipertenzii u koshek pri khronicheskoy bolezni pochek [Clinical oscillometric characteristics of systemic hypertension in cats with chronic kidney disease] // Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii Moskovskoy Veterinarnoy Akademii. Moscow, 2022. Pp. 102–103. (In Russian.)
2. Bychkova V. A., Goncharova A. V., Kostylev V. A. Ul'trasonograficheskaya kharakteristika pochek u koshek s razlichnymi zabelevaniyami [Ultrasonographic characteristics of the kidneys of cats with various diseases] // Sbornik nauchnykh trudov 11 mezhdunarodnoy mezhvuzovskoy konferentsii po klinicheskoy veterinarii v formate PURINA PARTNERS. Moscow, 2021. Pp. 341–346. (In Russian.)
3. De Santis F., Boari A., Dondi F., Emodoi Crisi P. Drug-dosing adjustment in dogs and cats with chronic kidney disease // *Animals*. 2022. No. 12 (3). C. 262–291.
4. Thanaboonnipat Ch., Sutayatram S., Buranakarl Ch., Choisunirachon N. Renal ultrasonographic strain elastography and symmetric dimethylarginine (SDMA) in canine and feline chronic kidney disease // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2020. No. 19. Pp. 1104–1112.

5. Ignatenko A. Yu., Zolotavina M. L. Biokhimicheskie issledovaniya syvorotki krovi koshek i sobak v diagnostike khronicheskoy bolezni pochek [Biochemical studies of blood serum of cats and dogs in the diagnosis of chronic kidney disease] // Eurasian Union of Scientists. 2019. No. 8-1 (65). Pp. 30–33. (In Russian.)
6. Berseneva O. V., Badov M. D. Otsenka funktsiy setchatki u koshek s arterial'noy gipertenziey pri khronicheskoy bolezni pochek [Assessment of retinal functions in cats with arterial hypertension in chronic kidney disease] // Youth and science. 2019. No. 2. Pp. 8–12. (In Russian.)
7. Vinnikova S. V., Kasatkina E. V., Taraskin A. O. Diagnosticheskie issledovaniya krovi pri khronicheskoy bolezni pochek koshek [Diagnostic blood tests in chronic kidney disease of cats] // Issues of regulatory and legal regulation in veterinary medicine // 2020. No. 1. Pp. 186–188. (In Russian.)
8. Pozyabin S. V., Borkhunova E. N., Peryshkina L. S. Sravnitel'naya kharakteristika regeneratsii stenki mochevogo puzyrya u krolikov posle tsistotomii i tsistoskopii [Comparative characteristics of regeneration of the bladder wall in rabbits after cystotomy and cystoscopy] // Veterinariya. 2020. No 6. Pp. 47–50. (In Russian.)
9. Skosyrskikh P. N., Chirkova A. S. Primenenie telmisartana na doklinicheskoy stadii khronicheskoy bolezni pochek u koshek [The use of telmisartan at the preclinical stage of chronic kidney disease in cats] // Issues of regulatory and legal regulation in veterinary medicine. 2021. No 3. Pp. 51–53. (In Russian.)
10. Biasibetti E., Martello E., Bigliati M., Biasato I., Cocca T., Bruni N., Capucchio M. T. A long term feed supplementation based on phosphate binders in feline chronic kidney disease // Veterinary Research Communications. 2018. No. 42. Pp. 161–167.
11. Martello E., Perondi F., Bruni N., Bisanzio D., Meineri G., Lippi I. Chronic kidney disease and dietary supplementation: effects on inflammation and oxidative stress // Veterinary Sciences. 2021. No. 8 (11). Pp. 277–291.
12. Kasatkina Yu. D. Znachenie ul'trazvukovogo issledovaniya dlya vyyavleniya pochechnoy nedostatochnosti u koshek [The importance of ultrasound examination for the detection of kidney failure in cats] // Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy. 2021. No. 1 (34). Pp. 11–17. (In Russian.)
13. Markova M. V. Metod otsenki ul'trazvukovykh izmeneniy pochek u koshek pri khronicheskoy bolezni [Method of evaluation of ultrasound changes of kidneys in cats with chronic disease] // Katalog nauchnykh innovatsionnykh razrabotok FGBOU VO Omskiy GAU. Omsk, 2022. Pp. 21–22. (In Russian.)
14. Pozyabin S. V., Filippov Yu. I., Kozlov N. A., Stekol'nikov A. A., Vatnikov Yu. A., Belogurov V. V., Kachalin M. D. Obshchaya veterinarnaya khirurgiya [General Veterinary Surgery]. Moscow: KolosS, 2022. 752 p. (In Russian.)
15. Xue Ch., Mei Ch. Polycystic kidney disease and renal fibrosis // Renal Fibrosis: Mechanisms and Therapies. 2019. Vol. 1165. Pp. 81–100.

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

Anna V. Goncharova<sup>1</sup>, doctor of veterinary sciences, associate professor of the department of surgery, ORCID 0000-0002-2142-2507, AuthorID 658864; +7 909 672-99-88, [annatrukhan@mail.ru](mailto:annatrukhan@mail.ru)

Viktoriya A. Bychkova<sup>1</sup>, preparator of the department of surgery, ORCID 0000-0002-3133-4519, AuthorID 1174877; +7 915 392-44-75, [victoria.vets@yandex.ru](mailto:victoria.vets@yandex.ru)

Vladislav A. Kostylev<sup>1</sup>, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of surgery, ORCID 0000-0003-1405-4213, AuthorID 1092464; +7 916 377-96-98, [vkstylev@rambler.ru](mailto:vkstylev@rambler.ru)

<sup>1</sup> Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

## Влияние новых кормовых добавок на продуктивность коров красной степной породы

И. Ф. Горлов<sup>✉</sup>, Н. И. Мосолова<sup>1</sup>, М. И. Сложенкина<sup>1</sup>, Н.А. Ткаченко<sup>1</sup>, В. С. Гришин<sup>1</sup>, Л. Ф. Обрушникова<sup>1</sup>, Р. У. Мусаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

<sup>2</sup> Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

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

**Аннотация.** В молочном скотоводстве рационы кормления напрямую влияют на общее состояние животных, показатели продуктивной и воспроизводительной способности, а также на уровень пищевой и биологической ценности получаемого сырья. Важнейшей задачей современного отечественного скотоводства является разработка сбалансированных рационов, обогащенных различными кормовыми добавками, в частности, пребиотической направленности. Введение различных пребиотиков в рацион коров-первотелок красной степной породы имеет важную практическую значимость. **Целью** настоящей работы является рассмотрение влияния кормовых пребиотических добавок «ЛактуВет» и «ЛактуСупер» на продуктивность коров-первотелок, а также на качественный и количественный состав полученного молока. **Методы.** Экспериментальное исследование проводилось на молочном комплексе «Племзавода-колхоза им. Ленина» Суrowsикинского района Волгоградской области. Для проведения опыта были сформированы две опытные группы и одна контрольная. Представителей контрольной группы кормили стандартным рационом, разработанным на комплексе для данного вида животных. Коров I опытной группы кормили стандартным рационом с введением кормовой добавки «ЛактуВет» в дозе 0,5 % от массы комбикорма. Для кормления II опытной группы применяли стандартный рацион с введением кормовой добавки «ЛактуСупер» – 0,5 % от массы потребляемого комбикорма. **Научная новизна** заключается в получении новых знаний о влиянии указанных пребиотических кормовых добавок на показатели продуктивности коров, а также на изменения физико-химического состава полученного молока. **Результаты.** Установлено, что использование новых пребиотических кормовых добавок в рационах коров-первотелок способствовало повышению количества полученного молока у животных I опытной группы на 5,59 %, у аналогов II группы – на 8,07 % по сравнению с контрольной группой. Введение кормовых добавок в рацион исследуемых коров благоприятно сказалось на качестве получаемого молока и его аминокислотном составе.

**Ключевые слова:** молочное скотоводство, продуктивность коров, лактационный период, рацион, кормовые добавки, пребиотики, ЛактуВет, ЛактуСупер.

**Для цитирования:** Горлов И. Ф., Мосолова, Н. И., Сложенкина М. И., Ткаченко Н.А., Гришин В. С., Обрушникова Л. Ф., Мусаев Р. У. Влияние новых кормовых добавок на продуктивность коров красной степной породы // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 61–69. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-61-69.

**Дата поступления статьи:** 27.02.2023, **дата рецензирования:** 13.03.2023, **дата принятия:** 23.03.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

За последние годы использование пребиотических кормовых добавок находит все более широкое применение в животноводстве. Такие добавки при системном использовании способны не только повышать количественные и качественные показатели продуктивной способности животных, но и активизировать формирование гемато-иммунологического статуса их организма. Это особенно важно при интенсивных технологиях эксплуатации коров. Поэтому обогащение рационов, предназначенных для

лактующих животных, особенно первотелок, дополнительно пребиотиками имеет большую практическую значимость [3–5].

Особую роль в организме продуктивных животных играют кормовые добавки, содержащиеся в своем составе дисахарид лактулозу, которая обладает стимулирующим воздействием на развитие полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. С нашим участием разработаны и изучены новые кормовые добавки пребиотической направленности «ЛактуВет» и «ЛактуСупер» [8–10].

Названные кормовые добавки представляют собой бифидогенные комплексы, которые были созданы специально для нормализации микрофлоры кишечника сельскохозяйственных животных и птиц, а также для улучшения процессов пищеварения. Добавки содержат в своем составе мощный пребиотик – лактулозу. Общеизвестно, что лактулоза положительно влияет на формирование качественного и количественного состава микробиома, повышение продуктивного действия кормов [6; 11].

«ЛактуВет», получаемый из молочной мелассы, содержит в своем составе до 98 % сухих веществ, в том числе лактулозу (14,3 %), лактозу (25,2 %), минеральные вещества (17,2 %), минозу (12,0 %), кальций (7,5 %), фосфор (6,4 %) и др. По внешнему виду добавка представляет собой порошок светложелтого цвета. Выпускается по ТУ 10.91.10-255-10514645-2020 в ООО НВЦ «Новые биотехнологии» (Волгоград).

«ЛактуСупер» (ТУ 10.91,10-269-10514645-2022) содержит в своем составе лактулозу (10,4 %), шрот из расторопши, глицин, аскорбиновую, яблочную, фолиевую и янтарную кислоты, а также витаминный препарат «Инновит Е 60».

Цель эксперимента заключается в исследовании воздействия новых пребиотических добавок («ЛактуВет» и «ЛактуСупер») на молочную производительность коров-первотелок, а также на изменения качественных и количественных характеристик получаемого молока.

**Методология и методы исследования (Methods)**

Научно-производственные опыты по изучению воздействия новых лактулозосодержащих кормовых добавок были проведены в Волгоградской области в условиях комплекса по производству молока «Племзавод им. Ленина».

Изучалось влияние добавок на коров-первотелок красной степной породы. Для этого сформировали три исследуемые группы по 10 голов.

Для коров-первотелок контрольной группы предусматривался стандартный рацион, утвержденный для данного вида животных на комплексе.

Для питания I опытной группы был предназначен стандартный рацион, который имел в своем составе кормовую добавку «ЛактуВет» в объеме 0,5 % от массы комбикорма. Питание II опытной группы имело тот же стандартный рацион, имеющий в своем составе 0,5 % (от массы комбикорма) добавки «ЛактуСупер».

Коров всех групп кормили данными рационами с момента растела до 90-го дня лактации. За этот период проводили изучение влияния добавок на динамику удоев, а также на изменения качественных показателей молока. Физико-химические свойства полученного молока определяли с помощью комплекса лабораторных методов. Изменение массовой доли жира контролировали по методике ГОСТ 5867-90. Показатели изменения белка определяли по ГОСТ 25179-2014. Основные аминокислоты молока были определены согласно методике капиллярного электрофореза. Анализ проводили на приборе Капель-105М [7; 12; 13].

Таблица 1  
**Фактический состав рационов, применяемых при опыте, кг**

Состав рациона, кг	Контрольная группа (стандартный рацион)	I опытная группа (стандартный рацион + «ЛактуВет»)	II опытная группа (стандартный рацион + «ЛактуСупер»)
Силос кукурузный	29,50	29,50	29,50
Сенаж злако-бобовый	14,00	14,00	14,00
Комбикорм КК-60 № 18	6,00	6,00	6,00
Сено люцерновое	2,60	2,60	2,60
«ЛактуВет»	–	0,003	–
«ЛактуСупер»	–	–	0,003

Table 1  
**Actual composition of rations used in the experiment, kg**

The composition of the diet, kg	Control group (standard ration)	I experimental group (standard ration + "LaktuVet")	II experimental group (standard ration + "LaktuSuper")
Corn silage	29.50	29.50	29.50
Cereal-bean haylage	14.00	14.00	14.00
Compound feed KK-60 №18	6.00	6.00	6.00
Alfalfa hay	2.60	2.60	2.60
"LaktuVet"	–	0.003	–
"LaktuSuper"	–	–	0.003



### Результаты (Results)

Для поддержания нормального функционирования организма животных необходима качественная кормовая база. Важным моментом в кормлении коров-первотелок является восполнение питательных веществ. Расход питательных веществ, помимо удовлетворения потребностей организма, связанных с лактацией, также увеличивается для обеспечения процессов их собственного роста и развития [1; 2; 14]. На комплексе «Племзавод им. Ленина» утвержденные рационы сбалансированы по всем основным элементам. Рационы, составленные для всех трех групп исследуемых коров, практически не отличались по питательности. Средний суточный объем рациона на одну корову составляет 52,1 кг. Фактический состав кормов, предназначенных для дойных коров-первотелок, представлен в таблице 1.

Структура рациона в пересчете на сухое вещество схематически приведена на рис. 1.

Рационы, предназначенные для кормления исследуемых коров, богаты питательными веществами и имеют высокую пищевую ценность (рис. 2).

Сравнив показатели рационов исследуемых групп с результатами в контрольной группе, определили, что показатель сырого протеина в рационе I опытной группы поднялся на 1,75 %, в рационе II опытной группы – на 2,63 %,

С потребляемыми кормами в организм животных попадают полезные минеральные вещества. Содержание основных макроэлементов, находящихся в рационах, представлено на рис. 3.

Массовая доля кальция и фосфора в рационах всех групп изменилась за счет введения комовых добавок. Исходя из данных рис. 3, можно понять, что обогащение рационов I и II опытных групп способствовало увеличению содержания кальция на 1,8 % и 2,2 % соответственно по отношению к контрольной группе.

Введение добавок также положительно повлияло на содержание фосфора в рационах. Если сравнивать с контрольной группой, в рационах I и II исследуемых групп этот показатель поднялся на 1,3 % и 1,7 % соответственно.

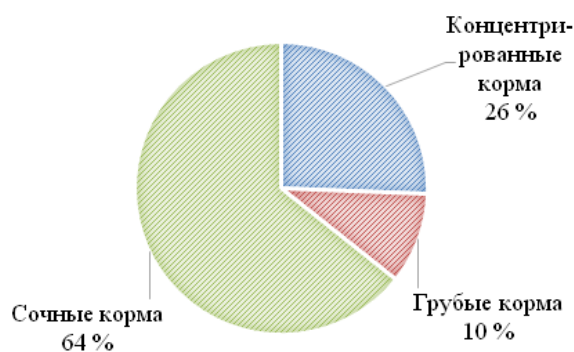


Рис. 1. Структура рациона в пересчете на сухое вещество, %

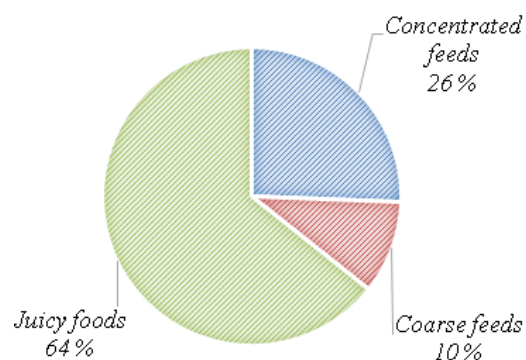


Fig. 1. Dry matter composition of the diet, %

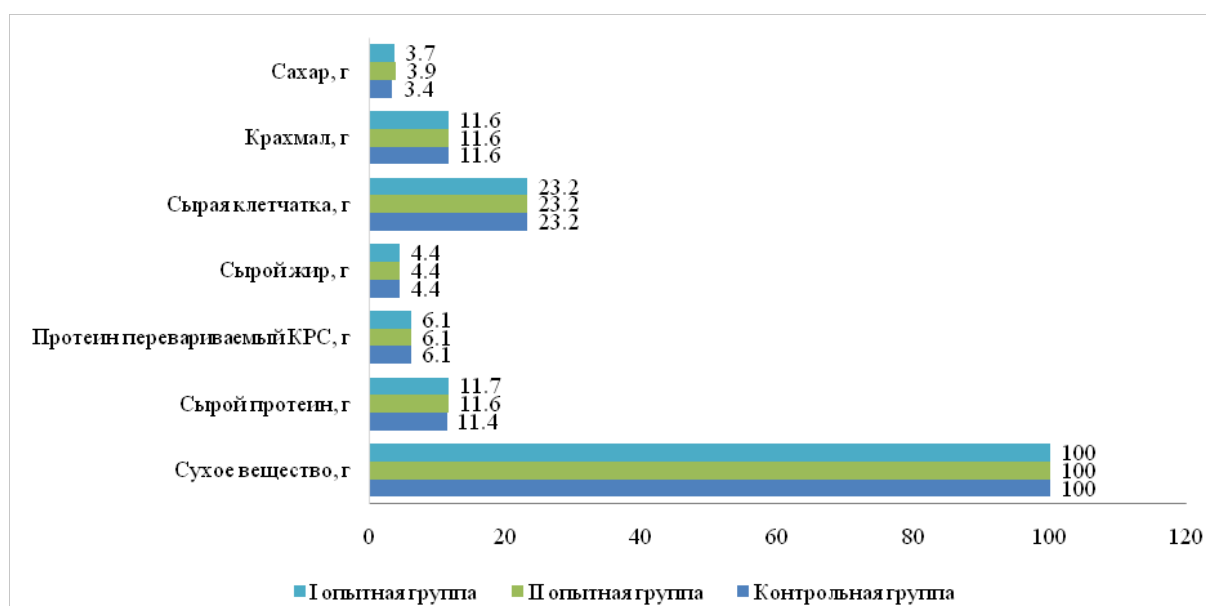


Рис. 2. Содержание питательных веществ в рационах, г

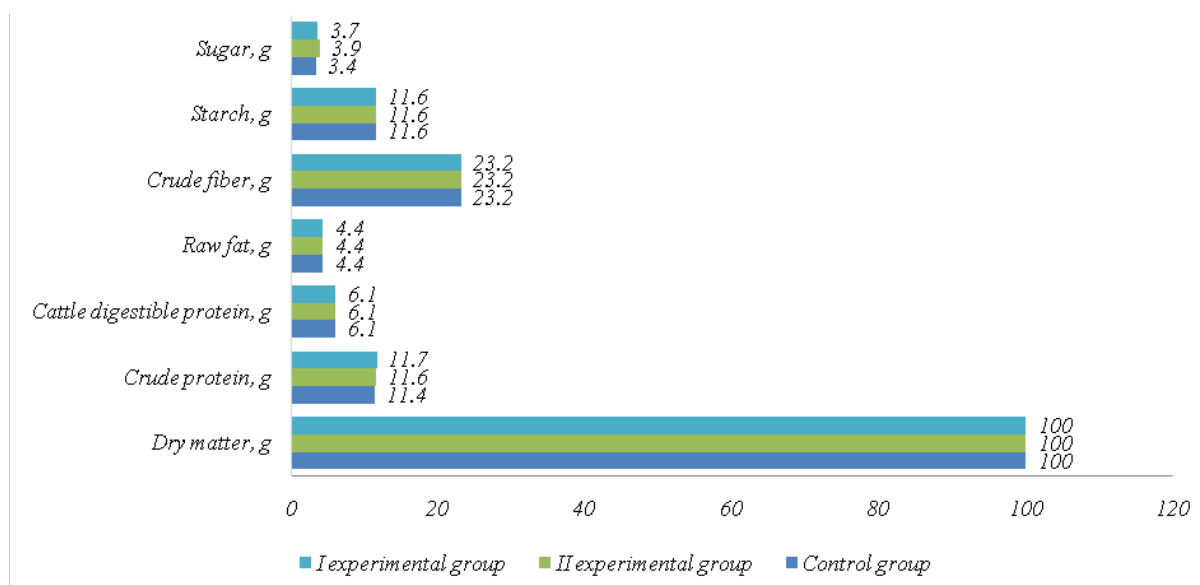


Fig. 2. Nutrient content in diets, g

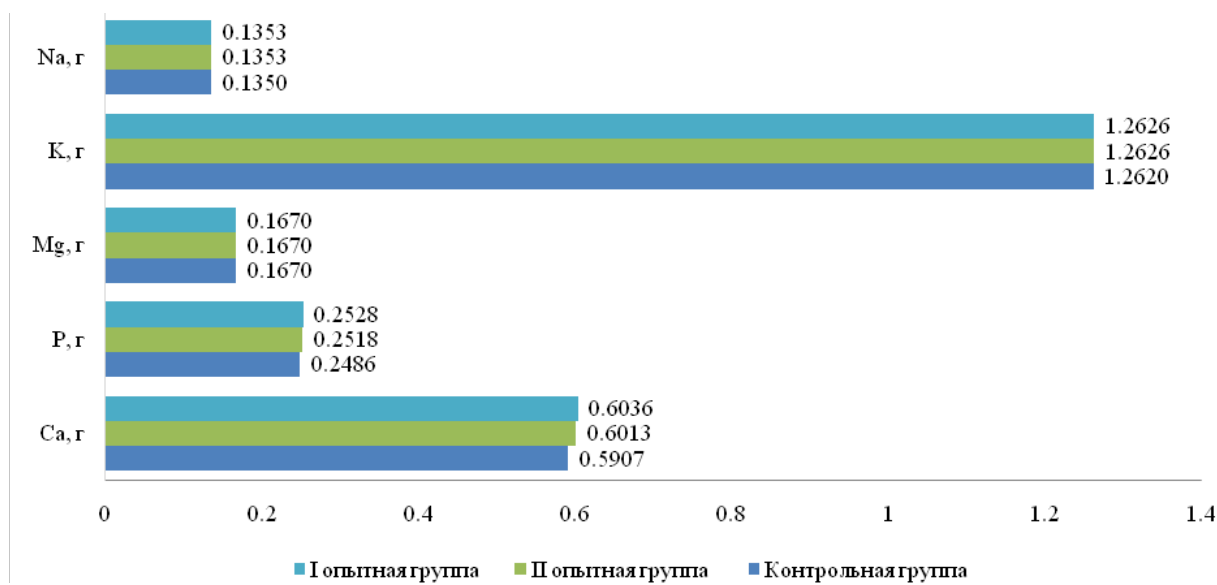


Рис. 3. Содержание в рационах основных макроэлементов, г

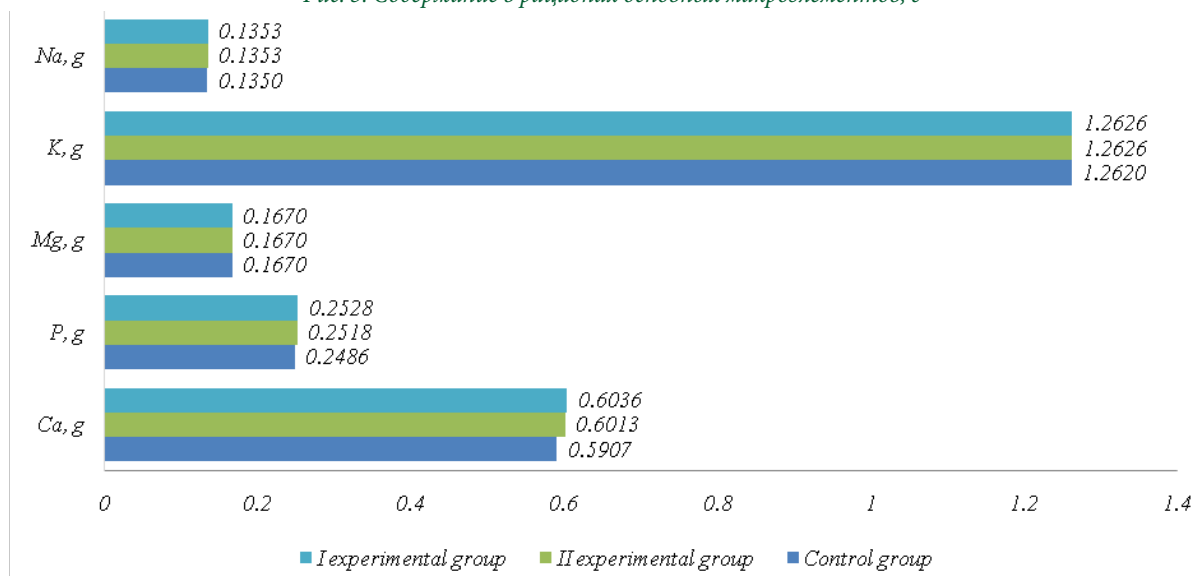


Fig. 3. Dietary content of major macronutrients, g

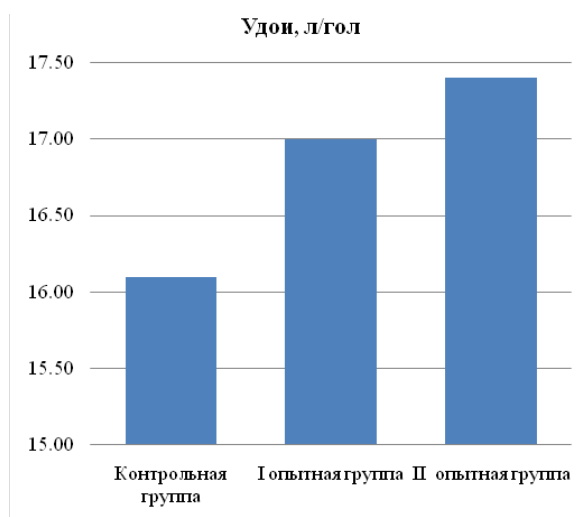


Рис. 4. Удои коров исследуемых групп, л/гол

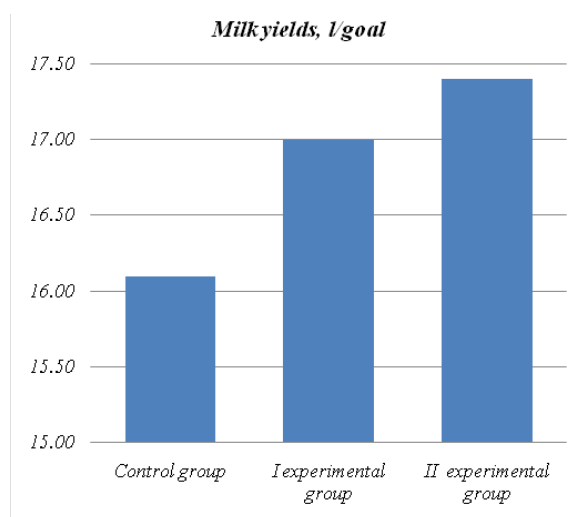


Fig. 4. Milk yields of cows in the study groups, l/head

Таблица 2  
Характеристика качественных показателей молока

Показатель качества	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
Массовая доля белка, %	2,99 ± 0,01	3,03 ± 0,01	3,04 ± 0,01
Массовая доля жира, %	3,76 ± 0,01	3,79 ± 0,02	3,80 ± 0,03
Лактоза, %	4,51 ± 0,02	4,68 ± 0,03	4,78 ± 0,03
СОМО, %	8,19 ± 0,03	8,51 ± 0,01	8,64 ± 0,03
Кислотность, °Т	17,10 ± 0,01	17,10 ± 0,01	17,11 ± 0,01

Table 2  
Characteristics of quality indicators of milk

Quality indicator	Control group	I experimental group	II experimental group
Mass fraction of protein, %	2.99 ± 0.01	3.03 ± 0.01	3.04 ± 0.01
Mass fraction of fat, %	3.76 ± 0.01	3.79 ± 0.02	3.80 ± 0.03
Lactose, %	4.51 ± 0.02	4.68 ± 0.03	4.78 ± 0.03
SMP, %	8.19 ± 0.03	8.51 ± 0.01	8.64 ± 0.03
Acidity, °T	17.10 ± 0.01	17.10 ± 0.01	17.11 ± 0.01

Повышение элементов в кормах обусловлено их высоким содержанием в кормовых добавках.

Введение кормовых добавок «ЛактуВет» и «ЛактуСупер» положительно сказалось на продуктивности коров-первотелок. Средняя величина удоев коров исследуемых групп за период первых 90 дней лактации представлена на рис. 4.

Сравнив между собой показатели продуктивности всех трех групп коров, можно сделать вывод, что удои коров I опытной группы поднялись на 5,6 %, II опытной группы – на 8,1 %.

Кормовые добавки «ЛактуВет» и «ЛактуСупер» не только положительно повлияли на лактацию коров, но и позволили улучшить качественные характеристики молока-сырья (таблица 2).

Согласно данным таблицы 2, массовая доля жира молока контрольной группы уступает количеству жира молока I опытной группы на 1,05 %, II группы – на 1,12 %. Установлено, что концентрация белка в молоке коров I группы составляет 3,03 %, что на 1,3 % выше аналогичного показателя контрольной группы, а содержание белка во II группе

составило 3,04 %, или на 1,67 % выше, чем в контрольной группе.

Биологическая ценность коровьего молока в первую очередь определяется содержанием аминокислот [15]. Для определения аминокислотного состава было исследовано молоко, полученное от всех трех групп коров-первотелок. Полученные данные приведены на рис. 5.

Введение добавок «ЛактуВет» и «ЛактуСупер» в рацион коров-первотелок положительно повлияло на аминокислотный состав молока. Анализируя данные рис. 5, можно утверждать, что уровень концентрации аминокислот молока, выработанного коровами двух опытных групп, превышает содержание в молоке коров контрольной группы.

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

При проведении опыта было отмечено положительное воздействие кормовых добавок «ЛактуВет» и «ЛактуСупер» на продуктивную способность коров и качественные показатели получаемого молока. Анализ эффективности добавок проводился в течение первых 90 дней лактации.

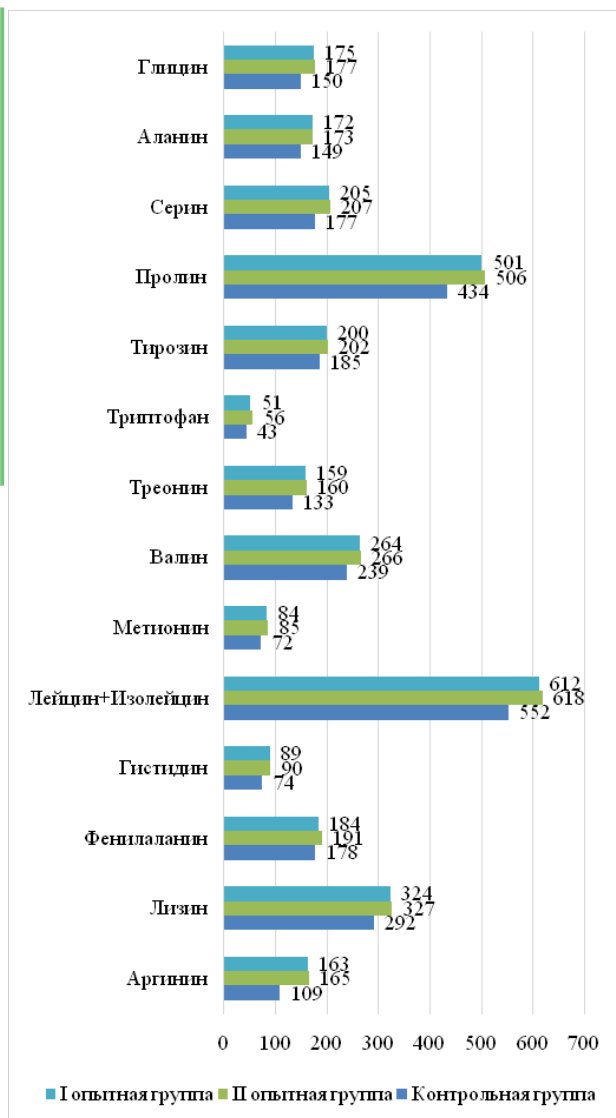


Рис. 5. Аминокислотный состав молока, мг%

Использование добавок позволило повысить производительность коров-первотелок. Удои I опытной группы увеличились на 5,59 %, а II опытной группы – на 8,07 % по сравнению с показателями контрольной группы.

Также положительное влияние кормовых добавок было установлено на качественные показатели получаемого молока. Сопоставив данные содержания жира в молоке контрольной и опытных групп, установили, что показатель в молоке коров I группы выше на 1,05 %, а показатель в молоке II группы – на 1,12 %,

#### Библиографический список

1. Подгорская С. В. Резервы повышения уровня технологического развития молочного животноводства // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 1-1 (31). С. 81–86.
2. Галсанова Б. С., Итыгилова Е. Ю., Ишигинов И. В. Перспективы развития молочного животноводства ДФО для обеспечения функционирования рынка сельскохозяйственной продукции // Вестник Академии знаний. 2022. № 53 (6). С. 62–64.
3. Никитин Е. А., Кирсанов В. В., Матвеев В. Ю. Сравнительный анализ систем приготовления кормовой смеси и их влияние на эффективность в молочном животноводстве // Вестник НГИЭИ. 2019. № 11 (102). С. 37–46.

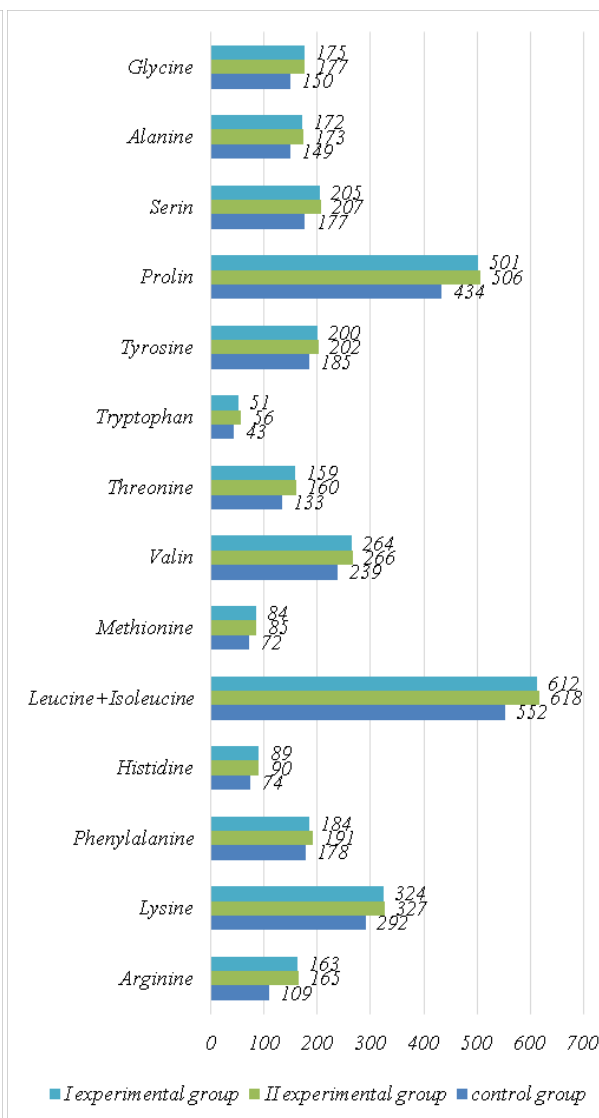


Fig. 5. Amino acid composition of milk, mg%

Количество белка в молоке в I опытной группе выросло на 1,33 %, а во II опытной группе – на 1,67 % по сравнению с показателем контрольной группы.

Также было отмечено, что введение новых добавок способствовало увеличению показателей состава аминокислот молока-сырья, которое получили от коров-первотелок опытных групп.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены по гранту РНФ 22-26-000138, ГНУ НИИММП.

4. Петрова О. Г. Разработка и освоение инноваций в российском молочном животноводстве // *Medicus*. 2021. № 3 (39). С. 8–14.
5. Смирнова Ю. М., Литонина А. С., Платонов А. В. Современные тенденции молочного животноводства: результаты эксперимента по применению биопрепаратов в кормлении животных. Вологда: ВолНЦ РАН, 2021. 131 с.
6. Ломов В. Н., Абилова Е. В. Состояние и перспективы развития молочного животноводства в фермерских хозяйствах // *АПК России*. 2019. Т. 26. № 3. С. 351–356.
7. Кондратьева О. В., Федоров А. Д., Слинько О. В. Отрасль молочного животноводства в цифрах // *Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством*. 2020. Т. 1. № 1 (1). С. 259–264. DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-259-264.
8. Храмов А. Г., Дыкало Н. Я., Школа С. С., Еремина А. И., Анисимов Г. С., Рудковский А. В. Лактувет – бифидогенная пищевая добавка будущего // *Аграрно-пищевые инновации*. 2022. № 1 (17). С. 17–29. DOI: 10.31208/2618-7353-2022-17-17-29.
9. Храмов А. Г., Еремина А. И., Школа С. С., Анисимов Г. С., Абилов Б. Т., Кулинцев В. В., Марынич А. П., Джафаров Н. М., Николаенко В. П., Дыкало Н. Я. Белково-углеводные кормовые добавки с лактулозой в рационах лактирующих коров // *Ветеринария*. 2021. № 3. С. 59–64. DOI: 10.30896/0042-4846.2021.24.3.59-62.
10. Храмов А. Г., Еремина А. И., Школа С. С., Дыкало Н. Я., Абилов Б. Т., Кулинцев В. В., Джафаров Н. М. О., Марынич А. П., Николаенко В. П. Повышение молочной продуктивности лактирующих коров // *Молочная промышленность*. 2022. № 3. С. 60–61. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-03-60-61.
11. Камышанов А. Факторы молочной продуктивности коров в условиях современного хозяйства // *Znanstvena Misel*. 2022. № 62 (62). С. 3–6.
12. Серегин И. Г., Абдуллаева А. М., Сатюкова Л. П., Козак Ю. А. Органолептическая оценка при ветсанэкспертизе сырья и продукции животного происхождения. Москва: Издательский дом «Научная библиотека», 2022. 212 с.
13. Papusha N. V., Bermagambetova N. N., Kubekova B. Zh., Smailova M. N. Chemical composition of cows' milk as an indicator of feeding value. *3i: Intellect, Idea, Innovation*. 2022. No. 2. Pp. 59–67. DOI: 10.52269/22266070\_2022\_2\_59.
14. Kislyakova E. M., Achkasova E. V., Vladykina E. L., Berezkina G. Y., Bass S. P., Azimova G. . Alternative sources of protein in the diets of highly productive cows // *Revista Electronica de Veterinaria*. 2022. Vol. 23. No. 2. Pp. 7–13.
15. Gorelik O. V., Galushina P. S., Knysh I. V., Bobkova E. Yu., Grigoryants I. A. Relationship between cow milk yield and milk quality indicators // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk, 2021. Article number 32013. DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032013.

#### Об авторах:

Иван Федорович Горлов<sup>1,2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, научный руководитель<sup>1</sup>; заведующий кафедрой «Технология пищевых производств»<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-8683-8159, AuthorID 581959; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Наталья Ивановна Мосолова<sup>1</sup>, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0001-6559-6595, AuthorID 388579; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Марина Ивановна Сложенкина<sup>1</sup>, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор, ORCID 0000-0001-9542-5893, AuthorID 438068; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Наталья Андреевна Ткаченко<sup>1</sup>, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2324-4222, AuthorID 1097939; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Владимир Сергеевич Гришин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник комплексной аналитической лаборатории, ORCID 0000-0003-2874-6800, AuthorID 711153; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Людмила Федоровна Обрушников<sup>1</sup>, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3767-2831; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Руслан Умаркадиевич Мусаев<sup>1</sup>, лаборант-исследователь, +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

<sup>1</sup> Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

<sup>2</sup> Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

## The effect of new feed additives on the productivity of red steppe cows

I. F. Gorlov<sup>1,2</sup>✉, N. I. Mosolova<sup>1</sup>, M. I. Slozhenkina<sup>1</sup>, N. A. Tkachenkova<sup>1</sup>, V. S. Grishin<sup>1</sup>,  
L. F. Obrushnikova<sup>1</sup>, R. U. Musaev<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

✉ E-mail: niimmp@mail.ru

**Abstract.** In dairy cattle breeding, feeding rations directly affect the general condition of animals, indicators of productive and reproductive capacity, as well as the level of nutritional and biological value of the raw materials obtained. The most important task of modern domestic cattle breeding is the development of balanced diets enriched with various feed additives, in particular, prebiotic orientation. The introduction of various prebiotics into the diet of first-calf heifers of the Red Steppe breed has an important practical significance. **The aim** of the work is to study the effect of new prebiotic feed additives “LaktuVet” and “LaktuSuper” on the productive ability of first-calf heifers, as well as on the qualitative and quantitative composition of the milk obtained. **Methods.** An experimental study was carried out at the dairy complex “Breeding farm – collective farm named after Lenin” of Surovinskiy district of the Volgograd region. During the experiment, it was planned to distinguish three groups of cows – the control and two experimental ones. The control group was fed with a standard diet approved at the complex. The experimental group I was fed with a standard diet with the introduction of the feed additive “LaktuVet” at a dose of 0.5 % by weight of the feed. For feeding the II experimental group, a standard diet was used with the introduction of the feed additive “LaktuSuper” 0.5 % of the mass of the consumed compound feed. **The scientific novelty** lies in obtaining new knowledge about the effect of new prebiotic feed additives on the productivity of cows, as well as changes in the physicochemical composition of the resulting milk. **Results.** It was found that the use of new prebiotic feed additives in the diets of first-calf cows contributed to an increase in the amount of milk received in animals of the I experimental group by 5.59 %, in analogues of the II group – by 8.07 % compared with the control group. The introduction of feed additives into the diet of the studied cows had a positive effect on the quality of the milk produced and its amino acid composition.

**Keywords:** dairy cattle breeding, productivity of cows, lactation period, LaktuVet, LaktuSuper, milk yield, diet, feed additives, prebiotics.

**For citation:** Gorlov I. F., Mosolova N. I., Slozhenkina M. I., Tkachenkova N. A., Grishin V. S., Obrushnikova L. F., Musaev R. U. Vliyaniye kormovykh dobavok na produktivnost' korov krasnoy stepnoy porody [Influence of feed additives on the productivity of red steppe cows] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 61–69. DOI:10.32417/1997-4868-2023-233-04-61-69. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 27.02.2023, **date of review:** 13.03.2023, **date of acceptance:** 23.03.2023.

### References

1. Podgorskaya S. V. Rezervy povysheniya urovnya tekhnologicheskogo razvitiya molochnogo zhivotnovodstva [Reserves for increasing the level of technological development of dairy farming] // Vestnik Don State Agrarian University. 2019. No. 1-1 (31). Pp. 81–86. (In Russian.)
2. Galsanova B. S., Itygilova E. Yu., Ishigenov I. V. Perspektivy razvitiya molochnogo zhivotnovodstva DFO dlya obespecheniya funktsionirovaniya rynka sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Prospects for the development of dairy farming in the Far Eastern Federal District to ensure the functioning of the agricultural market] // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2022. No. 53 (6). Pp. 62–64. (In Russian.)
3. Nikitin E. A., Kirsanov V. V., Matveev V. Yu. Sravnitel'nyy analiz sistem prigotovleniya kormovoy smesi i ikh vliyaniye na effektivnost' v molochnom zhivotnovodstve [Comparative analysis of feed mixture preparation systems and their impact on efficiency in dairy farming] // Bulletin of NGIEI. 2019. No. 11 (102). Pp. 37–46. (In Russian.)
4. Petrova O. G. Razrabotka i osvoenie innovatsiy v rossiyskom molochnom zhivotnovodstve [Development and development of innovations in Russian dairy farming] // Medicus. 2021. No. 3 (39). Pp. 8–14. (In Russian.)
5. Smirnova Yu. M., Litonina A. S., Platonov A. V. Sovremennye tendentsii molochnogo zhivotnovodstva: rezul'taty eksperimenta po primeneniyu biopreparatov v kormlenii zhivotnykh [Current trends in dairy farming: results of an experiment on the use of biopreparates in the feeding of animals]

the results of an experiment on the use of biological products in animal nutrition]. Vologda: VolNTs RAN, 2021. 131 p. (In Russian.)

6. Lomov V. N., Abilova E. V. Sostoyanie i perspektivy razvitiya molochnogo zhivotnovodstva v fermerskikh khozyaystvakh [Status and prospects for the development of dairy farming in farms] // Agro-Industrial complex of Russia. 2019. Vol. 26. No. 3. Pp. 351–356. (In Russian.)

7. Kondrat'yeva O. V., Fedorov A. D., Slinko O. V. Otrasl' molochnogo zhivotnovodstva v tsifrakh [Dairy farming industry in numbers] // Topical issues of the dairy industry, intersectoral technologies and quality management systems. 2020. Vol. 1. No. 1 (1). pp. 259–264. DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-259-264. (In Russian.)

8. Khramtsov A. G., Dykalo N. Ya., Shkola S. S., Eremina A. I., Anisimov G. S., Rudkovskiy A. V. Laktuvet – bifidogennaya pishchevaya dobavka budushchego [Laktuvet – bifidogenic food supplement of the future] // Agricultural and food innovations. 2022. No. 1 (17). Pp. 17–29. DOI: 10.31208/2618-7353-2022-17-17-29. (In Russian.)

9. Khramtsov A. G., Eremina A. I., Shkola S. S., Anisimov G. S., Abilov B. T., Kulintsev V. V., Marynich A. P., Dzhafarov N. M., Nikolaenko V. P., Dykalo N. Ya. Belkovo-uglevodnye kormovye dobavki s laktulozoy v ratsionakh laktiruyushchikh korov [Protein-carbohydrate feed additives with lactulose in the diets of lactating cows] // Veterinary. 2021. No. 3. Pp. 59–64. DOI: 10.30896/0042-4846.2021.24.3.59-62. (In Russian.)

10. Khramtsov A. G., Eremina A. I., Shkola S. S., Dykalo N. Ya., Abilov B. T., Kulintsev V. V., Dzhafarov N. M. O., Marynich A. P., Nikolaenko V. P. Povyshenie molochnoy produktivnosti laktiruyushchikh korov [Increasing the milk productivity of lactating cows] // Dairy industry. 2022. No. 3. Pp. 60–61. DOI: 10.31515/1019-8946-2022-03-60-61. (In Russian.)

11. Kamyshanov A. Faktory molochnoy produktivnosti korov v usloviyakh sovremennogo khozyaystva [Factors of dairy productivity of cows in a modern economy] // Znanstvena Misel. 2022. No. 62 (62). Pp. 3–6. (In Russian.)

12. Seregin I. G., Abdullaeva A. M., Satyukova L. P., Kozak Yu. A. Organolepticheskaya otsenka pri vetsaneks-pertize syr'ya i produktsii zhivotnogo proiskhozhdeniya [Organoleptic evaluation during veterinary sanitary examination of raw materials and products of animal origin]. Moscow: Izdatel'skiy dom "Nauchnaya biblioteka", 2022. 212 p. (In Russian.)

13. Papusha N. V., Bermagambetova N. N., Kubekova B. Zh., Smailova M. N. Chemical composition of cows' milk as an indicator of feeding value. 3i: Intellect, Idea, Innovation. 2022. No. 2. Pp. 59–67. DOI: 10.52269/22266070\_2022\_2\_59.

14. Kislyakova E. M., Achkasova E. V., Vladykina E. L., Berezkina G. Y., Bass S. P., Azimova G. . Alternative sources of protein in the diets of highly productive cows // Revista Electronica de Veterinaria. 2022. Vol. 23. No. 2. Pp. 7–13.

15. Gorelik O. V., Galushina P. S., Knysh I. V., Bobkova E. Yu., Grigoryants I. A. Relationship between cow milk yield and milk quality indicators // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. Article number 32013. DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032013.

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

Ivan F. Gorlov<sup>1,2</sup>, doctor of agricultural sciences, academician of the Russian Academy of Sciences, scientific supervisor<sup>1</sup>, head of the department of food production technology, ORCID 0000-0002-8683-8159, AuthorID 581959; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Natalya I. Mosolova<sup>1</sup>, doctor of biological sciences, chief researcher, ORCID 0000-0001-6559-6595, AuthorID 388579; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Marina I. Slozhenkina<sup>1</sup>, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, doctor of biological sciences, director, ORCID 0000-0001-9542-5893, AuthorID 438068; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Natalia A. Tkachenkova<sup>1</sup>, researcher, ORCID 0000-0002-2324-4222, AuthorID 1097939; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Vladimir S. Grishin<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher, integrated analytical laboratory; ORCID 0000-0003-2874-6800, AuthorID 711153; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Lyudmila F. Obrushnikova<sup>1</sup>, junior research, ORCID 0000-0003-3767-2831; +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

Ruslan U. Musaev<sup>1</sup>, research laboratory assistant, +7 (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09, [niimmp@mail.ru](mailto:niimmp@mail.ru)

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

<sup>2</sup> Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

## Биоэнергетическая оценка производства семян баклажан

А. В. Гулин<sup>1</sup>, О. П. Кигашпаева<sup>1</sup>✉, В. А. Мачулкина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук, Камызяк, Россия

✉ E-mail: vniioob@mail.ru

**Аннотация.** Цель работы – определение биоэнергетической эффективности производства семян баклажан в зависимости от сорта. **Методика исследований.** При проведении данной работы учтены расходы на живой труд от выращивания рассады до получения готового продукта; на электроэнергию; энергозатраты сельскохозяйственных агрегатов и транспорта. Использовали плоды баклажана сортов селекции ВНИИООб – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» Пантера, Астраком, Черный цилиндр, Матросик в сравнении с контрольным сортом Альбатрос. Работа по выращиванию проводилась по технологии, общепринятой для Астраханской области. **Результаты исследований.** По результатам работы можно сделать вывод: наибольший выход семян отмечен у сорта Матросик – 712,4 кг/га, что выше контроля в 1,1 раза; у других сортов он ниже контроля на 199,0–281,2 кг/га. Общая энергетическая эффективность урожая варьировала от 100 083,45 МДж/га (сорт Пантера) до 144 335,23 МДж/га (сорт Альбатрос), другие сорта занимали промежуточное положение. Затраты совокупной энергии урожая составляли от 32 836,2 МДж/га до 51 312,1 МДж/га при коэффициенте энергетической эффективности 2,8–3,0 единицы. Коэффициент энергетической эффективности получения семян при полном цикле работ составил 1,42–1,67 единицы. **Научная новизна.** Впервые проведена биоэнергетическая оценка производства семян баклажана селекции ВНИИООб, выявлены минимальные затраты в зависимости от сорта, что актуально для обеспечения сельхозпроизводителей чистосортными семенами высокого качества отечественного производства. Определено, что биоэнергетическая технология выращивания, уборки и выделения семян – это правильно подобранные сорта с высокой стандартной урожайностью и хорошим выходом семян.

**Ключевые слова:** баклажан, сорт, семена, коэффициент энергетической эффективности, общая энергия урожая, совокупная энергия затрат.

**Для цитирования:** Гулин. А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А. Биоэнергетическая оценка производства семян баклажан // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 70–78. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-70-78.

**Дата поступления статьи:** 08.02.2023, **дата рецензирования:** 27.02.2023, **дата принятия:** 13.03.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Астраханская область, являясь крупнейшим поставщиком сельскохозяйственной продукции на юге России, имеет серьезные перспективы по дальнейшему увеличению объемов ее производства. Развитие отечественного производства элитных высококачественных семян с постоянным контролем их получения позволит отечественным семеноводческим компаниям полностью удовлетворить потребности как крупных товаропроизводителей, так и частного сектора в конкурентоспособных семенах отечественного происхождения, выведенных российскими селекционерами. Одним из факторов развития отечественно семеноводства является большой выбор отечественных сортов, отвечающих

требованиям рынка, которые по своим хозяйственно ценным признакам не уступают импортным. Стимулирование семеноводческих хозяйств повысит обеспечение семенами высокого качества отечественных потребителей. В структуре посевных площадей около 60 % занимают овоще-бахчевые культуры и картофель. Поэтому одной из важнейших составляющих получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и является качество высеваемых семян. Как известно, в начале 2000-х годов востребованность в семенах сельскохозяйственных культур с высокими посевными качествами привела к тому, что отечественные семена были вытеснены гибридами и сортами зарубежной селекции, хотя их стоимость на порядок выше от-



ественных, что отражается на себестоимости продукции [1–3]. Для обеспечения страны качественными семенами отечественной селекции в государственную программу Астраханской области включены мероприятия, направленные на создание новых высокоурожайных сортов и получение семян высшей категории [4–6]. Известно, что российские семеноводческие компании были практически полностью вытеснены зарубежными. Поэтому развитие отечественного производства элитных высококачественных семян с постоянным контролем их получения позволит полностью удовлетворить потребности как крупных товаропроизводителей, так и частный сектор в конкурентоспособных семенах отечественного происхождения, выведенных российскими селекционерами не уступающие по своим хозяйственно ценным признакам импортным.

Одним из факторов развития отечественного семеноводства является большой выбор отечественных сортов, отвечающих требованиям рынка.

Существующие меры государственной поддержки федерального уровня хотя и предусматривают компенсацию части затрат на приобретение семян высшей категории (элита), но условия мало приемлемы для астраханских аграриев. Поэтому для решения этого вопроса в государственную программу включены мероприятия, направленные на достижение высоких урожаев сельскохозяйственных культур и повышение качества высеваемых семян.

Для решения проблемы обеспечения семенами отечественной селекции в рамках Государственной программы предусмотрено создание семеноводческих центров на базе научных аграрных институтов и перспективных растениеводческих хозяйств.

Известно, что уровень развития сельского хозяйства определяет экономическую независимость и продовольственную безопасность страны, ее способность удовлетворять потребность населения в продуктах питания, а без выведения новых сортов и получения семян высокого качества это трудно выполнимая задача [7]. Одной из широко культивируемых овощных культур является баклажан – однолетнее растение семейства пасленовых. Культивируемые в России баклажаны относятся к виду *Solanum melangena* L. Он включает четыре культурных подвида и ряд диких форм, которые локализованы в Индии. Как считают исследователи, колебания основного химического состава плодов во многом зависят от сортовых особенностей, места произрастания и ряда других внешних факторов. В России баклажаны стали выращиваться в XVII–XVIII веках, а в настоящее время на промышленной основе возделываются в Краснодарском, Ставропольском краях, Нижнем Поволжье, Ростовской и других южных областях в открытом грунте, а в более северных областях – в защищенном грунте. Плоды баклажан со-

держат сухого вещества от 6 % до 13,5 %, сумма сахаров колеблется от 2,2 % до 4,6 %, количество пектина варьируется в пределах 0,5–0,7 %, количество аскорбиновой кислоты в зависимости от сорта – от 1,5 до 19,0 мг/%. Кроме того, они содержат белки, калий, витамины С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, РР и могут быть рекомендованы при лечении атеросклероза и анемии. Отрицательным свойством баклажан является наличие солонина в плодах, который придает им горечь. Наибольшее количество его находится в фазе биологической зрелости. Горький вкус баклажан приобретает при концентрации солонина 1:3000. В плодах, не обладающих горьким вкусом, этого вещества содержится от 1,2 до 2,5 мг на 100 г. Астраханскими селекционерами была поставлена задача создать сорта нового типа, не обладающие горьким вкусом, адаптированные к местным условиям выращивания. В результате проведенной кропотливой работы селекционерами института ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» были выведены сорта Пантера, Астраком (Астраханская комета), Матросик, Черный цилиндр, Альбатрос [8].

Как отмечает ряд ученых, важнейшие направления в селекции баклажана – повышение урожайности, раннеспелости, технологических качеств. Для расширения обеспечения производителей растениеводческой продукции необходимым количеством семян нужно знать выход семян с 1 т плодов. По литературным источникам, это от 4 до 8 % с урожаем семян от 500 до 250 кг с 1 га [9; 10].

Улучшение качества семян, подбор сортов для каждой зоны возделывания данной культуры является одной из важнейших экономических задач на современном этапе развития семеноводства. Но известно, что выведение новых сортов с высокими технологическими качествами и дальнейшее их размножение – это довольно сложная совокупность процессов. Любая ошибка в этом цикле снижает чистосортность семян, что, соответственно, снижает их качество, экономическую эффективность и дальнейшую реализацию.

Актуальными вопросами являются получение семян, соответствующих сорту и высокого качества, которое невозможно без действенного контроля на всех этапах их производства; изучение биоэнергетических затрат и окупаемости выращивания баклажан с дальнейшим получением семян. При определении биоэнергетической эффективности, как отмечает ряд авторов, необходимо учитывать все затраты. Это затраты труда, средств на производство продукции, капиталовложения, доставка продукции к местам переработки [11; 12].

Экономическая эффективность получения семян – это уровень производительности труда при максимальном получении семян с 1 т продукции при минимальных затратах и средств на производство единицы семян [13].

Таблица 1  
Выход семян с одного гектара

Сорт	Урожайность с 1 га, т	Процентный выход семян, % с 1 т	Общий выход семян с 1 га, кг
Альбатрос (контроль)	69,8	9,3	649,0
Пантера	48,4	7,6	367,8
Астраком	60,1	6,6	396,7
Черный цилиндр	63,4	7,1	450,0
Матросик	68,5	10,4	712,4

Table 1  
Seed yield per hectare

Variety	Yield from 1 ha, t	Percentage yield of seeds, % from 1 t	Total yield of seeds from 1 ha, kg
<i>Al'batros (control)</i>	69.8	9.3	649.0
<i>Pantera</i>	48.4	7.6	367.8
<i>Astrakom</i>	60.1	6.6	396.7
<i>Chernyy tsilindr</i>	63.4	7.1	450.0
<i>Matrosik</i>	68.5	10.4	712.4

Таблица 2  
Общая биоэнергетическая энергия урожая

Сорт	Урожай с 1 га, кг	Выход семян с 1 га, кг	Общая энергия урожая, МДж/га	Общая энергия семян, МДж/га	% отношения семян к общему урожаю
Альбатрос (контроль)	69 800	649,0	144 335,23	1 342,03	0,93
Пантера	48 400	367,8	100 083,45	757,4	0,76
Астраком	60 100	396,7	124 277,20	820,31	0,66
Черный цилиндр	63 400	450,0	131 101,05	930,53	0,71
Матросик	68 500	712,4	141 647,04	1 473,13	1,04

Table 2  
Total bioenergetic energy of the crop

Variety	Yield from 1 ha, kg	Seed yield from 1 ha, kg	Total energy of the crop, MJ/ha	Total seed energy, MJ/ha	% of the ratio of seeds to the total yield
<i>Al'batros (control)</i>	69 800	649.0	144 335.23	1 342.03	0.93
<i>Pantera</i>	48 400	367.8	100 083.45	757.4	0.76
<i>Astrakom</i>	60 100	396.7	124 277.20	820.31	0.66
<i>Chernyy tsilindr</i>	63 400	450.0	131 101.05	930.53	0.71
<i>Matrosik</i>	68 500	712.4	141 647.04	1 473.13	1.04

Цель работы – определение биоэнергетической эффективности получения семян баклажан в зависимости от сорта.

Задача – получение чистосортных семян высокого качества с минимальными затратами, низкой себестоимостью и высокой рентабельностью.

Впервые проводилась биоэнергетическая оценка производства семян баклажана селекции ВНИ-ИООБ, определены минимальные затраты в зависимости от сорта, что актуально для обеспечения сельхозпроизводителей чистосортными семенами высокого качества отечественного производства и определено, что биоэнергетическая технология выращивания, уборки и выделения семян – это правильно подобранные сорта с высокой стандартной урожайностью и хорошим выходом семян.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства выведен ряд сортов баклажан, различающихся формой, размером, массой и окраской плодов. Для определения биоэнергетической эффективности были взяты пять сортов, семена которых пользуются наибольшим спросом у покупателя: Пантера, Астраком, Черный цилиндр, Матросик и Альбатрос (контроль), выращенных в расадной культуре [18].

Опыты проводились в Камызякском районе, Астраханской области, который расположен в южной дельтовой части региона. Климат данного района является резко континентальным и по степени засушливости ненамного уступает среднеазиатским пустыням.

Таблица 3

## Энергозатраты при выращивании и выделении семян перца сладкого, МДж

Сорт	Затраты на орудия труда	Затраты на горючее	Затраты труда	Затраты электроэнергии	Затраты совокупной энергии
Альбатрос (контроль)	4 383,6	31 268,3	13 771,2	1 389,0	51 312,1
Пантера	3 665,9	20 560,4	7 856,3	753,6	32 836,2
Астраком	4 374,3	26 831,6	10 641,2	1 123,3	42 969,8
Черный цилиндр	4 687,7	29 380,3	11 583,3	1 286,7	46 938,0
Матросик	4 793,6	30 657,8	12 981,6	1 312,3	49 745,7

Economy

Table 3

## Energy consumption in the cultivation and isolation of sweet pepper seeds, MJ

Variety	The cost of tools	Fuel costs	Labor costs	Electricity costs	Total energy costs
<i>Al'batros (control)</i>	4 383.6	31 268.3	13 771.2	1 389.0	51 312.1
<i>Pantera</i>	3 665.9	20 560.4	7 856.3	753.6	32 836.2
<i>Astrakom</i>	4 374.3	26 831.6	10 641.2	1 123.3	42 969.8
<i>Chernyy tsilindr</i>	4 687.7	29 380.3	11 583.3	1 286.7	46 938.0
<i>Matrosik</i>	4 793.6	30 657.8	12 981.6	1 312.3	49 745.7

Таблица 4

## Коэффициент энергетической эффективности выращивания урожая

Сорт	Энергия, затраченная на урожай, МДж/га	Совокупная энергия, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, единиц
Альбатрос (контроль)	144 335,23	51 312,1	2,8
Пантера	100 083,45	32 836,2	3,0
Астраком	124 277,20	42 969,8	2,9
Черный цилиндр	131 101,05	46 938,0	2,8
Матросик	141 647,04	49 745,7	2,8

Table 4

## The coefficient of energy efficiency of crop cultivation

Variety	Energy spent on the harvest, MJ/ha	Total energy, MJ/ha	Energy efficiency coefficient, units
<i>Al'batros (control)</i>	144 335.23	51 312.1	2.8
<i>Pantera</i>	100 083.45	32 836.2	3.0
<i>Astrakom</i>	124 277.20	42 969.8	2.9
<i>Chernyy tsilindr</i>	131 101.05	46 938.0	2.8
<i>Matrosik</i>	141 647.04	49 745.7	2.8

Период выращивания баклажан характеризуется сухим жарким летом при достижении температуры воздуха до 40 °С и более с недостаточным количеством атмосферных осадков (200–250 мм в год). Поэтому незначительное количество осадков в сочетании с высокими температурами и большой испаряемостью влаги определяют сухость воздуха и почвы в области.

Сорт Астраком – среднераннего срока созревания, от массовых всходов до начала созревания 98–110 дней. Высота растения составляет 60–80 см. Плод цилиндрической формы длиной 20–24 см, диаметром 4–6 см, массой 150–200 г. Окраска плода в технической спелости черная. Обладает хорошими кулинарными качествами и длительной сохраняемостью в свежем виде. Устойчив к фузариозному

увяданию, не накапливает горечи, используется также для приготовления жареных кружочков в масле, для сушки. Урожайность составляет 3–6 кг с растения. Схема посадки: 70 × 35, 90 × 30 и 140 × 25 см [19; 20].

Сорт Матросик – среднеспелый. Растение полураскидистое, высотой 63–75 см. Окраска плода в технической спелости полосатая. Мякоть белоснежная, без горечи. Масса плода – 250–400 г. Содержание сухого вещества – 9,1 %, сахаров – 2,8 % аскорбиновой кислоты – 2,6 мг%. Отличительные признаки: высокая урожайность, товарность и сохранность плодов, оригинальный внешний вид, не требует вымачивания в солевом растворе (т. к. не содержит соланин).

Таблица 5

## Коэффициент эффективности выделения семян

Сорт	Энергия семян, МДж/га	Совокупная энергия, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, единиц
Альбатрос (контроль)	1 342,03	943,1	1,42
Пантера	757,9	453,3	1,67
Астраком	820,31	521,6	1,57
Черный цилиндр	930,53	591,3	1,59
Матросик	1 473,13	996,7	1,47

Table 5

## Efficiency coefficient of seed extraction

Variety	Energy seeds, MJ/ha	Total energy, MJ/ha	Energy efficiency coefficient, units
<i>Al'batros (control)</i>	<i>1 342.03</i>	<i>943.1</i>	<i>1.42</i>
<i>Pantera</i>	<i>757.9</i>	<i>453.3</i>	<i>1.67</i>
<i>Astrakom</i>	<i>820.31</i>	<i>521.6</i>	<i>1.57</i>
<i>Chernyy tsilindr</i>	<i>930.53</i>	<i>591.3</i>	<i>1.59</i>
<i>Matrosik</i>	<i>1 473.13</i>	<i>996.7</i>	<i>1.47</i>

Сорт Альбатрос – среднеспелый. Окраска плода сине-фиолетовая до черной. Мякоть белоснежная, без горечи. Куст высотой 40–50 см, масса плода – 250–300 г, урожайность – 3–6 кг с одного растения. Благодаря отличным вкусовым качествам и снежно-белой мякоти плода употребляется не только для приготовления икры, но и в консервировании, мариновании, солении, в т. ч. кубиков баклажана. Сорт устойчив к болезням увядания. Схема посадки: 70 × 35 и 90 × 30 см, 140 × 20 см [19; 20].

Сорт Пантера – среднеспелый. Плод длиной 17–20 см красивого черного окраса, диаметром 6–8 см, куст высотой до 60–80 см. С одного куста можно получать до 6–7 кг плодов. Особенность сорта – возможность приготовления безопасного пищевого продукта в любой фазе зрелости без вымачивания (плоды без горечи, т. к. не содержат соланин). В отличие от традиционных сортов пригоден для изготовления наиболее высококачественного диетического продукта – имеет очень нежную мякоть белоснежного цвета. Схема посадки: 90 × 30 и 140 × 20.

Сорт Черный цилиндр – среднеспелый. Растение мощное, высокорослое (100–120 см). Плоды крупные, цилиндрической формы, длиной 22–30 см, диаметром 5–7 см. Средний вес плода – 200–270 г. Окраска в технической спелости черная. Мякоть зеленоватая. Урожайность высокая (5–7 кг с растения). Плоды хорошо сохраняются на растении и транспортируются, используются для приготовления сое, икры, консервирования и маринования, а также любой другой кулинарной продукции. Имеет длительный период плодоношения – до самых заморозков.

На опытном участке баклажаны выращивали на поле, оборудованном закрытым дренажом. Почвы опытного участка аллювиально-луговые, сформированные в дельте реки Волги на суглинистых аллювиально-луговых отложениях, подстилаемых

на глубине 0,5–1,3 м песком с супесями. Наименьшая влагоемкость в слое почвы 0–0,3 м составляет 27,9 %. Содержание гумуса в слое почвы 0–0,2 м колебалось от 1,8 до 4,1 мг/кг, подвижного фосфора – 28–45 мг/кг, обменного калия – 250–400 мг/кг. Работа по выращиванию проводилась по общепринятой технологии для Астраханской области.

При расчете биоэнергетической эффективности учитывали урожайность изучаемых сортов и выход семян, а также энергетический эквивалент и с его помощью рассчитывали затраты, производимые при выращивании баклажан и дальнейшем выделении семян. Энергозатраты сельскохозяйственных агрегатов и транспорта рассчитывали по энергии израсходованного топлива, которая определялась по теплоте сгорания. Затраты на человека, принимавшего участие при подготовке участка к посадке, выращивании рассады, ее посадке и уходе, а также сборе урожая и выделении семян с доведением до нужной кондиции, рассчитывали по степени тяжести работы [18].

В соответствии с критерием ФАО были приняты следующие энергетические эквиваленты: очень легкая работа – 2,5 ккал/мин, легкая – 2,6–5,0 ккал/мин, средняя – 5,1–7,5 ккал/мин, тяжелая – 7,6–10,0 ккал/мин, очень тяжелая – 10,1–12,5 ккал/мин, погрузка и разгрузка вручную – 2,6 ккал/мин [14–16].

Помимо суммарных затрат, рассчитывали затраты энергии живого труда при начислении отпусков, Госстраховании. Количество человеко-часов рассчитывали исходя из количества обслуживающего персонала, затраченного времени, умножая на энергетический коэффициент работников в соответствии с категорией работы. Энергетический эквивалент для шоферов – 60,3 МДж/чел. ч, электромонтеров обслуживающих оборудование – 61,0 МДж/чел. ч, для работников ручного труда – 33,3 МДж/чел. ч [17].

Основными затратами ручного труда были подготовка теплиц к посеву, посев, уход за рассадой, высадка рассады в поле с дальнейшим уходом, апробация посадок, уборка урожая, промывка семян с дальнейшей сушкой, очисткой и затариванием.

### Результаты (Results)

Энергетическая оценка изучаемой технологии (в нашем случае – выращивание баклажан с дальнейшим выделением семян) основывалась на показателе коэффициента энергетической эффективности. Если он выше единицы, то данная технология производства считается эффективной. Для расчета эффективности получения семян необходимо знать их выход с 1 га. Из показателей таблицы 1 видно, что урожайность у всех сортов была разная, и ни один сорт по урожайности не превышал контроль. Наиболее низкая урожайность была у сорта Пантера и составляла 48,4 т/га, что меньше контроля в 1,4 раза. Наиболее приближенным к контролю был сорт Матросик с урожайностью 68,5 т/га. При выделении семян их количество варьировало от 367,8 кг/га до 712,4 кг/га. По количеству получаемых семян с 1 т урожая выделялся сорт Матросик, процентный выход его составил 10,4 % при общем получении семян с 1 га 712,4 кг, что превышает контроль в 1,1 раза. Другие сорта занимали промежуточное положение (таблица 1).

Зная урожайность баклажан с 1 га и выход семян, мы учитывали совокупную энергию урожая и процент затраченной энергии на выделение семян. По данным видно, что накопление совокупной энергии, как у плодов, так и у семян во многом зависит от урожайности и количества полученных семян. Наибольшая совокупная энергия в семенах была у сорта Матросик и составляла 1473,13 МДж/га, что выше контроля в 1,1 раза. Это объясняется большей обсемененностью плодов этого сорта, в результате чего и выход семян выше (таблица 2).

От урожайности зависела не только общая энергия, затраченная на вызревание плодов и семян, но и совокупная энергия на их выращивание, уборку и дальнейшее выделение семян. Затраты на орудия труда – это тракторы, сельскохозяйственная техника, транспорт, применяемый при подготовке участка, доставке рассады и готовой продукции к местам назначения. Согласно полученным данным, наименьшие затраты по сравнению с другими сортами были у сорта Пантера, так как из-за более низкого урожая количество необходимого транспорта для перевозки продукции снижалось. А с увеличением урожая потребность в транспорте увеличивалась. Такая же закономерность была отмечена и при других видах работ. Затраты совокупной энергии ко-

лебались от 32 836,2 МДж/га до 51 312,1 МДж/га. Зная затраты совокупной энергии и затраты энергии на урожай, определяем эффективность данной работы (таблица 3).

Как следует из таблицы 4, коэффициент выращивания и выделение семян независимо от сорта был достаточно высоким и варьировал от 2,8 до 3,0 единиц, что указывает на эффективность технологии.

Зная общую энергию семян и затраченную энергию на их выделение, сушку, упаковку и транспортировку к местам хранения, мы определили энергетическую эффективность непосредственно этой работы.

Из таблицы 5 видно, что энергетическая зависимость зависела не только от количества семян, но и времени, потраченного на их выделение. Несмотря на то что у сорта Пантера из-за урожайности была низкая общая энергия семян, коэффициент эффективности несколько выше по сравнению с другими и составил 1,67 против 1,42–1,59 единицы у других.

Разный коэффициент энергетической эффективности можно объяснить малой тратой электроэнергии на выделение семян у сорта Пантера и дальнейшим увеличением затрат на выделение семян других сортов, при этом коэффициент энергетической эффективности хотя и снижался, но был выше единицы.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенная работа является актуальной, вносит значимый вклад в развитие теоретической и прикладной науки в рамках Государственной программы решения проблемы обеспечения сельхозпроизводителей семенами отечественной селекции высокого качества: впервые была проведена биоэнергетическая оценка производства семян баклажана селекции ВНИИООБ, выявлены минимальные затраты в зависимости от сорта. Определено, что биоэнергетическая технология выращивания, уборки и выделение семян – это правильно подобранные сорта с высокой стандартной урожайностью и хорошим выходом семян. Представленные результаты показали, что выращивание баклажан на семена является довольно эффективной работой. Согласно данным, наибольшее количество семян было получено от сорта Матросик: при урожайности 68,5 т/га количество семян составило 712,4 кг/га, что выше контроля в 1,1 раза. Другие сорта не превысили контроль и варьировали от 367,8 до 450,0 кг с 1 га. Коэффициент энергетической эффективности при полном цикле работ – от подготовки участка до выделение семян и их сушки – варьировал от 2,8 до 3,0, что больше единицы.

### Библиографический список

1. Сельское хозяйство Астраханской области [Электронный ресурс] // Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». URL: [www.ab-centre.ru](http://www.ab-centre.ru) (дата обращения: 02.02.2022).

2. Солдатенко А. В., Пивоваров В. Ф., Разин О. А. Экономика овощеводства: состояние и современность // Овощи России. 2018. № 5. С. 63–68. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-63-68.
3. Кигашпаева О. П., Джабраилова В. Ю., Лаврова Л. П. Инновации в селекции овощных и бахчевых культур // Новые элементы в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в аридной зоне юга России: сборник научных трудов. Астрахань, 2019. С. 71–74.
4. Солдатенко А. В., Разин А. Ф., Пивоваров В. Ф., Шатилов М. В., Иванова М. И., Россинская О. В., Разин О. А. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. С. 9–15. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-2-9-15.
5. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю., Джабраилова В. Ю. Актуальные сорта баклажан // Орошаемое земледелие. 2017. № 4. С. 9–10.
6. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю., Джабраилова В. Ю. Использование доноров ценных признаков при создании новых сортов баклажан // Бюллетень науки и практики. 2019. № 3. С. 150–153.
7. Шабетя О. Н., Мозговская А. В. Сортовое разнообразие баклажан // Овощи и фрукты. 2017. № 3. С. 34–37.
8. Огнев В. В. Исходный материал и перспективы селекции баклажана на юге России // Картофель и овощи. 2020. № 1. С. 3–8.
9. Абасова Ю. Д., Соломенцев П. В. Изучение видового разнообразия болезней при выращивании баклажана и томата в условиях защищенного грунта // Наука сегодня: факты, тенденции, прогнозы. Вологда, 2020. С. 20–21.
10. Пронько Н. А., Голик К. С., Бороздина Е. И. Технология выращивания баклажан при капельном орошении на черноземе южном саратовского правобережья // Материалы V Международной научно-технической конференции. Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики. Саратов, 2016. С. 117–121.
11. Володин В. М. Методика ресурсоэкономической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. Курск: Юмекс, 1999. 48 с.
12. Вафина Э. Ф., Сутыгин П. Ф. Энергетическая оценка эффективности приемов технологий возделывания полевых культур. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. 64 с.
13. Соловьева О. А., Лихоманова М. А. Энергетическая оценка режимов орошения при возделывании овощных культур в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2018. № 3 (51). С. 172–178.
14. Несмиян А. Ю. Технология и средства механизации сельскохозяйственного производства: учебное пособие. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт Донского ГАУ. 2017. 132 с.
15. Медико-физиологическая классификация работ по тяжести. Москва: НИИ труда, 1974. 15 с.
16. Ксенз М. В., Джум Т. А. Биохимический состав баклажанов, как исходного сырья для использования в кулинарной практике предприятий питания // Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию кафедры технологии, хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ. Краснодар, 2019. С. 406–411.
17. Цугленок Н. В. Существующие методы биоэнергетической оценки сельскохозяйственных технологий // Вопросы науки и образования, 2019. № 21 (68). С. 35–45.
18. Matskevich V., Filipova L., Karpuk L., Titarenko V. Biotechnological methods of paulownia nursery and selection // The scientific heritage. 2022. Vol. 2. DOI: 10.24412/9215-0365-2022-83-2-3-10.
19. Chaves-Silva S., dos Santos A. L., Chalfun-Junior A. et al. Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants – tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables // Phytochemistry. 2018. Vol. 153. Pp. 11–27. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.013.
20. Liu Y., Tikunov Y., Schoten R. E. (2018) Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanism in Solanaceous vegetables: a review // Frontiers in Chemistry. 2018. Vol. 6. Article number 52. DOI: 10.3389/fcem.2018.00052.

#### Об авторах:

Александр Владимирович Гулин<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-6000-5311, AuthorID 1078730; +7 (85145) 9-59-07, [vniio@mail.ru](mailto:vniio@mail.ru)

Ольга Петровна Кигашпаева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4578-6177, AuthorID 639602; +7 (85145) 9-59-07, [vniio@mail.ru](mailto:vniio@mail.ru)

Вера Александровна Мачулкина<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-9051-6371, AuthorID 610551; +7 (85145) 9-59-07, [vniio@mail.ru](mailto:vniio@mail.ru)

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук, Камызяк, Россия

## Bioenergetic assessment of eggplant seed Production

A. V. Gulin<sup>1</sup>, O. P. Kigashpaeva<sup>1✉</sup>, V. A. Machulkina<sup>1</sup>

All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing – a branch of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, Russia

✉E-mail: vniioob@mail.ru

**Abstract.** The aim of work is to determine the bioenergy efficiency of eggplant seed production depending on the variety. **Research methodology.** In conducting this work we consider the costs: for live labor from growing seedlings to obtaining the finished product; for electricity; energy costs agricultural units and transport. The fruits of eggplant varieties of VNIIOOB – branch of FGBNU “PAFSC RAS” Panthera, Astrakom, Black cylinder, Matrosik in compare with the control variety Albatross were used. The work on cultivation was carried out according to technology generally accepted for Astrakhan region. **Research results.** The results of the work can be concluded: the highest yield of seeds was noted in the variety Matrosik 712.4 kg/ha, which is 1.1 times higher than the control; in other varieties it is lower than the control by 199.0-281.2 kg/ha. The yield energy efficiency ranged from 100 083.45 MJ/ha (variety Panthera) to 144335.23 MJ/ha (variety Albatross), other varieties occupied an intermediate position. Total yield energy inputs ranged from 32 836.2 MJ/ha to 51 312.1 MJ/ha, with an energy efficiency coefficient of 2.8–3.0 units. The energy efficiency coefficient of seed production at was 1.42–1.67 units. **Scientific novelty.** For the first time the bioenergetic estimation of eggplant seeds produced by the VNIIOOB, the minimum costs depending on the variety were found that is important for providing the agricultural producers with pure sort seeds of high quality produced in our country. It determined that bioenergetic technology of growing, harvesting and separating seeds are properly selected varieties with high standard yields and good seed yields.

**Keywords:** eggplant, variety, seeds, energy efficiency coefficient, total energy of the crop, total energy costs.

**For citation:** Gulin A. V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A. Bioenergeticheskaya otsenka proizvodstva semyan baklazhan [Bioenergetic assessment of eggplant seed production] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 70–78. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-70-78. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 08.02.2023, **date of review:** 27.02.2023, **date of acceptance:** 13.03.2023.

### References

1. Sel'skoe khozyaystvo Astrakhanskoj oblasti [Agriculture of the Astrakhan region] [e-resource] // Ekspertno-analiticheskiy tsentr agrobiznesa “AB-Tsentr”. URL: www.ab-centre.ru (date of reference: 02.02.2022). (In Russian.)
2. Soldatenko A. V., Pivovarov V. F., Razin O. A. Ekonomika ovoshchevodstva: sostoyanie i sovremennost' [Economy of vegetable growing: state and modernity] // Vegetables of Russia. 2018. No. 5. Pp. 63–68. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-63-68. (In Russian.)
3. Kigashpaeva O. P., Dzhabrailova V. Yu., Lavrova L. P. Innovatsii v selektsii ovoshchnykh i bakhchevykh kul'tur [Innovations in the selection of vegetable and melon crops] // Noveye elementy v tekhnologii vozdelevaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v aridnoy zone yuga Rossii: sbornik nauchnykh trudov. Astrakhan', 2019. Pp. 71–74. (In Russian.)
4. Soldatenko A. V., Razin A. F., Pivovarov V. F., Shatilov M. V., Ivanova M. I., Rossinskaya O. V., Razin O. A. Ovoshchi v sisteme obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Vegetables in the Russian food security system] // Vegetables of Russia. 2019. No. 2. Pp. 9–15. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-2-9-15. (In Russian.)
5. Kigashpaeva O. P., Avdeev A. Yu. Noveye sorta baklazhan dlya konservirovaniya [New varieties of eggplant for canning] // Potatoes and vegetables. 2016. No. 7. Pp. 35–36. (In Russian.)
6. Kigashpaeva O. P., Avdeev A. Yu., Dzhabrailova V. Yu. Ispol'zovanie donorov tsennykh priznakov pri sozdanii novykh sortov baklazhan [Use of donors of valuable traits in the creation of new varieties of eggplant] // Bulletin of Science and Practice. 2019. No. 3. Pp. 150–153. (In Russian.)
7. Shabetya O. N., Mozgovskaya A. V. Sortovoe raznoobrazie baklazhan [Varietal variety of eggplant] // Ovoshchi i frukty. 2017. No. 3. Pp. 34–37. (In Russian.)
8. Ognev V. V. Iskhodnyy material i perspektivy selektsii baklazhana na yuge Rossii [Source material and prospects of eggplant breeding in the South of Russia] // Potatoes and vegetables. 2020. No. 1. Pp. 3–8. (In Russian.)
9. Abasova Yu. D., Solomentsev P. V. Izuchenie vidovogo raznoobraziya bolezney pri vyrashchivaniy baklazhana i tomata v usloviyakh zashchishchennogo grunta [The study of the species diversity of diseases in the cultivation

of eggplant and tomato in protected ground conditions] // *Nauka segodnya: fakty, tendentsii, prognozy*, Vologda, 2020. Pp. 20–21. (In Russian.)

10. Pron'ko N. A., Golik K. S., Borozdina E. I. Tekhnologiya vyrashchivaniya baklazhan pri kapel'nom oroshenii na chernozeme yuzhnom saratovskogo pravoberezh'ya [technology of eggplant cultivation with drip irrigation on the chernozem of the southern Saratov right bank] // *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Landshaftnaya arkhitektura i prirodoobustroystvo: ot proekta do ekonomiki*. Saratov, 2016. Pp. 117–121. (In Russian.)

11. Volodin V. M. Metodika resursoekonomicheskoy otsenki effektivnosti zemledeliya na bioenergeticheskoy osnove [Methodology of resource-economic assessment of the efficiency of agriculture on a bioenergy basis]. Kursk, Yumeks, 1999. 48 p. (In Russian.)

12. Vafina E. F., Sutygin P. F. Energeticheskaya otsenka effektivnosti priemov tekhnologiy vozdeleyvaniya polevykh kul'tur [Energy assessment of the effectiveness of techniques of technology of cultivation of field crops]. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKhA, 2016. 64 p. (In Russian.)

13. Solov'eva O. A., Likhomanova M. A. Energeticheskaya otsenka rezhimov orosheniya pri vozdeleyvanii ovoshchnykh kul'tur v usloviyakh Volgogradskoy oblasti [Energy assessment of irrigation regimes in the cultivation of vegetable crops in the conditions of the Volgograd region] // *News of the Agricultural University complex in the Lower Volga region*. 2018. No. 3 (51). Pp. 172–178. (In Russian.)

14. Nesmiyan A. Yu. Tehnologiya i sredstva mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: uchebnoe posobie [Technology and means of mechanization of agricultural production: textbook] Zernograd: Azovo-Chernomorskiy inzhenernyy institut Donskogo GAU, 2017. 132 p. (In Russian.)

15. Mediko-fiziologicheskaya klassifikatsiya rabot po tyazhesti [Medical and physiological classification of work by severity]. Moscow: NII truda, 1974. 15 p. (In Russian.)

16. Ksenz M. V., Dzhum T. A. Biokhimicheskiy sostav baklazhanov kak ishodnogo syr'ya dlya ispol'zovaniya v kulinarnoy praktike predpriyatij pitaniya [Biochemical composition of eggplant as a raw material for use in the culinary practice of catering establishments] // *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 15-letiyu kafedry tekhnologii, khraneniya i pererabotki zhivotnovodcheskoy produktsii Kubanskogo GAU*. Krasnodar, 2019. Pp. 406–411. (In Russian.)

17. Tsuglenok N. V. Sushchestvuyushchie metody bioenergeticheskoy otsenki sel'skokhozyaystvennykh tekhnologiy [Existing methods of bioenergy assessment of agricultural technologies] // *Questions of science and education*. 2019. No. 21 (68). Pp. 35–45. (In Russian.)

18. Matskevich V., Filipova L., Karpuk L., Titarenko V. Biotechnological methods of paulownia nursery and selection // *The scientific heritage*. 2022. Vol. 2. DOI: 10.24412/9215-0365-2022-83-2-3-10.

19. Chaves-Silva S., dos Santos A. L., Chalfun-Junior A. et al. Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants – tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables // *Phytochemistry*. 2018. Vol. 153. Pp. 11–27. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.013.

20. Liu Y., Tikunov Y., Schoten R. E. (2018) Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanism in Solanaceous vegetables: a review // *Frontiers in Chemistry*. 2018. Vol. 6. Article number 52. DOI: 10.3389/fcem.2018.00052.

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

Aleksandr V. Gulin, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-6000-5311, AuthorID 1078730; +7 (85145) 9-59-07, [vniob@mail.ru](mailto:vniob@mail.ru)

Olga P. Kigashpaeva, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-4578-6177, AuthorID 639602; +7 (85145) 9-59-07, [vniob@mail.ru](mailto:vniob@mail.ru)

Vera A. Machulkina, doctor of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-9051-6371, AuthorID 610551; +7 (85145) 9-59-07, [vniob@mail.ru](mailto:vniob@mail.ru)

<sup>1</sup> All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing – a branch of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, Russia



# Теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации сельского хозяйства России: базовые понятия и этапы

М. С. Петухова<sup>1✉</sup>, О. В. Агафонова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

✉E-mail: petuhova\_ms@nsau.edu.ru

**Аннотация.** Цель исследования заключается в попытке сформировать теоретико-методологическую базу (фундамент) для цифровой трансформации сельского хозяйства России. В данном исследовании проведена начальная часть работы по формулированию понятийной базы цифровой трансформации. Статья носит теоретический характер. **Методологической базой** исследования выступили процессный и системный подходы. **Научная новизна** заключается в теоретико-методологическом обосновании цифровой трансформации сельского хозяйства России. **Результаты.** Выявлено, что скачкообразный и стихийный характер проводимой в России политики цифровой трансформации отрасли, обусловленный внедрением отдельных цифровых технологий (преимущественно с наименьшим сроком окупаемости) является ключевой проблемой низкого уровня цифровизации сельскохозяйственного производства страны. Для решения данной проблемы предложен комплексный и системный подход, подразумевающий охват всех этапов цифровой трансформации: от спецификации (постановка целей и задач цифровой трансформации) до принятия решений на основе цифровых данных и изменений в бизнес-процессах в рамках единой цифровой экосистемы. На основе этого подхода должен быть разработан теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации в сельском хозяйстве, на котором будут базироваться все разрабатываемые в области цифровой трансформации документы нормативно-правового, стратегического и прогнозного характера. Показано, что теоретико-методологический фундамент включает в себя такие элементы как базовые понятия, этапы, принципы, показатели и методику оценки. Последний элемент крайне важен для поэтапного развития цифровой трансформации, так как с его помощью должна осуществляться оценка уровня выполнения каждого этапа. Полное выполнение предыдущего этапа позволит перейти к следующему.

**Ключевые слова:** оцифровка, цифровизация, цифровая трансформация, сельское хозяйство, интегральная оценка, цифровая экосистема.

**Для цитирования:** Петухова М. С., Агафонова О. В. Теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации сельского хозяйства России: базовые понятия и этапы // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 79–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-79-89.

**Дата поступления статьи:** 17.01.2023, **дата рецензирования:** 15.02.2023, **дата принятия:** 27.02.2023.

## Постановка проблемы (Introduction)

Как показывают исследования [1], российское сельское хозяйство приближается к своему пределу экстенсивного расширения производства, в связи с чем для сохранения конкурентных позиций отечественной сельскохозяйственной продукции на мировых рынках необходимо увеличение производительности труда и сокращение себестоимости продукции. Одновременное достижение этих двух целей возможно при внедрении цифровых технологий в отрасль и ее цифровой трансформации. Цифровые технологии позволяют сократить себестоимость продукции на 20–30 % и увеличить производительность труда в 2 раза. Несмотря на эффективность технологий, цифровой трансформа-

ции сельского хозяйства России препятствует проблема отсутствия комплексного понимания ее сути, а также ее методологических основ. В связи с этим цифровая трансформация отрасли осуществляется стихийно и скачкообразно [2].

В большинстве случаев, в частности в статистике, цифровым считается хозяйство, которое использует только один ее элемент: компьютерное зрение, систему параллельного вождения и др. Однако решения в этом хозяйстве принимаются, как и прежде, без участия искусственного интеллекта, и цифровые технологии в таком случае не способны в полной мере раскрыть свой потенциал и помочь увеличить эффективность производства. И аналогичная ситуация наблюдается во многих сельхозор-

ганизациях России. В итоге вложенные в цифровые технологии средства не окупаются.

Аналогичная проблема возникает при оценке уровня цифровой трансформации. В настоящее время в России для оценки используются следующие показатели: затраты на внедрение и использование цифровых технологий; количество организаций, использующих цифровые технологии. Однако эти показатели не отражают в полной мере даже уровень цифровизации отрасли, не говоря уже об уровне цифровой трансформации. Таким образом, необходимо построение теоретико-методологического фундамента для цифровой трансформации сельского хозяйства России.

**Методология и методы исследования (Methods)**

В основе исследования находятся процессный подход, определяющий цифровую трансформацию в сельском хозяйстве как совокупность взаимосвя-

занных бизнес-процессов, а также системный подход, рассматривающий цифровую трансформацию как систему. Методологической базой исследования выступила совокупность общенаучных и частнонаучных методов, среди которых монографический метод, описание и классификация, анализ и синтез и другие методы.

**Результаты (Results)**

Теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации в сельском хозяйстве – это совокупность методов, инструментов и принципов, составляющих основу цифровой трансформации в отрасли, с помощью которых появляется возможность для дальнейшей разработки стратегических и нормативно-правовых документов с целью обеспечения комплексной цифровой трансформации сельскохозяйственного производства России (рис. 1).

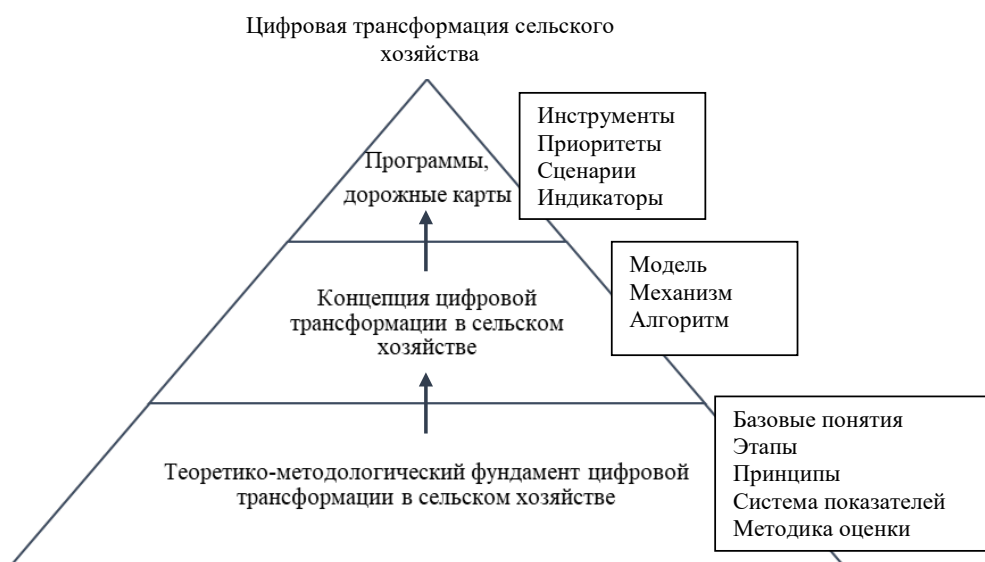


Рис. 1. Место теоретико-методологического фундамента в процессе цифровой трансформации отрасли

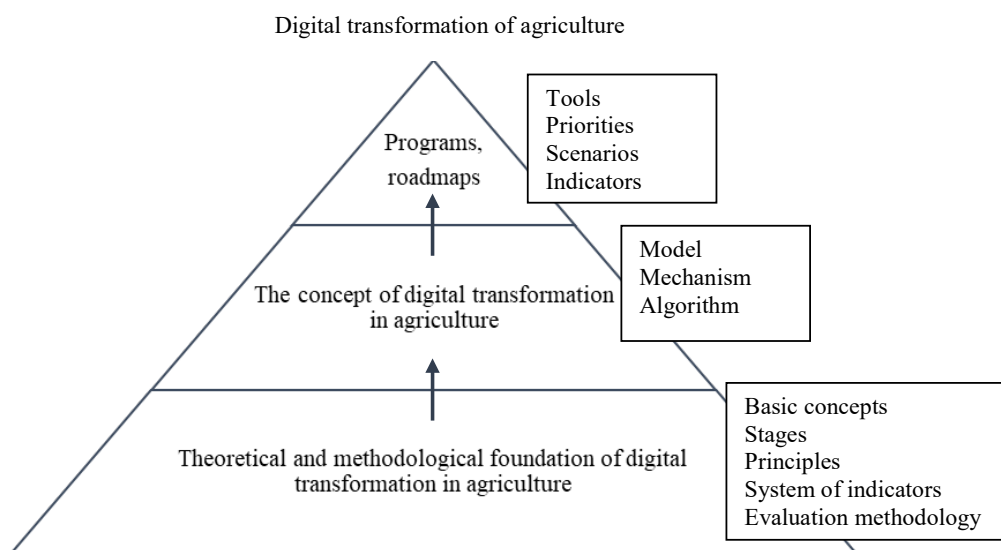


Fig. 1. The place of the theoretical and methodological foundation in the process of digital transformation of the industry

Ключевыми элементами теоретико-методологического фундамента цифровой трансформации отрасли выступают базовые понятия, этапы, принципы, система показателей и методика оценки. Определение вышеперечисленного позволит перейти к разработке концепции, содержащей в себе модель, алгоритм и механизм цифровой трансформации, а на ее основе – и к созданию программ, дорожных карт и других документов нормативно-правового, прогнозного и стратегического характера.

В данном исследовании мы остановимся на попытке построить теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации в сельском хозяйстве.

Решению вопросов внедрения современных цифровых технологий в отрасль сельского хозяйства в последние годы посвящено достаточно много трудов [3–10]. Это научно-исследовательские работы российских и зарубежных ученых, посвященные теоретическим и методическим аспектам использования цифровых технологий в агропромышленном комплексе. Помимо этого, разработан проект Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Цифровое сельское хозяйство», необходимый для внедрения национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством и обеспечения технологического прорыва в отрасли; и различные проекты, такие как «Рейтинг цифровой зрелости АПК», инициаторами которого выступили хозяйства, лидеры аграрной отрасли России, где одной из их главных задач является комплексная оценка уровня цифровизации по категориям хозяйств, субъектам РФ, категориям цифровых решений, что, безусловно, говорит об актуальности поднятых нами научных задач. Однако до сих пор в нашей стране отсутствует комплексная и единая концепция цифровой трансформации сельского хозяйства. В результате эффективность внедряемых цифровых решений остается довольно низкой, обеспечивая рост рентабельности производства на 5–10 %, в то время как потенциал цифровых технологий позволяет ее увеличить до 40 %.

Многие авторы также говорят о необходимости комплексного подхода к цифровой трансформации. Например, В. М. Шуганов отмечает, что «обеспечение комплексного подхода для развития современного аграрного производства, основанного на использовании менеджмента в сфере АПК, применении технологий постоянного мониторинга за культурами, измерения различных показателей и оперативного реагирования, будет способствовать значительному увеличению объемов и качества сельскохозяйственной продукции» [8].

Среди зарубежных исследований интерес вызывает статья E. D. Lioutas и M. De Rosa под названием Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma? В ней представлены

опасения о том, что цифровизация сельского хозяйства может привести к усилению социальных, этических, политических, культурных и экологических проблем, а также указано на необходимость разработки новых траекторий для цифровой сельскохозяйственной революции, которые обеспечат увеличение производства продовольствия без серьезных негативных последствий [11]. В статье J. Ingram и D. Maue в качестве трех столпов цифрового сельского хозяйства выделены робототехника, датчики и платформы анализа больших данных [12]. J. MacPherson с соавторами указали, что цифровые технологии способны обеспечить устойчивое сельское хозяйство в будущем. Кроме того, авторами отмечено, что законодательство в том виде, в каком оно применяется к цифровому сельскому хозяйству, появляется, но сильно фрагментировано [13].

В России среди научного сообщества также активно обсуждается внедрение и использование современных технологий цифровизации сельского хозяйства, проводится анализ цифрового развития, исследуются перспективы цифрового прорыва. Есть научные результаты в области цифровой трансформации и растениеводства, и животноводства. Например, Н. В. Погребная и др. под цифровой трансформацией сельского хозяйства понимают изменения с применением цифровых технологий и их интеграцией во все сферы сельского хозяйства. В качестве основных показателей для оценки уровня цифровой трансформации отрасли предложены доля покрытия различными технологиями связи земель сельхозназначения; количество (объем) сельхозпродукции, проданной на электронных площадках; доля предприятий АПК, использующих технологии интернета вещей, точного земледелия, «цифрового стада», «умных теплиц» [6]. В. В. Годин с коллегами считают, что цифровые технологии предоставляют новые возможности для диверсификации ферм. В публикации этих авторов «Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения» указано, что цифровая трансформация как переход агрокомпаний к цифровому бизнесу будет происходить через изменение стратегии, бизнес-модели и культуры компании, внедрение новых информационных технологий, расширяющих границы этой компании и позволяющих формировать ей свою экосистему [5]. В статье Н. Н. Сологуб и др. показано, что «массовому распространению цифровых технологий в сельскохозяйственное производство поможет новая аграрная технологическая политика Российской Федерации, предусматривающая увеличение соответствующей финансовой господдержки и упрощение процесса получения субсидий, в том числе через электронные сервисы государственных услуг» [7]. В статье Н. А. Андришечкиной и Л. В. Мусихиной цифровая трансформация ассоциируется со «второй зеленой революцией» [4].

Российские и зарубежные исследователи уделяют большое внимание вопросам цифровой трансформации и цифровизации сельского хозяйства. Однако все работы рассматривают этот процесс с совершенно разных сторон, в результате не получается выстроить единую концепцию цифровой трансформации отрасли. Как отмечают исследователи Высшей школы экономики, «размытость» содержания понятия «цифровая трансформация» усугубляется еще и тем, что оно характеризует сравнительно новые, в значительной мере еще не изученные и очень динамичные явления [2].

На основе проведенного исследования авторами сформулировано следующее определение: *цифровая трансформация сельского хозяйства* – это принципиальное, непрерывное и качественное изменение бизнес-процессов организации (производственных, вспомогательных и управленческих) посредством цифровых технологий, направленное на создание условий для интеллектуального принятия управленческих решений.

Видим, что уже не оспаривается оказание непосредственного влияния цифровизации на повышение производительности труда и сокращение себестоимости продукции. Эффективность внедрения современных цифровых технологий в отрасль сельского хозяйства приобретает стратегическое значение для дальнейшего развития национальной экономики Российской Федерации. На удовлетво-

рение потребностей современности направлено достаточно много усилий, но остаются и нерешенные проблемы, которые мешают окончательной цифровой трансформации отрасли. Это отсутствие готовности и мотивации организаций к масштабным изменениям, отсутствие финансовых возможностей у большинства сельхозорганизаций, недостаток IT-специалистов, обладающих глубокими знаниями в сельскохозяйственной отрасли, зависимость от зарубежных технологий, низкий уровень существующей цифровизации сельскохозяйственных организаций, ориентация современных поставщиков цифровых технологий в большинстве случаев на крупные организации (агрохолдинги) и отсутствие интегрального показателя оценки цифровой трансформации отрасли. При недостаточной активности и отсутствии совокупного участия научного, бизнес-сообщества и государства в этом направлении решение проблем будет отодвигаться на очень долгий период.

Цифровая трансформация должна рассматриваться не как конечный результат развития производства, а как сложная комплексная система поэтапных преобразований производства, необходимых для перехода отрасли на новый уровень развития – шестой технологический уклад.

Авторами предложены следующие этапы цифровой трансформации сельского хозяйства (рис. 2):

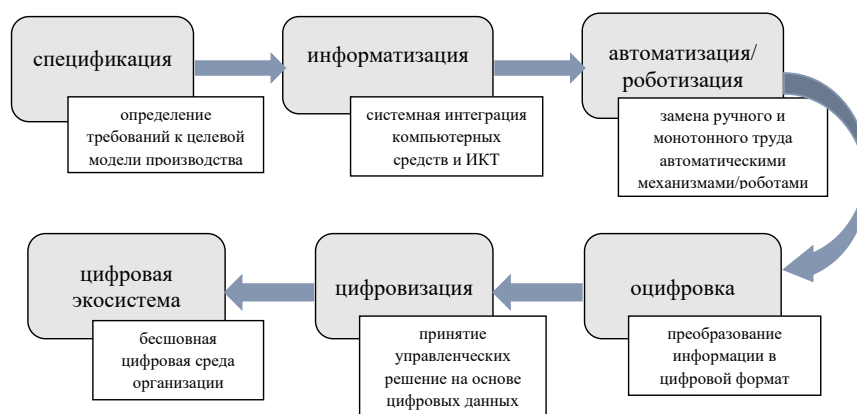


Рис. 2. Этапы цифровой трансформации сельского хозяйства

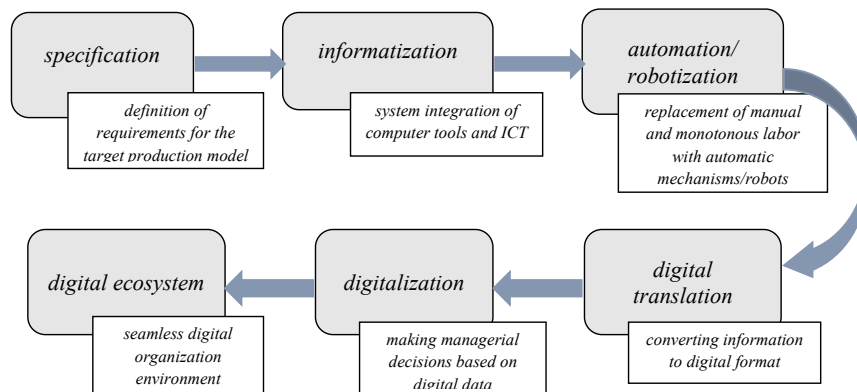


Fig. 2. Stages of digital transformation of agriculture

**Спецификация** – этап, на котором определяется целевая модель производства либо отрасли в целом (объекта), включая требования к этой модели, цели, задачи. На этом этапе утверждаются состав модели, детальная последовательность исполнения мероприятий по цифровой трансформации, требования к субъектам сельскохозяйственного производства, ответственность, обеспечение необходимыми ресурсами для ее полной реализации, условия совместного участия научного и бизнес-сообщества, действия при возможных отклонениях от поставленных задач. Здесь же определяется методика оценки состояния каждого субъекта и оценки его дальнейшей цифровой трансформации. Спецификация является основой внутреннего контроля качества. Это важный этап цифровой трансформации, требующий четкого представления будущего образа объекта. Спецификация должна быть разработана на каждом уровне модели производства и отрасли в целом и сведена в документ, отражающий единую концепцию цифровой трансформации отрасли.

**Информатизация** – промежуточный этап, на протяжении которого осуществляется системная интеграция компьютерных средств и информационно-компьютерных технологий сельскохозяйствен-

ного производства. На этом этапе мобилизуются организационный, социально-экономический и научно-технический процессы создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей в сфере сельскохозяйственного производства на основе формирования и использования информационных ресурсов. Также осуществляются сбор информации (сведений, данных) о текущем состоянии производственных процессов, ее перевод в цифровой вид. Производится первая оценка после старта реализации комплексной системы поэтапных преобразований.

**Автоматизация/роботизация** – появление в производственном процессе специализированного программного обеспечения (ПО), направленного на выполнение ручной и монотонной работы вместо человека, рутинных, схематизированных и часто повторяющихся процессов. Одна из функций такого ПО заключается в сборе и обработке данных. Значимым элементом становится разработка новых технологий, основанных на инновационном развитии и создающих комфортную среду для реализации задач АПК. Этап характеризуется ростом качества и исключением намеренных и ненамеренных ошибок на каждом уровне производства.

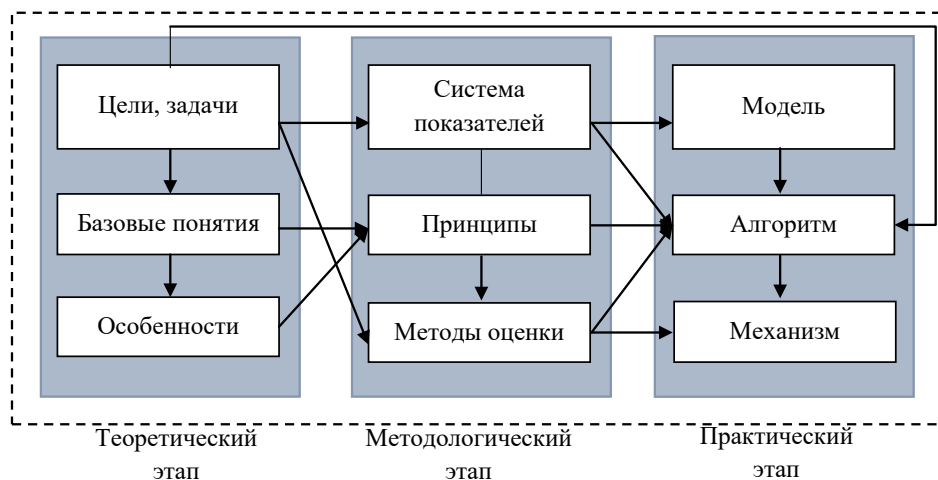


Рис. 3. Карта взаимосвязей концепции цифровой трансформации сельского хозяйства России

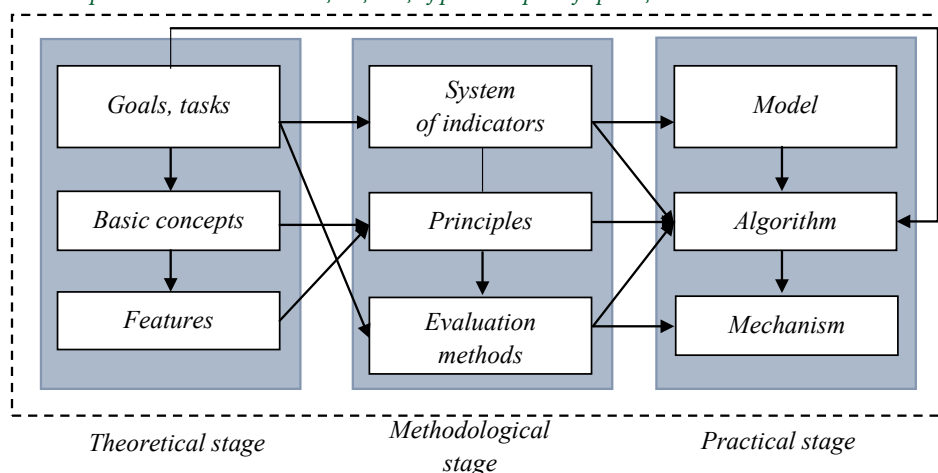


Fig. 3. Map of interrelations of the concept of digital transformation of agriculture in Russia

**Оцифровка** – процесс преобразования всей информации, находящейся в объекте, в цифровой формат при помощи новых цифровых технологий, решений, процессов. Это позволяет построить виртуальную модель объекта цифровой трансформации, позволяющую комплексно оценивать текущее и прогнозировать будущее его состояние.

**Цифровизация** – этап цифровой трансформации, на котором принятие управленческих решений происходит на основе цифровых данных. Этап направлен на увеличение эффективности производства за счет вовлечения искусственного интеллекта на каждом уровне модели производства и отрасли в целом. Рост процента выполнения этого этапа цифровой трансформации приблизит к максимуму эффективность от внедрения мероприятий по модернизации АПК.

**Цифровая экосистема** – конечный этап цифровой трансформации [14], который предполагает создание бесшовной цифровой среды в отрасли. При соблюдении всех условий предыдущих этапов, предусмотренных при спецификации, цифровая экосистема – неизбежный качественный результат цифровой трансформации АПК. Это итог реализации концептуальной модели цифровой трансформации сельского хозяйства России, инструмент принципиального изменения управления как технологическими процессами, так и процессами принятия решений на всех уровнях иерархии в АПК. Это ступень в новую реальность – изменение форм существования и реализация задач АПК на принципиально новом уровне, предполагающем мощный экономический рост в аграрном секторе.

Переход на следующий этап цифровой трансформации возможен только после полного завершения предыдущего, т. е. достижения максимального значения показателя оценки. Таким образом, здесь возникает потребность в оценке степени достижения данного показателя на каждом этапе цифровой трансформации отрасли. Кроме того, необходима интегральная оценка уровня цифровой трансформации сельского хозяйства, которая будет объективно отражать изменения, происходящие в процессе принятия решений в отрасли и повышения эффективности производства. Интегральная оценка позволит понять, на каком уровне цифровой трансформации находится отрасль в целом или отдельное хозяйство в настоящее время и какие шаги необходимо принять для его полной цифровой трансформации.

Переход на следующий этап цифровой трансформации обусловлен как количественными, так и качественными условиями. Под последними понимаются технологии, исследования и разработки, знания и навыки, критически важные для цифровой трансформации отрасли. Внедрение технологий на-

ряду с различными управленческими мероприятиями должно позволить осуществлять переход от одного этапа цифровой трансформации к другому.

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

Разработанный теоретико-методологический фундамент цифровой трансформации отрасли является сложной и взаимосвязанной системой базовых понятий, принципов, показателей и методик оценки, позволяющей создать концептуальную схему будущей цифровой трансформации отрасли (рис. 3) и в дальнейшем стать основой для разработки документов стратегического, прогнозного и нормативно-правового характера. Все это образует единый контур, дающий возможность обеспечить комплексную цифровую трансформацию сельского хозяйства России.

Концептуальная модель цифровой трансформации сельского хозяйства России должна определять ее структуру, свойства элементов и причинно-следственные связи, а также цели и задачи цифровой трансформации отрасли, интегральный показатель оценки ее уровня. С помощью разработанного теоретико-методологического фундамента появится возможность создания модели и алгоритма цифровой трансформации, а также ее механизмов.

Таким образом, ключевая задача цифровой трансформации сельского хозяйства заключается не столько во внедрении цифровых технологий, сколько в извлечении ценности из полученных цифровых данных в форме интеллектуального принятия управленческих решений. Облачные платформы, решения для обработки больших данных, технологии предиктивной аналитики и системы принятия решений в данном случае выступают лишь инструментом для оптимизации бизнес-процессов в сельскохозяйственном производстве. По данным World Government Summit, к 2050 г. средняя ферма будет генерировать 4,1 млн ед. данных [2], анализ и использование которых сделает сельское хозяйство точным и «умным».

На рис. 4 схематично представлен алгоритм цифровой трансформации сельского хозяйства России, осуществляемый на основе вышеизложенной концепции. Полная цифровая трансформация сельского хозяйства может быть достигнута только при реализации предложенной в данном исследовании концепции. Важно на каждом этапе цифровой трансформации осуществлять ее оценку и на ее основе уже принимать решения по дальнейшим действиям, направленным на переход к новому этапу цифровой трансформации. Переход на этап «цифровая экосистема» позволит в хозяйстве осуществлять интеллектуальное принятие управленческих решений, что означает переход к «умному» сельскому хозяйству.

В качестве основных рисков цифровой трансформации сельского хозяйства России стоит отметить низкий уровень интернет-покрытия на сельских территориях; неспособность малых форм хозяйствования (доля которых в валовом продукте около 40 %) обеспечить комплексную цифровую трансформацию производства из-за недостатка финансовых и управленческих ресурсов, инфраструктурной неразвитости и отсутствия цифровых компетенций; а также недостаточность нормативно-правового регулирования некоторых аспектов цифровой трансформации, в частности, касающихся доступа к данным хозяйств.

В заключение данного теоретического исследования можно сформулировать следующие выводы:

1) в настоящее время цифровая трансформация в сельском хозяйстве России сводится к цифровизации отдельных бизнес-процессов (мониторинг сельхозугодий, контроль благополучия животных, прогноз урожайности и др.). Такая ситуация не позволяет в полной мере раскрыть потенциал циф-

ровых технологий, позволяющих до 30 % снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции и повысить производительность труда. Скачкообразный и стихийный характер проводимой политики цифровой трансформации отрасли, обусловленный внедрением отдельных цифровых технологий (преимущественно с наименьшим сроком окупаемости), является ключевой проблемой низкого уровня цифровизации сельскохозяйственного производства России;

2) цифровая трансформация отрасли должна осуществляться комплексно и затрагивать все элементы цепочки создания стоимости. Для этого требуется единый теоретико-методологический фундамент, на котором будут базироваться все разрабатываемые в области цифровой трансформации документы нормативно-правового, стратегического и прогнозного характера. В настоящее время само понятие цифровой трансформации представлено размыто и неопределенно;

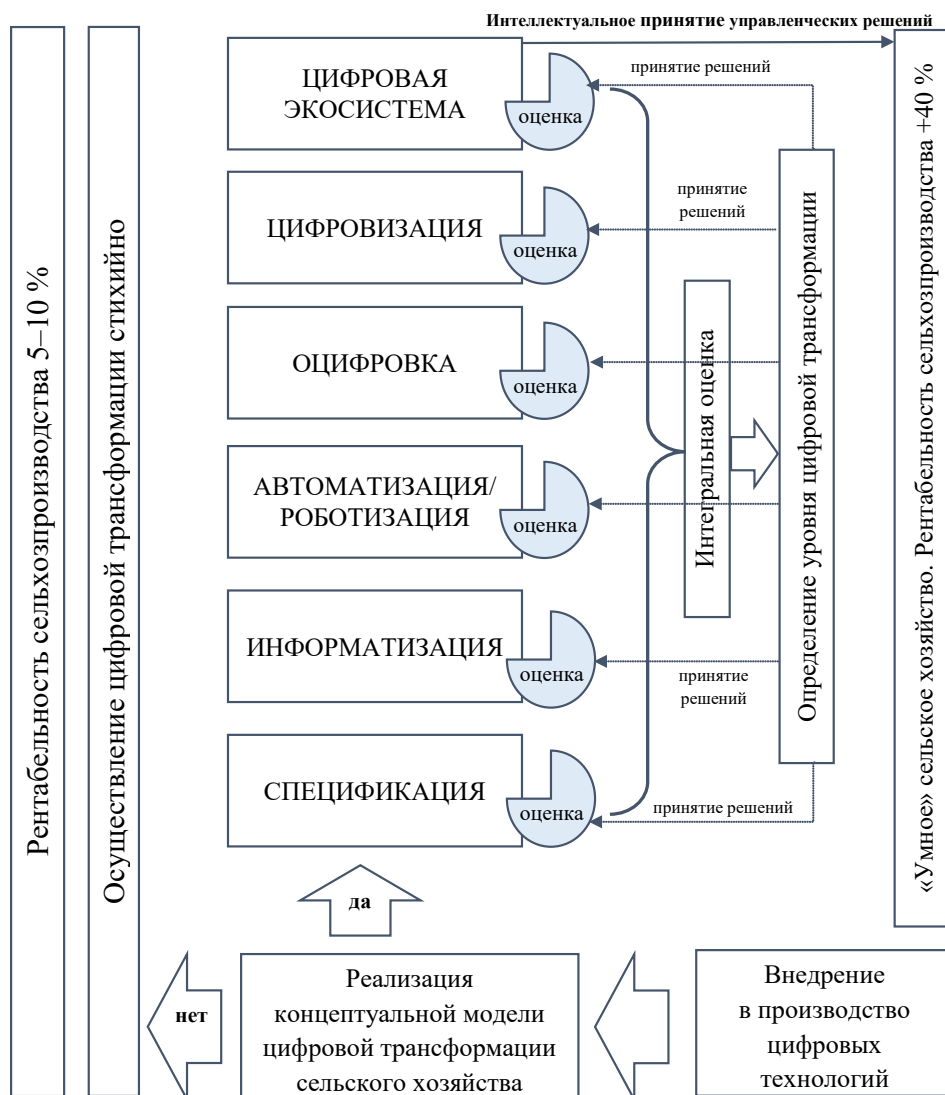


Рис. 4. Алгоритм цифровой трансформации сельского хозяйства России

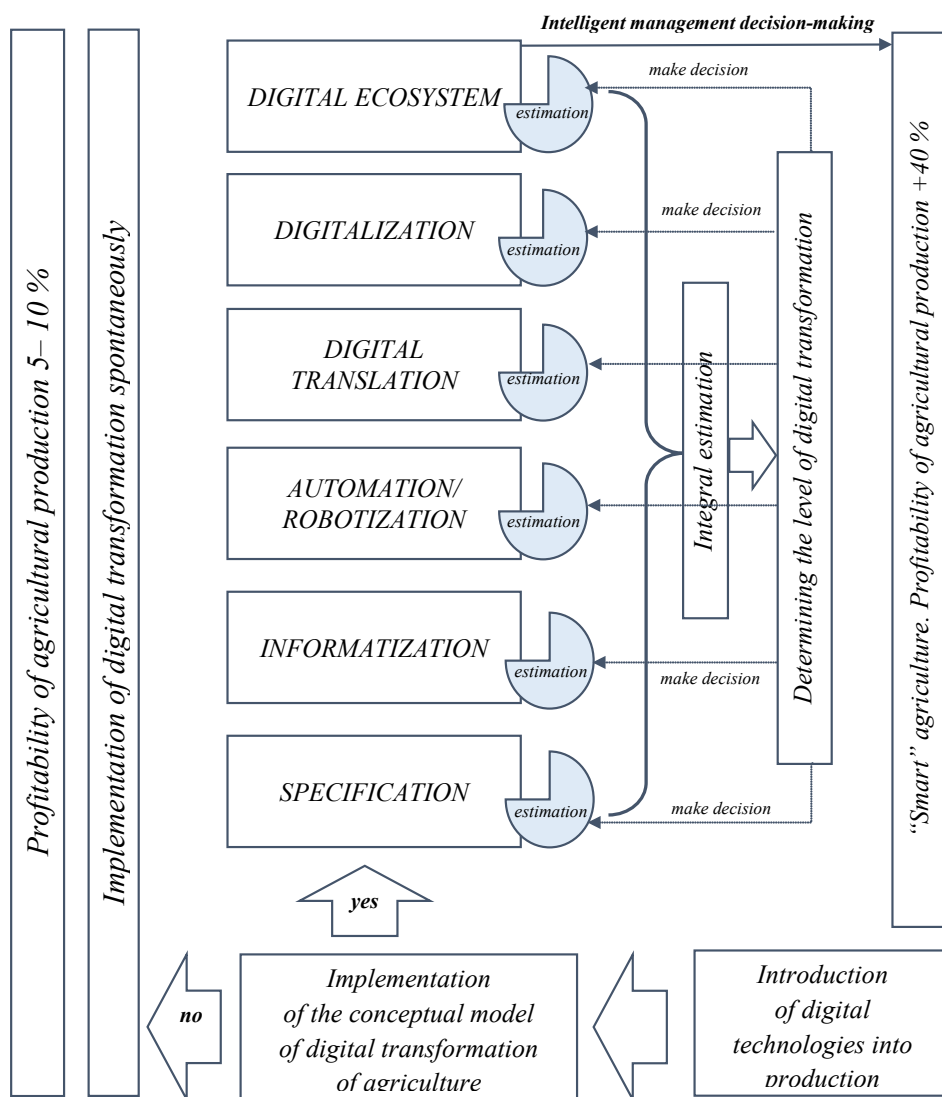


Fig. 4. The mechanism of digital transformation of agriculture in Russia

3) цифровая трансформация – это не конечный результат развития производства, а сложная комплексная система поэтапных преобразований производства, необходимых для перехода отрасли на новый уровень развития – шестой технологический уклад. Авторами выделены следующие этапы: спецификация, информатизация, автоматизация/роботизация, оцифровка, цифровизация, цифровая экосистема. Комплексная цифровая трансформация в сельском хозяйстве возможна лишь в результате последовательного перехода от предыдущего этапа к следующему.

Цифровая трансформация – это центральный элемент шестого технологического уклада, переход к которому происходит в настоящее время [15].

Однако она затрагивает не только технологическое развитие, но и появление новых моделей экономического роста, бизнес-моделей, социальные институты. Цифровая трансформация – это сложный системный процесс, к реализации которого необходима тщательная и комплексная подготовка, в том числе теоретическая и методологическая.

В дальнейших исследованиях авторами будет продолжена работа по выстраиванию теоретико-методологического фундамента цифровой трансформации сельского хозяйства России в части определения принципов, системы показателей и разработки методики оценки уровня цифровой трансформации.

#### Библиографический список

1. Гайсин Р. С. Предел технологической эволюции сельского хозяйства и возможность его преодоления // ПСЭ. 2014. № 4 (52). С. 41-45.
2. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад к XXII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества / Г. И. Абдрахманова,



К. Б. Быховский, Н. Н. Веселитская, К. О. Вишневецкий, Л. М. Гохберг [и др.]. Москва: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 239 с.

3. Алтухов А. И., Дудин М. Н., Анищенко А. Н. Глобальная цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса РФ // Проблемы рыночной экономики. 2019. № 2. С. 17–27. DOI: 10.33051/2500-2325-2019-2-17-27.

4. Андриюшечкина Н. А., Мусихина Л. В. Интернет вещей в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // Научно-технический вестник: технические системы в АПК. 2020. № 1 (6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-v-selskom-hozyaystve> (дата обращения: 11.01.2023).

5. Годин В. В., Белоусова М. Н., Белоусов В. А., Терехова А. Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. 2020. № 1. С. 4–15. DOI: 10.26425/2658-3445-2020-1-4-15.

6. Погребная Н. В., Барышева Д. Н., Ламазян Л. С., Плаксий В. В. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 9-1. С. 118–123. DOI: 10.17513/vaael.2401.

7. Сологуб Н. Н., Уланова О. И., Остробородова Н. И., Остробородова Д. А. Проблемы и перспективы цифровых технологий в сельском хозяйстве // МСХ. 2021. № 4. С. 28–30. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-4-28-30.

8. Шуганов В. М. Основные направления развития цифровизации сельского хозяйства // Известия КБНЦ РАН. 2021. № 2 (100). С. 77–81. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-2-100-77-85.

9. Камнева В. В. Цифровая экономика, цифровизация и цифровая трансформация // Скиф. 2020. № 2 (42). С. 377–381.

10. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы / Под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 807 с.

11. Lioutas E. D., Charatsari C., De Rosa M. Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma? // Technology in Society. 2021. Vol. 67 (1). Article number 101744. DOI: 10.1016/j.techsoc.2021.101744.

12. Ingram J., Maye D. What Are the Implications of Digitalisation for Agricultural Knowledge? // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2020. Vol. 4. No. 66. DOI: 10.3389/fsufs.2020.00066.

13. MacPherson J., Voglhuber-Slavinsky A., Olbrisch M., Schöbel P., Dönitz E., Mouratiadou I., Helming K. Future agricultural systems and the role of digitalization for achieving sustainability goals. A review // Agronomy for Sustainable Development. 2022. Vol. 42 (4). Article number 70. DOI: 10.1007/s13593-022-00792-6.

14. Петухова М. С., Кокорин А. В. Концептуальная модель цифровой экосистемы в агропромышленном комплексе региона // АПК: экономика, управление. 2022. № 5. С. 13–21. DOI 10.33305/225-13.

15. Петухова М. С., Кокорин А. В. Зарубежный опыт цифровизации экономики сельского хозяйства // Цифровизация отраслей АПК: опыт, проблемы, пути решения: материалы Международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2022. С. 95–105.

#### Об авторах:

Марина Сергеевна Петухова<sup>1</sup>, доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0133-2851, AuthorID 768977; +7 923 106-12-80, [petuhova\\_ms@nsau.edu.ru](mailto:petuhova_ms@nsau.edu.ru)

Ольга Витальевна Агафонова<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, заведующая кафедрой информационных технологий и моделирования, ORCID 0000-0002-5709-359X, AuthorID 1048368; +7 913 740-25-99, [agafonovaov@nsau.edu.ru](mailto:agafonovaov@nsau.edu.ru)

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

## Theoretical and methodological foundation of the digital transformation of agriculture in Russia: basic concepts and stages

M. S. Petukhova<sup>1✉</sup>, O. V. Agafonova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

✉E-mail: [petuhova\\_ms@nsau.edu.ru](mailto:petuhova_ms@nsau.edu.ru)

**Abstract.** The purpose of the study is to try to form a theoretical and methodological basis (foundation) for the digital transformation of agriculture in Russia. In this study, the initial part of the work on the formulation of the

conceptual framework of digital transformation is carried out. The article is theoretical in nature. **The methodological basis** of the study was the process and system approaches. **The scientific novelty** lies in the theoretical and methodological justification of the digital transformation of agriculture in Russia. **Results.** It is revealed that the abrupt and spontaneous nature of the policy of digital transformation of the industry carried out in Russia, due to the introduction of certain digital technologies (mainly with the shortest payback period), is a key problem of the low level of digitalization of agricultural production in the country. To solve this problem, a comprehensive and systematic approach is proposed, implying coverage of all stages of digital transformation: from specification (setting goals and objectives of digital transformation) to decision-making based on digital data and changes in business processes within a single digital ecosystem. Based on this approach, a theoretical and methodological foundation for digital transformation in agriculture should be developed, on which all regulatory, strategic and forecast documents developed in the field of digital transformation will be based. It is shown that the theoretical and methodological foundation includes such elements as basic concepts, stages, principles, indicators and evaluation methodology. The last element is extremely important for the gradual development of digital transformation, since it should be used to assess the level of implementation of each stage. Complete completion of the previous stage will allow you to move on to the next one.

**Keywords:** digitization, digitalization, digital transformation, agriculture, integrated assessment, digital ecosystem.

**For citation:** Petukhova M. S., Agafonova O. V. Teoretiko-metodologicheskiy fundament tsifrovoy transformatsii sel'skogo khozyaystva Rossii: bazovye ponyztiya y etapy [Theoretical and methodological foundation of the digital transformation of agriculture in Russia: basic concepts and stages] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 79–89. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-79-89. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 17.01.2023, **date of review:** 15.02.2023, **date of acceptance:** 27.02.2023.

### References

1. Gaysin R. S. Predel tekhnologicheskoy evolyutsii sel'skogo khozyaystva i vozmozhnost' ego preodoleniya [The limit of technological evolution of agriculture and the possibility of overcoming it] // Problemy sovremennoy ekonomiki. 2014. No. 4 (52). Pp. 41–45. (In Russian.)
2. Tsifrovaya transformatsiya otrasley: startovye usloviya i priority: doklad k XXII Aprel'skoy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva [Digital transformation of industries: starting conditions and priorities] / G. I. Abdrakhmanova, K. B. Bykhovskiy, N. N. Veselitskaya, K. O. Vishnevskiy, L. M. Gokhberg et al. Moscow: Izd. dom Vyshey shkoly ekonomiki, 2021. 239 p. (In Russian.)
3. Altukhov A. I., Dudin M. N., Anishchenko A. N. Global'naya tsifrovizatsiya kak organizatsionno-ekonomicheskaya osnova innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa RF [Global digitalization as an organizational and economic basis for innovative development of the agro-industrial complex of the RF] // Market economy problems. 2019. No. 2. Pp. 17–27. DOI: 10.33051/2500-2325-2019-2-17-27. (In Russian.)
4. Andryushechkina N. A., Musikhina L. V. Internet veshchey v sel'skom khozyaystve [e-resource] // Nauchno-tekhnicheskiy vestnik: tekhnicheskie sistemy v APK. 2020. № 1 (6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-v-selskom-hozyaystve> (date of reference: 11.01.2023). (In Russian.)
5. Godin V. V., Belousova M. N., Belousov V. A., Terekhova A. E. Sel'skoe khozyaystvo v tsifrovuyu epokhu: vyzovy i resheniya [Agriculture in the digital age: challenges and solutions] // E-Management. 2020. No. 1. Pp. 4–15. DOI: 10.26425/2658-3445-2020-1-4-15. (In Russian.)
6. Pogrebnaya N. V., Barysheva D. N., Lamazyan L. S., Plakhsy V. V. Tsifrovaya transformatsiya v sel'skom khozyaystve: problemy i perspektivy [Digital transformation in agriculture: problems and prospects] // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava. 2022. No. 9-1. Pp. 118–123. DOI: 10.17513/vael.2401. (In Russian.)
7. Sologub N. N., Ulanova O. I., Ostroborodova N. I., Ostroborodova D. A. Problemy i perspektivy tsifrovyykh tekhnologiy v sel'skom khozyaystve [Problems and prospects of digital technologies in agriculture] // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. 2021. No. 4. Pp. 28–30. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-4-28-30. (In Russian.)
8. Shuganov V. M. Osnovnye napravleniya razvitiya tsifrovizatsii sel'skogo khozyaystva [The main directions of development of digitalization of agriculture] // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2021. No. 2 (100). Pp. 77–81. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-2-100-77-85. (In Russian.)
9. Kamneva V. V. Tsifrovaya ekonomika, tsifrovizatsiya i tsifrovaya transformatsiya [Digital economy, digitalization and digital transformation] // Skif. 2020. No. 2 (42). Pp. 377–381. (In Russian.)
10. Tsifrovaya transformatsiya ekonomiki i promyshlennosti: problemy i perspektivy [Digital transformation of economy and industry: problems and prospects] / Under the editorship of doctor of economic sciences, professor A. V. Babkin. Saint Petersburg: Izd-vo Politekh. un-ta, 2017. 807 p. (In Russian.)

11. Lioutas E. D., Charatsari C., De Rosa M. Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma? // *Technology in Society*. 2021. Vol. 67 (1). Article number 101744. DOI: 10.1016/j.tech-soc.2021.101744.
12. Ingram J., Maye D. What Are the Implications of Digitalisation for Agricultural Knowledge? // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. Vol. 4. Article number 66. DOI: 10.3389/fsufs.2020.00066.
13. MacPherson J., Voglhuber-Slavinsky A., Olbrisch M., Schöbel P., Dönitz E., Mouratiadou I., Helming K. Future agricultural systems and the role of digitalization for achieving sustainability goals. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. 2022. Vol. 42 (4). Article number 70. DOI: 10.1007 / s13593-022-00792-6.
14. Petukhova M. S., Kokorin A. V. Kontseptual'naya model' tsifrovoy ekosistemy v agropromyshlennom komplekse regiona [Conceptual model of the digital ecosystem in the agro-industrial complex of the region] // *AIC: economics, management*. 2022. No. 5. Pp. 13–21. DOI 10.33305/225-13. (In Russian.)
15. Petukhova M. S., Kokorin A. V. Zarubezhnyy opyt tsifrovizatsii ekonomiki sel'skogo khozyaystva [Foreign experience of digitalization of the agricultural economy] // *Tsifrovizatsiya otrasley APK: opyt, problemy, puti resheniya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Novosibirsk, 2022. Pp. 95–105. (In Russian.)

***Authors' information:***

Marina S. Petukhova, doctor of economic sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-0133-2851, AuthorID 768977; +7 923 106-12-80, [petuhova\\_ms@nsau.edu.ru](mailto:petuhova_ms@nsau.edu.ru)

Olga V. Agafonova, candidate of economic sciences, head of the department of information technology and modeling, ORCID 0000-0002-5709-359X, AuthorID 1048368; +7 913 740-25-99, [agafonovaov@nsau.edu.ru](mailto:agafonovaov@nsau.edu.ru)

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

## Мясное скотоводство в хозяйствах малых форм в условиях цифровизации

Е. А. Рахимова<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Институт аграрной экономики и развития сельских территорий Санкт-Петербургского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

✉ E-mail: rakhimova.e@spcras.ru

**Аннотация.** Мясо крупного рогатого скота (КРС) является востребованным продуктом питания для населения Северо-Западного региона, при этом существует необходимость увеличения его производства. Использование цифровых технологий позволяет хозяйствам малых форм конкурировать с крупными производителями говядины. **Цель** данного исследования – выявление специфических особенностей развития мясного скотоводства на северо-западе в хозяйствах малых форм в условиях цифровизации. **Методы.** При проведении исследования использовались методы социально-экономического анализа, графический, расчетно-аналитический методы, системный подход. **Результаты.** Систематизированы подходы ученых-аграриев к решению вопроса производства говядины в хозяйствах малых форм. Рассмотрены различные формы взаимодействия между владельцами этих хозяйств, включая кооперацию. Представлена графически организационная схема действующего сельскохозяйственного потребительского кооператива по откорму КРС, а также приведены другие примеры успешных кооперационных связей, что может быть использовано при создании кооперативов. Выявлены особенности СЗФО, которые можно использовать для развития мясного скотоводства в хозяйствах малых форм. Выяснена значительная роль крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х) и индивидуальных предпринимателей (ИП), а также хозяйств населения (ХН) в производстве говядины в СЗФО в 2017–2021 гг. Установлено, что рекомендуемая рациональная норма потребления говядины не обеспечена собственным производством ни в одном субъекте СЗФО и в РФ в целом. Ключевые моменты цифровизации хозяйств малых форм, производящих мясо КРС, представлены наглядно в виде схемы. Определены основные причины, затрудняющие внедрение цифровых технологий в скотоводческих хозяйствах малых форм, а также предложены пути ускорения этого процесса. **Научная новизна.** Выявлено, что хозяйства малых форм СЗФО обладают нереализованным потенциалом для выращивания КРС мясного направления, который может быть реализован при наличии системы государственной поддержки, развитии партнерских отношений в различных формах, включая кооперацию и внедрение цифровых технологий.

**Ключевые слова:** мясное скотоводство, Северо-Западный регион, цифровые технологии, цифровизация, хозяйства малых форм, кооперация, потенциал, государственная поддержка.

**Для цитирования:** Рахимова Е. А. Мясное скотоводство в хозяйствах малых форм в условиях цифровизации // Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 90–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-90-102.

**Дата поступления статьи:** 14.12.2022, **дата рецензирования:** 17.01.2023, **дата принятия:** 27.01.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

В последние годы в сельском хозяйстве России происходит активная цифровизация как производственных процессов, так и управления, мясное скотоводство при этом не является исключением. Внедрение цифровых технологий в крестьянские (фермерские) хозяйства (К(Ф)Х), а тем более в хозяйства населения (ХН) происходит сложнее, чем в сельскохозяйственные объединения (СХО), но это неизбежно, поскольку иначе продукция этих хозяйств окажется неконкурентоспособной на рынке.

При этом одним из способов решения проблемы является кооперация, которая на Северо-Западе РФ представлена слабо, но сложившиеся обстоятельства могут ускорить ее развитие.

Влияние отраслей животноводства на развитие сельских территорий исследовано А. И. Костяевым и Г. Н. Никоновой [1]. Развитие семейных К(Ф)Х во время перехода к «Индустрии 4.0» рассмотрено В. Н. Суровцевым [2]. Значение цифровизации в развитии агросферы Ленинградской области, перспективы и проблемы цифровизации в сельском

хозяйстве раскрыты А. А. Дибировым, Х. А. Дибировой [3; 4]. Стратегия развития отрасли мясного скотоводства на северо-западе разработана В. В. Смирновой [5].

Исследованием кооперационных процессов при производстве мяса КРС занимается Башмачников В. Ф. и др. [6; 7]. Возможности кооперирования фермеров и агрохолдингов рассмотрены В. Н. Ожерельевым, М. В. Ожерельевой, Т. Н. Кистень [8], которые сделали вывод о малой вероятности такой кооперации. Е. М. Дусаева, А. Х. Курманова [9] раскрыли конкурентные преимущества мясного скотоводства в новых парадигмах человеческого общества, к которым относятся устойчивое развитие и цифровизация экономики. Е. М. Дусаева [10] предложила бизнес-модели мясопродуктового кластера в цифровой экономике.

Опыт разведения мясного скота в штате Виргиния (США) исследовали Е. Н. Усманова и Л. И. Кузюкина [11]. Изучением состояния мясного животноводства в западных странах, особенностей современных цифровых систем, применяемых при производстве говядины в этих странах, занимается В. Ю. Сидорова [12; 13]. И. Г. Дежина и др. [14] рассмотрели типы мясных ферм в странах ЕС и США, а также отличительные особенности производства мяса скота в России по сравнению с этими странами. Глубокий анализ основных направлений цифровизации в животноводстве на примере передовых крупных сельскохозяйственных организаций сделан Д. С. Буклагиным [15; 16]. Нами предложены основные подходы к формированию научных основ цифровизации К(Ф)Х Ленинградской области [17].

Задачами данного исследования является систематизация существующих подходов к решению вопроса эффективного производства мяса КРС в хозяйствах малых форм, а также разработка рекомендаций по увеличению его производства в К(Ф)Х и ХН СЗФО с использованием возможностей цифровизации. Эти вопросы недостаточно рассмотрены в отечественной науке, что определяет актуальность исследования.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проводилось с использованием методов социально-экономического анализа, графического, расчетно-аналитического методов, системного подхода. Информационно-эмпирическая база – данные Федеральной службы государственной статистики, публикации отечественных ученых.

#### Результаты (Results)

Для эффективного производства мяса КРС в хозяйствах малых форм С. А. Мирошников [18] предлагает создавать кластеры, в которых регионы распределяются на 2 группы:

1) с большими площадями пастбищ – развитие ферм «корова – теленок»;

2) с маленькими площадями пастбищ – специализация на откорме.

Е. М. Дусаева, А. Х. Курманова [9] рекомендуют сбытовые кооперативы и откормочные площадки, построенные на принципах кооперирования.

В Республике Беларусь перерабатывающие предприятия авансируют 60 % суммы контракта на поставку продукции до 1 июня, благодаря чему сельхозтоваропроизводители могут пополнять собственные производственные фонды [10].

Дежина И. Г. и др. [14] подразделяют мясные скотоводческие фермы в ЕС на три типа: племенные хозяйства, фермы по разведению и откорму и фермы по откорму – фидлоты, а также 4 категории американских мясных ферм: около 70 % всех ферм – это мелкие фермы «корова – теленок», с которых телята в возрасте 6–8 месяцев продаются в фидлоты для откорма; фидлоты – фермы интенсивного откорма молодняка до нужного веса, продающие его скотобойням; фермы по откорму молодняка (ранее выращенного на грубых кормах) на пастбищах, при этом забоем скота также занимаются специализированные компании; фермы замкнутого цикла. При этом ученые отмечают, что высокая специализация позволяет снизить затраты.

В. Ю. Сидорова [13] выделяет в странах Запада компанию-интегратор, выполняющую управленческие функции. При этом хозяйства, специализирующиеся на разведении мясного скота, встроены в систему кооперационных связей.

В. Я. Узун [7, с. 101, 113] отмечает, что западные агрохолдинги являются координаторами логистики и деятельности фермерских хозяйств, владеющих землей, капиталом и трудовыми ресурсами, чем отличаются от российских агрохолдингов, в которых выделяемые средства господдержки доходят до конкретных работников в небольшом количестве.

Контрактная форма взаимодействия крупной агропромышленной компании и семейных ферм при производстве молока по примеру США применяется в Ульяновской области [7, с. 148–150].

Успешный опыт развития мясного скотоводства в фермерских хозяйствах существует в Воронежской области. Здесь была внедрена программа недопущения уничтожения молочных животных, которые могут принести крестовых телят, благодаря чему появилось большое количество К(Ф)Х и предприятий по выращиванию КРС [19].

В СЗФО успешный опыт производства говядины есть в К(Ф)Х А. Москвина (Ленинградская область) и К(Ф)Х А. Дильдина (Новгородская область). Первое фермерское хозяйство в настоящее время имеет статус племенного, в 2012 г. получило грант от правительства области; второй фермер основал интернет-площадку по торговле скотом мясного направления – kupiskot.ru.



Рис. 1. Организационная схема сельскохозяйственного потребительского кооператива 1 по откорму КРС  
 Источник: составлено автором по материалам монографии [7, с. 212–220]

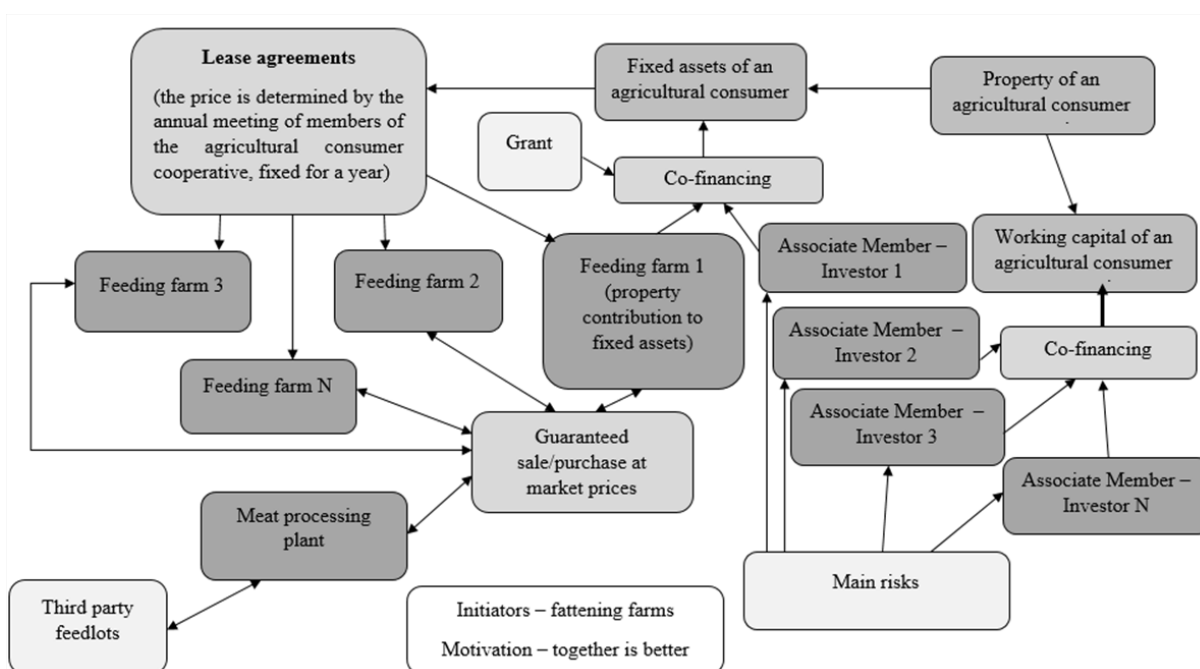


Fig. 1. Organizational chart of the agricultural consumer cooperative 1 for fattening cattle  
 Source: compiled by the author based on the materials of the monograph [2, pp. 212–220].

Анализ опыта развития мясного скотоводства показал, что эффективное производство говядины в К(Ф)Х возможно только при наличии государственной поддержки и налаженной системы, включающей специализацию хозяйств на отдельных технологических процессах и гарантию сбыта произведенной продукции по приемлемой для всех сторон цене, а также использование цифровых технологий. Целесообразно это делать на принципах кооперации. В СЗФО сельскохозяйственная потребитель-

ская кооперация развита слабо. Интерес представляет положительный опыт других регионов, который можно использовать при создании новых кооперативов и в стимулировании деятельности уже существующих.

На рис. 1 представлена организационная схема СПоК по откорму КРС, деятельность которого описана Д. В. Снетковым в монографии о фермерстве, написанной под научной редакцией В. Ф. Башмачникова [7].

## Спрос на цифровые технологии в секторах экономики и социальной сферы в РФ, %

Цифровые технологии	Сельское хозяйство	Топливо-энергетический комплекс	Промышленность	Строительство	Финансовый сектор	Транспорт и логистика	Здравоохранение
Искусственный интеллект	5,3	10,4	8,0	2,7	38,0	12,5	23,2
Квантовые технологии	2,4	26,7	2,4	2,8	29,8	14,2	21,7
Новые производственные технологии	13,0	25,5	14,5	22,5	11,0	8,4	5,0
Робототехника	15,3	9,6	16,1	7,5	2,4	23,6	25,5
Системы распределенного реестра	2,6	14,6	5,3	14,8	32,8	14,8	15,1
Технологии беспроводной связи	1,7	37,5	10,8	5,8	14,2	22,5	7,5
Виртуальная и дополненная реальность	4,2	19,3	4,2	31,6	1,3	6,3	33,1
В среднем по всем цифровым технологиям	6,4	20,5	8,8	12,5	18,5	14,6	18,7

Источник: [21].

Table 1  
Demand for digital technologies in the sectors of the economy and social sphere in the Russian Federation, %

Digital technologies	Agriculture	Fuel and energy complex	Industry	Construction	Financial sector	Transport and logistic	Healthcare
Artificial intelligence	5.3	10.4	8.0	2.7	38.0	12.5	23.2
Quantum technology	2.4	26.7	2.4	2.8	29.8	14.2	21.7
New manufacturing technologies	13.0	25.5	14.5	22.5	11.0	8.4	5.0
Robotics	15.3	9.6	16.1	7.5	2.4	23.6	25.5
Distributed ledger systems	2.6	14.6	5.3	14.8	32.8	14.8	15.1
Wireless Technologies	1.7	37.5	10.8	5.8	14.2	22.5	7.5
Virtual and augmented reality	4.2	19.3	4.2	31.6	1.3	6.3	33.1
Average across all digital technologies	6.4	20.5	8.8	12.5	18.5	14.6	18.7

Source: [21].

Кооператив создан по инициативе откормочных хозяйств и включает в себя около 20 членов, среди которых, кроме фермеров, – мясокомбинат и несколько ассоциированных членов – инвесторов. Члены кооператива занимаются откормом бычков, которых приобретают самостоятельно без участия кооператива, а затем сдают мясокомбинату – члену кооператива по рыночным ценам, что обеспечивает его гарантированными поставками скота.

Необходимые основные фонды профинансированы за счет гранта, инвестора и имущественного вклада одного из откормочных хозяйств. На средства инвесторов приобретаются оборотные фонды кооператива. Имущество СПоК по договору аренды предоставляется его членам. Основные риски при этом лежат на ассоциированных членах. Все условия работы обсуждаются на годовом собрании,

цены фиксируются на год, изменения возможны в исключительных случаях. Всем членам кооператива выгодно такое сотрудничество, что формирует его жизнеспособность.

Существуют кооперативы, созданные на базе опорного фермерского хозяйства. Такие примеры описаны в вышеуказанной монографии [7].

В первом случае кооператива еще нет, но сформированы хозяйственные связи, которые могут послужить основой СПоК. Опорное хозяйство создано успешным бизнесменом из города, решившим восстановить деревню, в которой он раньше жил. Опорное К(Ф)Х предлагает другим хозяйствам готовое решение, которое выглядит как договор-присоединения, гарантирует поставку всего необходимого для производства и сбыт продукции [7, с. 220–225].

Во втором случае [7, с. 283] 17 ЛПХ объединились вокруг 2 опорных К(Ф)Х, которые предоставили в кооператив землю, технику, построили необходимые производственные помещения.

Другой вид кооперационных связей – структура, в которой каждый участник занимается отдельным этапом производственного процесса. Пример такого кооператива – сельскохозяйственный потребительский перерабатывающий, заготовительный снабженческо-сбытовой кооператив «Ферма настоящих продуктов» [7, с. 281–282], в котором один участник выращивает кормовые культуры, второй делает из них корма, третий использует корма для воспроизводства стада и выращивания молодняка, четвертый занимается мясным животноводством, пятый – производством молока, а молокозавод, принадлежащий кооперативу, перерабатывает и упаковывает продукцию, которую кооператив продает через торговые сети.

Интересный пример – кооператив, созданный на базе 22 К(Ф)Х, которые объединились в коопхоз, оставив землю в личной собственности фермеров. При этом средства производства, находясь в собственности кооператива, распределены равными долями между его членами. Обработка земли ведется на правах аренды [7, с. 281].

Описанные примеры кооперационных связей могут быть использованы фермерами СЗФО для создания своих кооперативов в отрасли мясного скотоводства.

Важным преимуществом цифровизации, по мнению Н. П. Советовой [20], является возможность введения труднодоступных земельных угодий в хозяйственный оборот. Особенность Северо-Западного региона заключается в наличии небольших по площади земель, на которых могут функционировать хозяйства малых форм. При этом многие земли сегодня не используются в сельскохозяйственном производстве. В то же время остро стоит вопрос обеспечения продовольственной независимости страны. Мясо является важнейшим продуктом питания, который необходим для здоровья нации, поддержания работоспособности населения, его можно заготовить впрок путем заморозки и консервации.

Северо-Западный регион обладает своими климатическими особенностями: короткий вегетационный период, сложности при заготовке кормов, вызванные дождливой погодой. Однако есть и преимущества: запас чистой пресной воды, отсутствие засух. Использование цифровых технологий при выращивании мясного скота, при дальнейшей его переработке и реализации, а также для организации управленческих процессов будет способствовать модернизации отрасли и выведению ее на новый уровень.

В сельском хозяйстве цифровые технологии развиты меньше, чем в других отраслях экономики. По данным таблицы 1, спрос в сельском хозяйстве в среднем по всем цифровым технологиям составляет 6,4 % от совокупного спроса основных секторов экономики. Наибольший спрос наблюдается по робототехнике (15,3 %) и новым производственным технологиям (13 %).

Цифровые системы управления процессами микроклимата, доения, кормления, зооветеринарного обслуживания животных, согласно расчетам ФНАЦ ВИМ, могут сократить издержки производства на 35–40 % и увеличить продуктивность животных на 15–20 % [22].

Хозяйства малых форм СЗФО на 2021 г. производили 14,4 тыс. тонн мяса КРС, что составило 1,4 % от общего производства этого вида продукции хозяйствами малых форм РФ. В динамике за 2017–2021 гг. этот показатель немного снизился за счет ХН (таблица 2).

Согласно таблице 3, на 2021 г. К(Ф)Х и ХН РФ производят 65,13 % мяса КРС от общего производства хозяйствами всех категорий, по СЗФО данный показатель составил 29,4 %, причем наибольший удельный вес по ХН – 53 % и 21,1 % соответственно. При этом по отдельным территориям доля хозяйств населения существенна – 47,8 % по Калининградской области, 32,7 % – по Республике Коми, 31,2 % – по Новгородской области. В динамике за анализируемый период доля хозяйств малых форм в общем производстве немного снизилась за счет ХН.

Таким образом, хозяйства малых форм СЗФО играют значительную роль в производстве мяса КРС, но не на всех территориях округа используется имеющийся потенциал.

На рис. 2 представлены ключевые моменты цифровизации скотоводческих хозяйств малых форм мясного направления в СЗФО.

Рост производительности труда, возникающий благодаря применению цифровых технологий в крупных хозяйствах, приводит к снижению себестоимости производства мяса КРС и, соответственно, влияет на цену готовой продукции, поэтому владельцам хозяйств малых форм приходится задумываться о необходимости цифровизации для поддержания своей позиции на рынке. Кроме того, Северо-Западный регион нуждается в дополнительном производстве говядины для обеспечения продовольственной безопасности. По данным таблицы 4, рекомендуемая рациональная норма потребления говядины, составляющая 20 кг на человека в год [26], не обеспечена собственным производством ни в одном субъекте СЗФО и в РФ в целом.



Таблица 2

**Производство мяса КРС на убой в убойном весе в хозяйствах малых форм РФ и СЗФО  
в 2016–2020 гг., тыс. тонн**

Территории	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Изменение 2021 г. к 2017 г., п. п.
<b>К(Ф)Х и ИП</b>						
РФ	147,03	161,41	172,84	181,46	198,10	51,07
СЗФО	3,24	3,10	3,41	3,89	4,11	0,88
Республика Карелия	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,04
Республика Коми	0,35	0,35	0,32	0,34	0,41	0,06
Архангельская область	0,35	0,39	0,35	0,24	0,26	-0,09
Вологодская область	0,81	0,77	0,78	0,81	0,83	0,02
Калининградская область	0,33	0,28	0,43	0,61	0,59	0,26
Ленинградская область	0,62	0,65	0,75	0,91	1,10	0,49
Мурманская область	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	-0,03
Новгородская область	0,30	0,28	0,29	0,30	0,52	0,22
Псковская область	0,35	0,27	0,36	0,54	0,26	-0,08
<b>ХН</b>						
РФ	877,92	865,09	862,88	847,10	831,90	-46,02
СЗФО	11,65	11,29	10,81	10,22	10,32	-1,32
Республика Карелия	0,49	0,50	0,47	0,44	0,42	-0,07
Республика Коми	0,99	0,89	0,80	0,73	0,70	-0,29
Архангельская область	0,77	0,81	0,73	0,67	0,62	-0,14
Вологодская область	3,04	3,01	2,85	2,78	2,41	-0,63
Калининградская область	2,43	2,46	2,53	2,30	2,73	0,30
Ленинградская область	1,79	1,71	1,61	1,63	1,81	0,02
Мурманская область	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	-0,02
Новгородская область	0,86	0,75	0,73	0,71	0,70	-0,16
Псковская область	1,26	1,15	1,07	0,96	0,92	-0,34

Источник: рассчитано по данным Росстата [23; 24; 25].

Table 2

**Production of cattle meat for slaughter in slaughter weight in farms of small forms  
of the Russian Federation and Northwestern Federal District in 2016–2020, thousand tons**

Territories	2017	2018	2019	2020	2021	Change 2021 to 2017, p. p.
<b>P(F)E and IE</b>						
Russian Federation	147.03	161.41	172.84	181.46	198.10	51.07
Northwestern Federal District	3.24	3.10	3.41	3.89	4.11	0.88
Republic of Karelia	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.04
Komi Republic	0.35	0.35	0.32	0.34	0.41	0.06
Arkhangelsk region	0.35	0.39	0.35	0.24	0.26	-0.09
Vologda region	0.81	0.77	0.78	0.81	0.83	0.02
Kaliningrad region	0.33	0.28	0.43	0.61	0.59	0.26
Leningrad region	0.62	0.65	0.75	0.91	1.10	0.49
Murmansk region	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	-0.03
Novgorod region	0.30	0.28	0.29	0.30	0.52	0.22
Pskov region	0.35	0.27	0.36	0.54	0.26	-0.08
<b>HP</b>						
Russian Federation	877.92	865.09	862.88	847.10	831.90	-46.02
Northwestern Federal District	11.65	11.29	10.81	10.22	10.32	-1.32
Republic of Karelia	0.49	0.50	0.47	0.44	0.42	-0.07
Komi Republic	0.99	0.89	0.80	0.73	0.70	-0.29
Arkhangelsk region	0.77	0.81	0.73	0.67	0.62	-0.14
Vologda region	3.04	3.01	2.85	2.78	2.41	-0.63
Kaliningrad region	2.43	2.46	2.53	2.30	2.73	0.30
Leningrad region	1.79	1.71	1.61	1.63	1.81	0.02
Murmansk region	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	-0.02
Novgorod region	0.86	0.75	0.73	0.71	0.70	-0.16
Pskov region	1.26	1.15	1.07	0.96	0.92	-0.34

Source: calculated according to Rosstat data [23; 24; 25].

Таблица 3

Удельный вес производства мяса КРС на убой в убойном весе хозяйствами малых форм РФ и СЗФО в хозяйствах всех категорий в 2016–2020 г.

ЭКОНОМИКА

Территории	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Изменение 2021 г. к 2017 г., п. п.
<b>К(Ф)Х и ИП</b>						
РФ	9,37	10,04	10,64	11,11	12,13	2,76
СЗФО	6,60	6,25	6,94	7,89	8,35	1,74
Республика Карелия	3,12	3,69	4,70	4,94	5,58	2,46
Республика Коми	16,55	17,47	16,28	19,21	23,23	6,68
Архангельская область	11,86	13,44	12,62	9,28	9,85	-2,01
Вологодская область	6,57	6,17	6,30	6,32	6,44	-0,14
Калининградская область	5,85	4,41	6,89	10,14	9,86	4,01
Ленинградская область	3,71	3,94	4,50	5,32	6,43	2,72
Мурманская область	19,74	12,93	15,93	13,48	14,33	-5,42
Новгородская область	13,38	12,51	14,29	17,48	30,01	16,62
Псковская область	6,93	5,23	6,88	10,43	5,02	-1,91
<b>ХН</b>						
РФ	55,94	55,13	54,99	53,98	53,01	-2,93
СЗФО	23,78	23,05	22,07	20,86	21,07	-2,70
Республика Карелия	29,67	30,21	28,05	26,13	25,41	-4,26
Республика Коми	46,37	41,77	37,55	34,27	32,68	-13,69
Архангельская область	26,12	27,45	24,75	22,84	21,28	-4,84
Вологодская область	24,68	24,44	23,12	22,57	19,57	-5,11
Калининградская область	42,60	43,09	44,21	40,29	47,78	5,18
Ленинградская область	10,76	10,28	9,68	9,79	10,91	0,14
Мурманская область	6,15	6,15	9,23	2,31	2,05	-4,10
Новгородская область	38,31	33,32	32,65	31,45	31,22	-7,09
Псковская область	25,14	22,94	21,43	19,29	18,43	-6,71

Источник: рассчитано по данным Росстата [23; 24; 25].

Table 3

The share of production of cattle meat for slaughter in slaughter weight by farms of small forms of the Russian Federation and the Northwestern Federal District in farms of all categories in 2016–2020

Territories	2017	2018	2019	2020	2021	Change 2021 to 2017, p. p.
<b>P(F)E and IE</b>						
Russian Federation	9.37	10.04	10.64	11.11	12.13	2.76
Northwestern Federal District	6.60	6.25	6.94	7.89	8.35	1.74
Republic of Karelia	3.12	3.69	4.70	4.94	5.58	2.46
Komi Republic	16.55	17.47	16.28	19.21	23.23	6.68
Arkhangelsk region	11.86	13.44	12.62	9.28	9.85	-2.01
Vologda region	6.57	6.17	6.30	6.32	6.44	-0.14
Kaliningrad region	5.85	4.41	6.89	10.14	9.86	4.01
Leningrad region	3.71	3.94	4.50	5.32	6.43	2.72
Murmansk region	19.74	12.93	15.93	13.48	14.33	-5.42
Novgorod region	13.38	12.51	14.29	17.48	30.01	16.62
Pskov region	6.93	5.23	6.88	10.43	5.02	-1.91
<b>HP</b>						
Russian Federation	55.94	55.13	54.99	53.98	53.01	-2.93
Northwestern Federal District	23.78	23.05	22.07	20.86	21.07	-2.70
Republic of Karelia	29.67	30.21	28.05	26.13	25.41	-4.26
Komi Republic	46.37	41.77	37.55	34.27	32.68	-13.69
Arkhangelsk region	26.12	27.45	24.75	22.84	21.28	-4.84
Vologda region	24.68	24.44	23.12	22.57	19.57	-5.11
Kaliningrad region	42.60	43.09	44.21	40.29	47.78	5.18
Leningrad region	10.76	10.28	9.68	9.79	10.91	0.14
Murmansk region	6.15	6.15	9.23	2.31	2.05	-4.10
Novgorod region	38.31	33.32	32.65	31.45	31.22	-7.09
Pskov region	25.14	22.94	21.43	19.29	18.43	-6.71

Source: calculated according to Rosstat data [23; 24; 25].

Таблица 4

Производство мяса КРС на убой в убойном весе в хозяйствах всех категорий в расчете на 1 чел., кг

Территории	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Изменение 2021 г. к 2017 г., %
Российская Федерация	10,7	11,0	11,1	11,2	11,5	107,4
Северо-Западный федеральный округ	3,5	3,5	3,5	3,5	3,7	106,8
Республика Карелия	2,7	2,5	2,5	2,6	2,2	83,1
Республика Коми	2,5	2,4	2,4	2,2	2,4	93,6
Архангельская область	2,5	2,6	2,4	2,3	2,6	102,8
Вологодская область	10,5	10,7	10,7	11,2	10,8	103,6
Калининградская область	5,7	6,2	6,2	5,9	6,7	116,6
Ленинградская область	9,2	9,0	8,8	9,1	10,4	113,6
Ленинградская область и г. Санкт-Петербург	2,3	2,3	2,3	2,4	2,7	117,2
Мурманская область	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	97,8
Новгородская область	3,7	3,7	3,4	2,9	3,5	94,7
Псковская область	7,8	8,1	8,3	8,4	7,3	93,1

Источник: рассчитано по данным Росстата [23; 24; 25; 27].

Table 4

Production of cattle meat for slaughter in slaughter weight in farms of all categories per 1 person, kg

Territories	2017	2018	2019	2020	2021	Change 2021 to 2017, p. p.
Russian Federation	10.7	11.0	11.1	11.2	11.5	107.4
Northwestern Federal District	3.5	3.5	3.5	3.5	3.7	106.8
Republic of Karelia	2.7	2.5	2.5	2.6	2.2	83.1
Komi Republic	2.5	2.4	2.4	2.2	2.4	93.6
Arkhangelsk region	2.5	2.6	2.4	2.3	2.6	102.8
Vologda region	10.5	10.7	10.7	11.2	10.8	103.6
Kaliningrad region	5.7	6.2	6.2	5.9	6.7	116.6
Leningrad region	9.2	9.0	8.8	9.1	10.4	113.6
Leningrad region and the city of Saint Petersburg	2.3	2.3	2.3	2.4	2.7	117.2
Murmansk region	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	97.8
Novgorod region	3.7	3.7	3.4	2.9	3.5	94.7
Pskov region	7.8	8.1	8.3	8.4	7.3	93.1

Source: calculated according to Rosstat data [23; 24; 25; 27].



Рис. 2. Ключевые моменты цифровизации скотоводческих хозяйств малых форм мясного направления в СЗФО

Источник: разработано автором

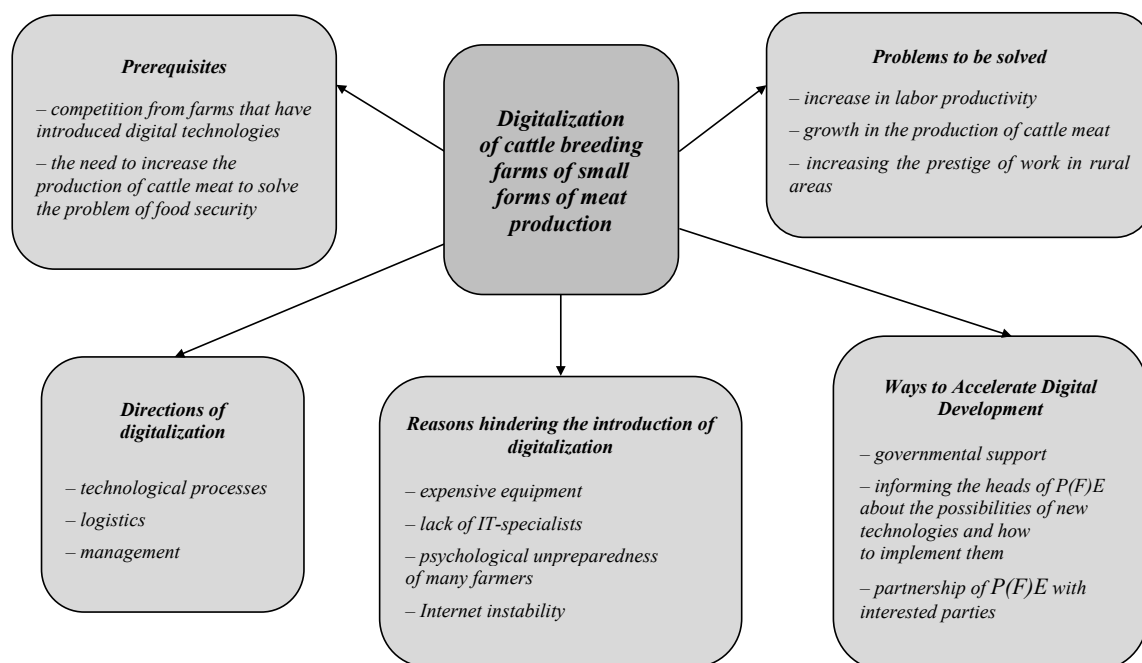


Fig. 2. Key moments of digitalization of small-scale cattle breeding farms in the Northwestern Federal District  
Source: developed by the author

В связи с этим необходимо увеличивать производство мяса КРС. В настоящее время в СЗФО существует много небольших участков неиспользуемых в сельском хозяйстве земель, на которых можно развить мясное скотоводство в рамках крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйств. При применении цифровых технологий это можно сделать в ближайшее время. Благодаря этому на селе возникнут рабочие места, поднимется престижность труда в сельской местности.

Цифровизацию необходимо осуществлять по следующим направлениям: технологические процессы, логистика, управление. По каждому блоку существуют свои особенности, применяются разные цифровые технологии. Начинать можно с недорогостоящих. Например, для цифровизации управления на первоначальном этапе можно использовать бесплатную программу Excel, а затем уже перейти к специализированным программам.

Внедрение цифровизации в хозяйствах малых форм в настоящее время сдерживают следующие факторы: нехватка денежных средств, обученных специалистов, нестабильность интернета. Новые технологии вызывают психологический дискомфорт у немалого числа фермеров, что тоже замедляет их распространение. Возможно привлечение квалифицированных специалистов из города, обучение детей фермеров. Все это свидетельствует о переходе села на новый технологический уровень. О. А. Коропец, Е. Х. Тухтарова [28] исследовали влияние цифровизации на безработицу в регионах России и пришли к выводу, что внедрение цифровых технологий оказывает на нее разновекторное

влияние, востребованными становятся специалисты, владеющие информационными технологиями. При этом возникает разрыв между различными регионами. Для сглаживания такой дифференциации, по нашему мнению, необходима государственная поддержка как финансового, так и информационного характера. Кроме того, владельцы хозяйств малых форм могут вступать в различные партнерства с заинтересованными сторонами, что со временем сформирует основу для кооперации.

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

Необходимость наращивания производства говядины в СЗФО создает предпосылки для развития этого направления в хозяйствах малых форм. Для поддержания конкурентоспособного уровня эти хозяйства нуждаются в поддержке государства в виде грантов, субсидий, применении административного ресурса для вовлечения в оборот неиспользуемых земельных угодий. Различные формы партнерских отношений между владельцами личных подсобных и фермерских хозяйств, включая кооперацию, повышают их устойчивость наряду с крупными сельскохозяйственными организациями и агрохолдингами. Имеющиеся цифровые технологии при условии их успешного внедрения в хозяйствах позволяют повысить качество производимой продукции, увеличить размер хозяйства, улучшить условия труда, закрепить кадры на селе.

#### Благодарности (Acknowledgements)

Исследование проведено в рамках выполнения Государственного задания по бюджетной теме № FFZF-2022-18.

## Библиографический список

1. Костяев А. И., Никонова Г. Н. Влияние отраслей животноводства на развитие сельских территорий // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. Т. 22. № 4. С. 608–619. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.608-619.
2. Суровцев В. Н. Перспективы и факторы развития семейных К(Ф)Х в эпоху перехода сельскохозяйственного производства к «Индустрии 4.0» // *АПК: экономика, управление*. 2022. № 1. С. 57–64. DOI: 10.33305/221-57.
3. Dibirov A. A., Dibirova K. N. Prospects and problems of digitalization of the agricultural economy // *Agriculture digitalization and organic production. Series “Smart Innovation, Systems and Technologies”*. 2022. Vol. 245. Pp. 207–220.
4. Дибиров А. А. Роль цифровизации в развитии АПК и сельских территорий региона // *Экономика сельского хозяйства России*. 2022. № 11. С. 37–45. DOI: 10.32651/2211-37.
5. Смирнова В. В. Стратегия развития мясного скотоводства в Северо-Западном регионе России // *Эффективное животноводство*. 2018. № 5. С. 39–41.
6. Башмачников В. Ф., Фролова Е. Ю. Развитие производства молока и мяса крупного рогатого скота в личных подсобных и фермерских хозяйствах в рамках кооперативных систем // *Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. Научно-теоретический журнал*. 2020. № 3. С. 85–95.
7. Башмачников В. Ф. [и др.] *Фермерство семейного типа: потенциал, практика развития: монография*. Т. 2. Москва: ООО «Брейн Принт», 2022. 470 с.
8. Ожерельев В. Н., Ожерельева М. В., Кистень Т. Н. Перспективы кооперирования фермеров и крупных агрохолдингов в мясном скотоводстве России // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2014. № 9. С. 17–19.
9. Дусаева Е. М., Курманова А. Х. Преимущества мясного скотоводства в новых парадигмах развития // *Животноводство и кормопроизводство*. 2018. Т. 101. № 2. С. 112–120.
10. Дусаева Е. М. Мясное скотоводство в фермерских хозяйствах: взгляд в будущее // *Мясное скотоводство – приоритеты и перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции*. – Оренбург: Изд-во ФНЦ БСТ РАН, 2018. С. 47–53.
11. Усманова Е. Н., Кузякина Л. И. Опыт разведения мясного скота в штате Виргиния (США) // *Молочное и мясное скотоводство*. 2017. № 6. С. 18–21.
12. Сидорова В. Ю. Современное состояние отрасли мясного животноводства в западных странах и перспективы его развития в Российской Федерации // *Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения: материалы XXV международной научно-практической конференции*. Подольск, 2019. С. 34–39.
13. Сидорова В. Ю. Современные цифровые системы в мясном скотоводстве западных стран и их особенности // *Техника и технологии в животноводстве*. 2021. № 3 (43). С. 38–42.
14. Дежина И. Г. [и др.] *Технологическая трансформация мясного и молочного скотоводства. Аналитический доклад*. Москва: Издательство «Спутник+», 2022. 234 с.
15. Буклагин Д. С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 2 (104). Ч. 1. С. 136–144. DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.2.026.
16. Буклагин Д. С. Цифровые технологии и системы управления в животноводстве // *Техника и технологии в животноводстве*. 2020. № 4 (40) С. 105–112.
17. Рахимова Е. А. Подходы к формированию научных основ цифровизации крестьянских (фермерских) хозяйств Ленинградской области // *АПК: экономика, управление*. 2022. № 12. С. 32–40. DOI: 10.33305/2212-32.
18. Мирошников С. А. Развитие мясного скотоводства России: инновационный или традиционный путь // *Инновационное развитие АПК в России: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ФГБНУ Всероссийского НИИ мясного скотоводства*. Оренбург, 2015. С. 3–6.
19. Костюк Р. Парадокс мясного скотоводства // *Животноводство России*. 2022. № 7. С. 54–57.
20. Советова Н. П. Цифровизация сельских территорий: от теории к практике // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2021. Т. 14. № 2. С. 105–124. DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.7.
21. Косогор С. Трансформация сельского хозяйства: цифровые возможности развития // *Системы безопасности*. 2022. № 3. С. 27–29.
22. Белая А. Конец ручного управления. Какие цифровые технологии внедряются на животноводческих предприятиях [Электронный ресурс] // *Агроинвестор*. 2020. № 3. URL: <https://www.agroinvestor.ru/animal/article/33325-konets-ruchnogo-upravleniya-kakie-tsifrovye-tekhnologii-vnedryayutsya-na-zhivotnovodcheskikh-predprii> (дата обращения: 28.09.2022).

23. Производство продукции животноводства в Российской Федерации (пересчитанные данные с учетом итогов ВСХП 2016) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 03.10.2022).
24. Производство продукции животноводства в Российской Федерации в 2019 году [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 03.10.2022).
25. Производство продукции животноводства в Российской Федерации в 2021 году [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 03.10.2022).
26. Приказ Министерства здравоохранения РФ «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» от 19.08.2016 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784> (дата обращения: 05.10.2022).
27. Численность постоянного населения в среднем за год [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 03.10.2022).
28. Коропец О. А., Тухтарова Е. Х. Влияние передовых технологий Индустрии 4.0 на безработицу в российских регионах // Экономика региона. 2021. Т. 17. Вып. 1. С. 182–196. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-14.

**Об авторе:**

Евгения Александровна Рахимова<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник  
<sup>1</sup>Институт аграрной экономики и развития сельских территорий Санкт-Петербургского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия,  
 ORCID 0000-0002-2543-3529, AuthorID 480467; +7 960 242-39-10, [rakhimova.e@spcras.ru](mailto:rakhimova.e@spcras.ru)

## Beef cattle breeding in farms of small forms in the conditions of digitalization

E. A. Rakhimova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Institute of Agricultural Economics and Rural Development of the Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

✉E-mail: [rakhimova.e@spcras.ru](mailto:rakhimova.e@spcras.ru)

**Abstract.** Cattle meat is a popular food product for the population of the Northwestern region, while there is a need to increase its production. The use of digital technologies allows small farms to compete with large beef producers. **The purpose** of this study is to identify the specific features of the development of beef cattle breeding in the North-West in small-scale farms in the conditions of digitalization. **Methods.** Methods of socio-economic analysis, graphical, computational and analytical methods, and a systematic approach were used in the study. **Results.** The approaches of agricultural scientists to solving the issue of beef production in small farms are systematized. Various forms of interaction between the owners of these farms, including cooperation, are considered. The graphically organizational scheme of the current agricultural consumer cooperative for fattening cattle is presented, as well as other examples of successful cooperative relationships that can be used in the creation of cooperatives. The features of the Northwestern Federal District that can be used for the development of beef cattle breeding in small-scale farms have been identified. The significant role of peasant (farm) economy (P(F)E) and individual entrepreneurs (IE), as well as households of the population (HP) in beef production in the Northwestern Federal District in 2017–2021 has been clarified. It is established that the recommended rational rate of beef consumption is not provided by its own production in any subject of the Northwestern Federal District and in the Russian Federation as a whole. The key points of digitalization of small-scale farms producing cattle meat are presented graphically in the form of a diagram. The main reasons hindering the introduction of digital technologies in small-scale cattle farms are identified, and ways to accelerate this process are proposed. **Scientific novelty.** It is revealed that farms of small forms of the Northwestern Federal District have unrealized potential for the cultivation of beef cattle, which can be realized with the availability of a system of state support, the development of partnerships in various forms, including cooperation and the introduction of digital technologies.

**Keywords:** beef cattle breeding, Northwestern region, digital technologies, digitalization, small-scale farms, cooperation, potential, state support.

**For citation:** Rakhimova E. A. Myasnoe skotovodstvo v khozyaystvakh malykh form v usloviyakh tsifrovizatsii [Beef cattle breeding in farms of small forms in the conditions of digitalization] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 04 (233). Pp. 90–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-90-102. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 14.12.2022, **date of review:** 17.01.2023, **date of acceptance:** 27.01.2023.

### References

1. Kostyaev A. I., Nikonova G. N. Vliyanie otrasley zhivotnovodstva na razvitie sel'skikh territoriy [The impact of livestock industries on the development of rural areas] // Agricultural science Euro-North-East. 2021. Vol. 22. No. 4. Pp. 608–619. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.608-619. (In Russian.)
2. Surovtsev V. N. Perspektivy i faktory razvitiya semeynykh K(F)Kh v epokhu perekhoda sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva k "industrii 4.0" [Prospects and factors for the development of family peasant (farm) enterprises in the era of the transition of agricultural production to "industry 4.0"] // AIC: economics, management. 2022. No. 1. Pp. 57–64. DOI: 10.33305/221-57. (In Russian.)
3. Dibirov A. A., Dibirova K. H. Prospects and problems of digitalization of the agricultural economy // Agriculture digitalization and organic production. Series "Smart Innovation, Systems and Technologies". 2022. Pp. 207–220.
4. Dibirov A. A. Rol' tsifrovizatsii v razvitiy APK i sel'skikh territoriy regiona [The role of digitalization in the development of the agro-industrial complex and rural areas of the region] // Economics of Agriculture of Russia. 2022. No. 11. Pp. 37–45. DOI: 10.32651/2211-37. (In Russian.)
5. Smirnova V. V. Strategiya razvitiya myasnogo skotovodstva v Severo-Zapadnom regione Rossii [Strategy for the development of beef cattle breeding in the North-West region of Russia] // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2018. No. 5. Pp. 39–41. (In Russian.)
6. Bashmachnikov V. F., Frolova E. Yu. Razvitie proizvodstva moloka i myasa krupnogo rogatogo skota v lichnykh podsobnykh i fermerskikh khozyaystvakh v ramkakh kooperativnykh sistem [Development of the production of milk and cattle meat in personal subsidiary plots and farms within the framework of cooperative systems] // Fundamental and Applied Research Studies of the Economics Cooperative Sector. 2020. No. 3. Pp. 85–95. (In Russian.)
7. Bashmachnikov V. F. et al. Fermerstvo semeynogo tipa: potentsial, praktika razvitiya: monografiya [Family-type farming: potential, development practice: monograph]. Vol. 2. Moscow: OOO "Breynt Print". 2022. 470 p. (In Russian.)
8. Ozherel'ev V. N., Ozherel'eva M. V., Kisten' T. N. Perspektivy kooperirovaniya fermerov i krupnykh agrokholdingov v myasnom skotovodstve Rossii [Prospects for cooperation between farmers and large agricultural holdings in beef cattle breeding in Russia] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2014. No. 9. Pp. 17–19. (In Russian.)
9. Dusaeva E. M., Kurmanova A. Kh. Preimushchestva myasnogo skotovodstva v novykh paradigmakh razvitiya [Benefits of beef cattle breeding in new development paradigms] // Animal husbandry and fodder production. 2018. T. 101. No 2. Pp. 112–120. (In Russian.)
10. Dusaeva E. M. Myasnoe skotovodstvo v fermerskikh khozyaystvakh: vzglyad v budushchee [Beef cattle breeding in farms: a look into the future] // Myasnoe skotovodstvo – priority i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Orenburg: Izd-vo FNTs BST RAN. 2018. Pp. 47–53. (In Russian.)
11. Usmanova E. N., Kuzyakina L. I. Opyt razvedeniya myasnogo skota v shtate Virginiya (SShA) [Beef Cattle Experience in Virginia (United States of America)] // Dairy and beef cattle farming. 2017. No. 6. Pp. 18–21. (In Russian.)
12. Sidorova V. Yu. Sovremennoe sostoyanie otrasli myasnogo zhivotnovodstva v zapadnykh stranakh i perspektivy ego razvitiya v Rossiyskoy Federatsii [The current state of the beef cattle breeding industry in Western countries and the prospects for its development in the Russian Federation] // Povyshenie konkurentosposobnosti zhivotnovodstva i zadachi kadrovogo obespecheniya: materialy XXV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Rossiyskaya akademiya menedzhmenta v zhivotnovodstve. Podolsk, 2019. Pp. 34–39. (In Russian.)
13. Sidorova V. Yu. Sovremennyye tsifrovyye sistemy v myasnom skotovodstve zapadnykh stran i ikh osobennosti [Modern digital systems in beef cattle breeding in Western countries and their features] // Machinery and technologies in livestock. 2021. No. 3 (43). Pp. 38–42. (In Russian.)
14. Dezhina I. G. et al. Tekhnologicheskaya transformatsiya myasnogo i molochnogo skotovodstva. Analiticheskiy doklad [Technological transformation of meat and dairy cattle breeding. Analytical report]. Moscow: Izdatel'stvo "Sputnik+". 2022. 234 p. (In Russian.)

15. Buklagin D. S. Tsifrovye tekhnologii upravleniya sel'skim khozyaystvom [Digital technologies for agricultural management] // International Research Journal. 2021. No. 2 (104). Ch. 1. Pp. 136–144. DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.2.026. (In Russian.)
16. Buklagin D. S. Tsifrovye tekhnologii i sistemy upravleniya v zhivotnovodstve [Digital technologies and management systems in animal husbandry] // Machinery and technologies in livestock. 2020. No. 4 (40). Pp. 105–112. (In Russian.)
17. Rakhimova E. A. Podkhody k formirovaniyu nauchnykh osnov tsifrovizatsii krest'yanskikh (farmerskikh) khozyaystv Leningradskoy oblasti [Approaches to the formation of scientific foundations for the digitalization of peasant (farm) farms in the Leningrad Region] // AIC: economics, management. 2022. No. 12. Pp. 32–40. DOI: 10.33305/2212-32. (In Russian.)
18. Miroshnikov S. A. Razvitie myasnogo skotovodstva Rossii: innovatsionny ili traditsionny put' [Development of beef cattle breeding in Russia: innovative or traditional way] // Innovatsionnoe razvitie APK v Rossii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 85-letiyu FGBNU Vserossiyskogo NII myasnogo skotovodstva. Orenburg, 2015. Pp. 3–6. (In Russian.)
19. Kostyuk R. Paradoks myasnogo skotovodstva [The beef cattle paradox] // Animal Husbandry of Russia. 2022. No. 7. Pp. 54–57. (In Russian.)
20. Sovetova N. P. Tsifrovizatsiya sel'skikh territoriy: ot teorii k praktike [Digitalization of rural areas: from theory to practice] // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2021. Vol. 14. No. 2. Pp. 105–124. DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.7. (In Russian.)
21. Kosogor S. Transformatsiya sel'skogo khozyaystva: tsifrovye vozmozhnosti razvitiya [Agriculture Transformation: Digital Development Opportunities] // Security and safety. 2022. No. 3. Pp. 27–29. (In Russian.)
22. Belaya A. Konets ruchnogo upravleniya. Kakie tsifrovye tekhnologii vnedryayutsya na zhivotnovodcheskikh predpriyatiyakh [End of manual control. What digital technologies are being introduced at livestock enterprises] [e-resource] // Agroinvestor. 2020. No. 3. URL: <https://www.agroinvestor.ru/animal/article/33325-konets-ruchnogo-upravleniya-kakie-tsifrovye-tekhnologii-vnedryayutsya-na-zhivotnovodcheskikh-predpri> (date of reference: 28.09.2022). (In Russian.)
23. Proizvodstvo produktsii zhivotnovodstva v Rossiyskoy Federatsii (pereschitannye dannye s uchetom itogov VSKhP 2016) [Livestock production in the Russian Federation (recalculated taking into account the results of the All-Russian Agricultural Census 2016)] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (date of reference: 03.10.2022). (In Russian.)
24. Proizvodstvo produktsii zhivotnovodstva v Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu [Livestock production in the Russian Federation in 2019] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (date of reference: 03.10.2022). (In Russian.)
25. Proizvodstvo produktsii zhivotnovodstva v Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu [Livestock production in the Russian Federation in 2021] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (date of reference: 03.10.2022). (In Russian.)
26. Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya RF “Ob utverzhenii rekomendatsiy po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya” ot 19.08.2016 g. [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation “On the approval of recommendations on rational norms for the consumption of food products that meet modern requirements for a healthy diet” dated August 19, 2016] [e-resource]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784> (date of reference: 05.10.2022). (In Russian.)
27. Chislennost' postoyannogo naseleniya v srednem za god [Annual average resident population] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (date of reference: 03.10.2022). (In Russian.)
28. Koropets O. A., Tukhtarova E. Kh. Vliyanie peredovykh tekhnologiy Industrii 4.0 na bezrobotitsu v rossiyskikh regionakh [The Impact of Industry 4.0 Advanced Technologies on Unemployment in Russian Regions] // Economy of regions. 2021. Vol. 17. Iss. 1. Pp. 182–196. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-14. (In Russian.)

#### **Author's information:**

Evgeniya A. Rakhimova<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, associate professor, leading researcher, ORCID 0000-0002-2543-3529, AuthorID 480467; +7 960 242-39-10, [rakhimova.e@spcras.ru](mailto:rakhimova.e@spcras.ru)

<sup>1</sup> Institute of Agricultural Economics and Rural Development of the Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Pushkin, 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. Liebkecht str.**

**Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»**

**Редакция журнала:**

*A. V. Ручкин* – кандидат социологических наук, шеф-редактор

*O. A. Багрецова* – ответственный редактор

*A. V. 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](mailto: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 Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Дата выхода в свет: 09.04.2023 г. Усл. печ. л. 11,8. Авт. л. 9,4.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

