



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2022
№10 (225)**

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. Исмуратов, 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 Шириншо 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, “Uralplemtsentr” (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. Pashtetkiy, 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

Contents

Агротехнологии

Agrotechnologies

<i>С. В. Иванова, О. В. Курдакова</i> Адаптивность лядвенца рогатого в Нечерноземье России	2	<i>S. V. Ivanova, O. V. Kurdakova</i> Adaptability indicators of the lotus corniculatus in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia
<i>М. С. Лёзин, В. А. Лёзина</i> Роль экологических факторов в нерегулярном плодоношении культуры абрикоса в условиях лесостепи Зауралья	12	<i>M. S. Lezin, V. A. Lezina</i> The role of environmental factors in the irregular fruiting of apricot culture in the conditions of the forest-steppe of the Trans-Urals
<i>Н. И. Мамсиров, А. Ю. Кишев, А. А. Мнатсаканян</i> Оптимизация питательного режима озимой пшеницы	21	<i>N. I. Mamsirov, A. Yu. Kishev, A. A. Mnatsakanyan</i> Optimization of the nutritional regime of winter wheat
<i>А. С. Попов, А. А. Сухарев, Г. В. Овсянникова, Н. С. Кравченко</i> Эффективность применения азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник	33	<i>A. S. Popov, A. A. Sukharev, G. V. Ovsyannikova, N. S. Kravchenko</i> Nitrogen fertilizers efficiency in the cultivation of winter wheat sown after sunflower
<i>Биология и биотехнологии</i>		
<i>А. Ф. Контэ, А. А. Белоус, П. И. Отрадных</i> Племенная ценность кормового поведения свиней	44	<i>A. F. Konte, A. A. Belous, P. I. Otradnov</i> Breeding value of feeding behavior of pigs
<i>А. Д. Решетников, А. И. Барашкова, Л. М. Будищева</i> Анализ плотности популяции Diptera: Muscidae в объектах животноводства	54	<i>A. D. Reshetnikov, A. I. Barashkova, L. M. Budishcheva</i> Population density analysis of Diptera: Muscidae in livestock objects
<i>V. I. Tyshchenko</i> Multilocus genetic analysis of two-breed chicken hybrids	63	<i>V. I. Tyshchenko</i> Multilocus genetic analysis of two-breed chicken hybrids
<i>Экономика</i>		
<i>Д. П. Кравченко, З. Ч. Пак, В. С. Кухарь</i> Формирование инновационной модели аграрного сектора экономики России	68	<i>D. P. Kravchenko, Z. Ch. Pak, V. S. Kukhar</i> Formation of an innovative model in the Russian agriculture sector
<i>Л. Е. Красильникова, О. А. Рущицкая, Д. А. Баландин, С. С. Федосеева</i> Оценка резильентности сельского территориального пространства	78	<i>L. E. Krasilnikova, O. A. Rushchitskaya, D. A. Balandin, S. S. Fedoseeva</i> Resilience assessment of the rural territorial space
<i>М. А. Холодова</i> Архитектура стратегического планирования развития аграрного сектора	91	<i>M. A. Kholodova</i> Strategic planning architecture development of the agricultural sector

Адаптивность лядвенца рогатого в Нечерноземье России

С. В. Иванова¹✉, О. В. Курдакова¹

¹ Федеральний научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ E-mail: s.ivanova.sml@fncl.ru

Аннотация. Цель исследований – сравнительное изучение образцов лядвенца рогатого со стандартом Смоленский 1, а также со средним значением урожайности зеленой массы по опыту для выявления наиболее продуктивных и адаптированных к условиям Смоленской области сортономеров для дальнейшей передачи на следующий этап селекционного изучения. **Научная новизна** работы заключается в том, что в селекционном питомнике ФГБНУ ФНЦ ЛК на посевах лядвенца рогатого впервые были изучены результаты адаптивности по показателю урожайности зеленой массы. **Методы.** Рассчитывались показатели пластичности (bi), стабильности (S_d^2), генетической гибкости ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$), стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$), коэффициент вариации (V), коэффициент адаптивности (КА), коэффициент выравненности (B), размах урожайности (d). Почва участка дерново-среднеподзолистая со средним содержанием гумуса 2,3, P_2O_5 222–240 мг/кг, K_2O 102–170 мг/кг почвы, $pH_{\text{сол}}$ 4,9–5,4. Погодно-климатические условия за 2017–2020 гг. были различными: так, ГТК составил 1,2–2,4; САТ 2200–2400 °С. **Результаты.** Из 16 сортономеров самыми урожайными оказались Е-25 (59,3 т/га) и Е-49 (48,1 т/га). Повышенной стрессоустойчивостью обладают номера Е-8, Е-11, Смоленский 1, Е-6, Е-9, Е-50 и Е-25 (–18,8...–28,8 т/га). Лучший показатель генетической гибкости у Е-25, Е-10, Е-16 (52,4 т/га, 48,8 т/га и 45,5 т/га соответственно). Наиболее пластичны образцы Е-19 (1,09), Е-50 (1,05), Е-16 и Е-26 (1,02), Е-6 (0,99). В опыте более стабильны Е-26 (6,27), Е-47 (7,67), Е-16 (8,43) и Е-6 (8,47). Высокую адаптивность показали Е-25, Е-11, Е-10, Е-49 с коэффициентом КА = 1,31...1,06. Хорошей агрономической стабильностью обладают Е-9, Е-10, Е-12, Смоленский 1, Е-47, Е-25, Е-16, Е-6, Е-26 с коэффициентом $B = 80,4...70,1$ %. Всесторонний анализ показателей позволил выделить наиболее ценные для селекционного процесса сортономера лядвенца рогатого для дальнейшего размножения и передачи на следующий этап селекционного изучения: Е-6, Е-9, Е-10, Е-11, Е-12, Е-16, Е-19, Е-25, Е-26, Е-47, Е-49.

Ключевые слова: лядвенец рогатый, урожайность, адаптивность, сорт, сортономер.

Для цитирования: Иванова С. В., Курдакова О. В. Адаптивность лядвенца рогатого в Нечерноземье России // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-2-11.

Дата поступления статьи: 11.07.2022, **дата рецензирования:** 27.07.2022, **дата принятия:** 05.08.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Развитие сельского хозяйства страны в современных условиях ограниченного ресурсного обеспечения должно основываться на максимальном использовании природно-климатических, экологических и биологических факторов. Кормопроизводство играет роль основной отрасли, оказывающей главное влияние на состояние животноводства и на повышение эффективности земледелия [13, с. 3; 7, с. 28].

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса стало обеспечение отрасли животноводства белковыми кормами высокого качества и в достаточном объеме. При недостатке протеина в кормах проявляется негативное воздействие на здоровье животных, снижается их продуктивность,

нарушаются обменные процессы, происходит перерасход кормов и увеличивается себестоимость продукции. Объемные корма высокого качества уменьшают расход концентратов для получения животными средней и высокой продуктивности [1, с. 17; 12, с. 9; 2, с. 5].

Для лучшего развития отрасли животноводства необходимо увеличение объемов производства качественных кормов на весь период содержания. В условиях Центрального района Нечерноземной зоны РФ сенокосы и пастбища, площадь которых составляет 8,4 млн га, являются основным источником получения высококачественных кормов для животных. Около $\frac{1}{4}$ этих площадей занимают сенокосы, имеющие большое значение для отрасли животноводства, так как длительность стойлового

периода у крупного рогатого скота в среднем в два раза превышает пастбищный. Сенокосы и пастбища играют важную роль не только в кормопроизводстве. Они оказывают влияние на рациональное природопользование, повышение плодородия почв, накопление гумуса и азота, уменьшая тем самым использование дорогостоящих удобрений [8, с. 25; 23, р. 315].

Основу кормопроизводства составляет совершенствование современных технологий производства, хранения, и использования кормов, а также разработка приемов увеличения продуктивности кормовых растений в полеводстве и на сенокосах и пастбищах. Эффективным пастбищем считается то, которое обеспечивает кормом с ранней весны до поздней осени. Достичь этого можно, высевая подходящие виды трав. Самым доступным способом повышения уровня кормопроизводства и получения высококачественного кормового белка является возделывание многолетних бобовых трав [21, р. 390; 19, р. 354]. Лядвенец рогатый удовлетворяет всем этим требованиям. Кроме того, основной задачей остается рост производства и уменьшение

затрат. Этого можно достичь путем использования в хозяйствах новых высокопродуктивных сортов. В условиях изменения климата необходимо применять особый подход к этим вопросам [14, с. 97; 10, с. 33].

Лядвенец рогатый – одна из перспективных культур для сенокосов и пастбищ, отличающаяся хорошей зимостойкостью, засухоустойчивостью, долговечностью. Лучше других бобовых переносит повышенную кислотность и вытаптывание животными; проявляет высокую устойчивость к болезням и вредителям, дает 2–3 полноценных укоса зеленой массы. Кормовые качества лядвенца рогатого близки к таковым у клевера и люцерны. При поедании животными не вызывает тимпаний, что является его преимуществом перед другими бобовыми. Однако широкого распространения он не имеет, так как нет научно обоснованных рекомендаций возделывания его на семена, а также мало сортов и дефицит семян в хозяйствах. На 2022 г. в реестр селекционных достижений входят всего 8 районированных сортов лядвенца рогатого. В отличие от клевера лугового растениям лядвенца рогатого свойственно растре-

Таблица 1
Средние агрохимические показатели пахотного слоя почвы (0–20 см) на опытном участке

Год исследования	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{соль.}
2017	2,30	240	170	5,4
2018	2,30	232	113	4,9
2019	2,35	225	102	5,0
2020	2,35	222	117	5,0

Table 1
Average agrochemical indicators of the arable soil layer (0–20 cm) at the experimental site

Year of study	Humus, %	P ₂ O ₅ , mg/kg	K ₂ O, mg/kg	Salt extract pH
2017	2.30	240	170	5.4
2018	2.30	232	113	4.9
2019	2.35	225	102	5.0
2020	2.35	222	117	5.0

Таблица 2
Погодные условия за годы проведения испытаний

Годы	Среднее количество осадков за год, мм		Сумма активных температур (САТ), °С	Гидротермический коэффициент (ГТК)
	Фактическое	% от нормы		
2017	553	85	2300	1,2
2018	569	88	2400	1,4
2019	667	103	2300	1,8
2020	838	130	2200	2,4

Table 2
Weather conditions over the years of testing

Years	Average annual precipitation, mm		Sum of active temperatures (SAT), °C	Hydrothermal coefficient (HTC)
	Actual	% of the norm		
2017	553	85	2300	1.2
2018	569	88	2400	1.4
2019	667	103	2300	1.8
2020	838	130	2200	2.4

скивание стручков и осыпание семян, из-за чего он считается сложным для возделывания [11, с.30].

Основным требованием, предъявляемым к сорту, является повышенная урожайность. Добиться этого, не повышая затрат, поможет использование сортов с высоким адаптивным потенциалом. В последнее время селекционеры большое внимание уделяют пластичности сортов [16, с. 38; 3, с. 42].

Целью исследований стала оценка адаптивного потенциала сортономеров лядвенца рогатого селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК в условиях Смоленской области, а также выявление наиболее урожайных образцов по показателям зеленой массы.

Методы исследования (Methods)

Опыт закладывался в 2016 г. на опытном поле селекционного севооборота ФГБНУ ФНЦ ЛК Смоленского ОП из 60 сортообразцов. Наблюдения и анализ проходили с 2017 по 2020 гг. В качестве объекта исследования изучались 16 образцов лядвенца рогатого из питомника отбора В-58 урожая 2012 г., высеянного семенами дикой популяции из Краснодарского края. Сорт Смоленский 1, внесенный в Госреестр селекционных достижений РФ в 1988 г., использовался как стандарт [4].

Почва селекционного питомника дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая. По данным таблицы 1, в первый год исследования почвы содержание подвижного P_2O_5 составило 240 мг/кг, обменного K_2O – 170 мг/кг почвы (по Кирсанову), гумуса – 2,3 % (по Тюрину), рН солевой вытяжки – 5,4 (сла-

бокислая). Во второй год пользования содержание гумуса не изменилось, подвижного P_2O_5 – 232 мг/кг, обменного K_2O – 113 мг/кг; кислотность почвы – 4,9. В 2019 и 2020 гг. анализ почвы показал увеличение содержания гумуса до 2,35; кислотность почвы составила 5,0. Содержание подвижного P_2O_5 уменьшилось до 225–222 мг/кг почвы, а K_2O составило 102–117 мг/кг почвы. Удобрения вносились под предшественник – лен-долгунец в дозах $N_{20}P_{60}K_{60}$. Обработка почвы включала зяблевую вспашку, две культивации с боронованием и прикатывание. Посев лядвенца рогатого проводился в начале мая под покров ярового тритикале вручную. Способ посева обычный рядовой с шириной междурядий 20 см и площадью делянки 1 м² без повторностей, так как в селекционном питомнике повторность однократная. Через каждые 10 образцов высевался стандарт с нормой высева 300 млн шт. всхожих семян на 1 га. Использование посевов двуукосное. Травостой скашивали в фазу начала цветения.

Метеорологические условия 2017–2020 гг. были различными по накоплению тепла и по обеспеченности влагой [15]. Эти данные позволили сделать объективную оценку сортономеров лядвенца рогатого в разных условиях среды. Урожайность зеленой массы сильно зависит от факторов внешней среды. Тепло- и влагообеспеченность считаются из них наиболее важными. Их показателем служит гидротермический коэффициент (ГТК); чем он ниже, тем засушливее территория. За все время проведе-

Таблица 3
Показатели урожайности зеленой массы, стрессоустойчивости и генетической гибкости лядвенца рогатого за годы испытания (т/га)

Сорт/номер	Урожайность за годы испытаний, т/га				$\sum Y_i$	Y_i	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}$
	2017	2018	2019	2020				
Смоленский 1 (St)	47,7	52,4	34,6	24,0	158,7	39,7	-24,8	38,2
Е-4	43,4	52,5	51,0	27,7	174,6	43,6	-27,4	40,1
Е-6	51,6	54,1	44,2	26,7	176,7	44,2	-24,9	40,4
Е-8	49,6	41,1	40,2	24,8	155,6	38,9	-18,5	37,2
Е-9	42,9	49,6	48,2	31,1	171,8	43,0	-25,3	40,3
Е-10	40,6	51,7	61,4	36,2	190,0	47,5	-35,1	48,8
Е-11	48,7	55,0	62,7	27,7	194,1	48,5	-21,5	45,2
Е-12	43,4	47,8	36,6	26,4	154,2	38,6	-30,0	37,1
Е-16	49,7	60,5	53,2	30,5	194,0	48,5	-33,5	45,5
Е-19	48,6	52,0	57,8	24,4	182,7	45,7	-44,0	41,1
Е-24	52,9	65,7	45,1	21,7	185,4	46,3	-32,7	43,7
Е-25	64,3	68,2	68,7	36,0	237,2	59,3	-28,8	52,4
Е-26	45,3	53,0	48,6	24,2	171,0	42,8	-37,6	38,6
Е-39	57,8	58,4	34,4	20,7	171,3	42,8	-28,0	39,5
Е-47	51,8	57,1	45,4	29,1	183,5	45,9	-37,5	43,1
Е-49	62,6	63,4	40,6	25,9	192,5	48,1	-33,5	44,6
Е-50	45,5	61,7	46,9	28,2	182,1	45,5	-28,4	44,9
Индекс условий среды (I_j)	4,57	10,31	2,99	-17,87	–	–	–	–

Table 3
Indicators of yield of green mass, stress resistance and genetic flexibility of lotus corniculatus over the years of testing (t/ha)

Grade/number	Yield over the years of testing, t/ha				$\sum Y_i$	Y_i	$Y_{min} - Y_{max}$	$\frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}$
	2017	2018	2019	2020				
Smolenskiy 1 (St)	47.7	52.4	34.6	24.0	158.7	39.7	-24.8	38.2
E-4	43.4	52.5	51.0	27.7	174.6	43.6	-27.4	40.1
E-6	51.6	54.1	44.2	26.7	176.7	44.2	-24.9	40.4
E-8	49.6	41.1	40.2	24.8	155.6	38.9	-18.5	37.2
E-9	42.9	49.6	48.2	31.1	171.8	43.0	-25.3	40.3
E-10	40.6	51.7	61.4	36.2	190.0	47.5	-35.1	48.8
E-11	48.7	55.0	62.7	27.7	194.1	48.5	-21.5	45.2
E-12	43.4	47.8	36.6	26.4	154.2	38.6	-30.0	37.1
E-16	49.7	60.5	53.2	30.5	194.0	48.5	-33.5	45.5
E-19	48.6	52.0	57.8	24.4	182.7	45.7	-44.0	41.1
E-24	52.9	65.7	45.1	21.7	185.4	46.3	-32.7	43.7
E-25	64.3	68.2	68.7	36.0	237.2	59.3	-28.8	52.4
E-26	45.3	53.0	48.6	24.2	171.0	42.8	-37.6	38.6
E-39	57.8	58.4	34.4	20.7	171.3	42.8	-28.0	39.5
E-47	51.8	57.1	45.4	29.1	183.5	45.9	-37.5	43.1
E-49	62.6	63.4	40.6	25.9	192.5	48.1	-33.5	44.6
E-50	45.5	61.7	46.9	28.2	182.1	45.5	-28.4	44.9
Index of environmental conditions (I)	4.57	10.31	2.99	-17.87	-	-	-	-

ния опыта, согласно данным таблицы 2, самыми оптимальными по температуре и влажности для данной культуры стали 2018 и 2019 гг. с ГТК 1,4 и 1,8 соответственно. Сумма активных температур в 2018 г. составляла 2400 °С при норме 2100–2200 °С; этот год характеризовался ранней теплой весной и летом с температурой выше нормы на 1,8–2,7 °С. Сумма осадков за год не превышала среднееголетний показатель по Смоленской области, равный 647 мм, две трети из которых выпадают в виде дождя, а одна треть в виде снега. Эта сумма составляла в 2018 г. 88 % от него. В 2019 г. весной температурный режим был выше среднелиматического на 6,4 °С. Летом температура оставалась в пределах нормы, осадки за летние месяцы превысили среднееголетние показатели на 159 мм. В общем за год их количество было в норме. Сумма активных температур в этот период равнялась 2300 °С. Метеорологические условия 2017 г. характеризовались избыточным увлажнением за осенний период, теплыми летом и зимой, осадками в пределах нормы, превышением температуры на 4,5 °С за зимние месяцы над среднелиматическим показателем. За 2017 г. ГТК был равен 1,2. Сумма осадков за этот год не превышала нормы, составляла 85 %. Погодные условия 2020 г. оказались самыми неблагоприятными с ГТК = 2,4. Это значит, что условия температуры и влагообеспеченности складывались не в пользу повышения урожайности лядвенца рогато-

го. Зима была малоснежная с повышенной на 6,3 °С температурой. Весна холодная с превышающими на 163 % норму осадками. Лето было также холодным и сырым с превышением среднееголетнего показателя на 177 % по осадкам. В среднем за год объем выпавших осадков превышает многолетний показатель на 30 %. При этом сумма активных температур составляла 2200 °С.

Все фенологические наблюдения и учет урожая проходили по методическим указаниям по селекции и первичному семеноводству многолетних трав [17, с. 376]. Статистическую обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [5, с. 352] при помощи программы Microsoft Office Excel 2007. Индекс условий среды, параметры экологической пластичности и стабильности определяли методом S. A. Eberhart, W. A. Russell [20, pp. 36–40]; экологическую устойчивость сорта – по А. А. Rosielle, J. Hamblil [22, pp. 943–946]; адаптивную способность и стабильность – по методике Кильчевского и Хотылевой [9, с. 50–80]; коэффициент адаптивности (КА) – по Л. А. Животкову [6, с. 5].

Результаты (Results)

Вданномопытеанализпоказателейадаптивности сортономеров лядвенца рогатого проводился на основании полученных данных по урожайности зеленой массы, которые позволили всесторонне изучить все представленные номера по многим показателям.

Таблица 4
Показатели адаптивности сортономеров лядвенца рогатого

Сорт/номер	Пластичность, b_i	Стабильность, S_d^2	Размах урожайности, d	Коэффициент вариации, V , %	Коэффициент адаптивности, $КА$, %	Коэффициент выравнинности, $В$, %
Смоленский 1 (St)	0,95	43,30	54,2	32,47	0,88	74,0
Е-4	0,87	20,44	47,3	26,01	0,97	74,0
Е-6	0,99	8,47	50,6	28,02	0,98	72,0
Е-8	0,72	42,77	50,1	26,53	0,86	73,5
Е-9	0,65	10,07	37,3	19,58	0,95	80,4
Е-10	0,56	121,89	41,1	23,9	1,05	76,1
Е-11	1,06	83,51	55,9	30,95	1,07	69,1
Е-12	0,72	11,56	44,9	24,17	0,85	75,8
Е-16	1,02	8,43	49,6	26,41	1,07	73,6
Е-19	1,09	55,75	57,9	32,16	1,01	67,8
Е-24	1,46	26,42	67,0	39,91	1,03	60,1
Е-25	1,23	24,79	47,6	26,4	1,31	73,6
Е-26	1,02	6,27	54,3	29,87	0,95	70,1
Е-39	1,31	118,88	64,5	43,21	0,95	56,8
Е-47	0,97	7,67	49,0	26,5	1,01	73,5
Е-49	1,31	104,23	59,2	37,81	1,06	62,2
Е-50	1,05	28,48	54,3	30,08	1,01	69,9

Table 4
Indicators of adaptability of cultivars of the lotus corniculatus

Grade/number	Plasticity, b_i	Stability, S_d^2	The scope of productivity, d	Coefficient of variation, V , %	Coefficient of adaptability, CA	Coefficient of alignment, E , %
Smolenskiy 1 (St)	0.95	43.30	54.2	32.47	0.88	74.0
E-4	0.87	20.44	47.3	26.01	0.97	74.0
E-6	0.99	8.47	50.6	28.02	0.98	72.0
E-8	0.72	42.77	50.1	26.53	0.86	73.5
E-9	0.65	10.07	37.3	19.58	0.95	80.4
E-10	0.56	121.89	41.1	23.9	1.05	76.1
E-11	1.06	83.51	55.9	30.95	1.07	69.1
E-12	0.72	11.56	44.9	24.17	0.85	75.8
E-16	1.02	8.43	49.6	26.41	1.07	73.6
E-19	1.09	55.75	57.9	32.16	1.01	67.8
E-24	1.46	26.42	67.0	39.91	1.03	60.1
E-25	1.23	24.79	47.6	26.4	1.31	73.6
E-26	1.02	6.27	54.3	29.87	0.95	70.1
E-39	1.31	118.88	64.5	43.21	0.95	56.8
E-47	0.97	7.67	49.0	26.5	1.01	73.5
E-49	1.31	104.23	59.2	37.81	1.06	62.2
E-50	1.05	28.48	54.3	30.08	1.01	69.9

В качестве вспомогательного показателя для определения пластичности образцов применялся индекс условий среды (I_j), характеризующий реализацию потенциала сорта в благоприятных и неблагоприятных условиях. Наиболее благоприятные условия для получения высоких урожаев зеленой массы лядвенца рогатого оказались в 2018 г. (55,5 т/га), в 2017 г. (49,8 т/га) и в 2017 г. (48,2 т/га) при высоких положительных значениях индекса условий среды $I_j = +10,31, +4,57$ и $+2,99$ соответственно.

Анализ данных таблицы 3 по сбору зеленой массы лядвенца рогатого за 4 года показал, что средняя урожайность сортономеров составила 45,2 т/га;

на этом же уровне урожайность у Е-50 (45,5 т/га), Е-19 (45,7 т/га), Е-47 (45,9 т/га). Выше среднего показатели у Е-10 (47,5 т/га), Е-49 (48,1 т/га) и Е-11 (48,5 т/га). Ниже контроля дал урожайность образец Е-12, а остальные сортономера выше стандарта, но со значениями ниже среднего. В среднем за годы испытания наибольшую урожайность дал образец Е-25 (59,3 т/га), превысивший стандартный сорт на 49,4 %. По общему сбору сортономер Е-25 имеет самый большой показатель (237,2 т/га), который выше стандарта Смоленский 1 на 78,5 т/га. За четыре года испытаний оказался выше стандартного сорта: +34,8 % в 2017 г., +30,2 % в 2018 г., +98,6 % в

2019 г. и +50 % в 2020 г. Также урожайным оказался сортономер Е-49. С 2017 по 2020 гг. он дал прибавку +31,2 %, +21 %, +17,4 % и +7,9 % к стандарту по годам соответственно.

В постоянно изменяющихся погодно-климатических условиях ценным показателем сорта считается его устойчивость к неблагоприятным факторам: переувлажненности, недостатку влаги, повышенным температурам и др. Этот показатель этой определяется разницей между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и называется стрессоустойчивостью. Чем меньше разрыв между значениями, тем выше стрессоустойчивость сорта и его приспособляемость к условиям среды. Так, по полученным данным номера можно разделить на две группы. К первой относятся сортономера с минимальным размахом, т. е. с высокой стрессоустойчивостью: Е-8, Е-11, Смоленский 1, Е-6, Е-9, Е-4, Е-39, Е-50 и Е-25 (–18,8...–28,8 т/га). Ко второй группе относятся сортономера с большим размахом урожайности, т. е. с низкой стрессоустойчивостью: Е-19, Е-26, Е-47, Е-10, Е-49, Е-16, Е-24, Е-12 (–44...–30,0 т/га).

Генетическая гибкость ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$) характеризует урожайность сорта в благоприятных и неблагоприятных условиях; чем выше показатель, тем более гибким считается сорт. В данном случае наиболее урожайными были сортономера Е-25, Е-10, Е-16 с показателями генетической гибкости 52,4 т/га, 48,8 т/га и 45,5 т/га соответственно. Наименьшей сортовой гибкостью обладают стандарт Смоленский 1 (38,2 т/га), Е-8 (37,2 т/га) и Е-12 (37,1 т/га).

Высокая урожайность – основное требование, предъявляемое к современному сорту. При минимальных энергетических затратах он должен обладать устойчивостью к различным неблагоприятным факторам внешней среды и давать хороший урожай в таких условиях, а главное – обладать адаптивностью. Главными ее параметрами считаются экологическая пластичность и стабильность сорта.

Коэффициент экологической пластичности (b) характеризуется отзывчивостью сорта на благоприятные условия среды, принимает значения больше, меньше или равное единице. Отзывчивость сорта тем выше, чем больше этот показатель. В данном опыте, по данным таблицы 4, величина коэффициента экологической пластичности изменялась с 0,56 у сортономера Е-10 до 1,46 у Е-24. Большой отзывчивостью обладают Е-24 (1,46), Е-39 и Е-49 (1,31), Е-25 (1,23). Эти образцы дают существенную прибавку урожайности зеленой массы при оптимальных условиях среды и высоком уровне агротехники, а при низком уровне агрофона или плохих погодных условиях урожай резко снижают. Это сорта интенсивного типа. Урожайность изменяется соответственно условиям возделывания у образцов Е-19 (1,09), Е-50 (1,05), Е-16 и Е-26 (1,02), Е-6 (0,99); с

улучшением таких условий увеличивается урожай, они относятся к высокопластичному типу. Остальные сортономера с показателем пластичности меньше единицы слабо реагируют на изменения условий среды, их можно отнести к экстенсивным.

Также важным показателем адаптивных свойств сорта является стабильность (S_d^2) – это устойчивость к изменяющимся факторам внешней среды, при которых возможно получение стабильных урожаев. Чем меньше отклонение, тем стабильнее сорт. Адаптивным является пластичный сорт с низким показателем стабильности. В данном опыте наиболее стабильны Е-26 (6,27), Е-47 (7,67), Е-16 (8,43) и Е-6 (8,47). К нестабильным можно отнести сортономера с высоким показателем Е-49 (104), Е-39 (118,88) и Е-10 (121,89), они плохо переносят стрессовые условия.

Уровень экологической устойчивости сорта характеризует показатель размаха урожайности (d). Чем он ниже, тем стабильнее урожайность зеленой массы в данных условиях, рассчитывается в процентах. Данный показатель по опыту изменяется от 37,3 % до 67,0 %. Наиболее стабильными стали сортономера с наименьшим размахом урожайности Е-9 (37,3 %), Е-10 (41,1 %), Е-12 (44,9 %).

Коэффициент вариации (V) является отношением среднего квадратического отклонения к среднему урожаю зеленой массы, выражающимся в процентах. Показывает, насколько любой из сортов отклоняется от среднего. Самый низкий показатель у Е-9 (19,58 %) означает среднюю вариабельность сорта. У остальных сортономеров высокий уровень вариабельности ($V = 23,9...43,21$ %).

По показателю урожайности зеленой массы определен коэффициент адаптивности (КА). При $КА \geq 1$ сорта относят к группе высокоадаптивных. В опыте наибольшее значение принадлежит Е-25 (1,31); Е-16, Е-11, Е-49, Е-10, Е-24 (1,07...1,03), Е-19, Е-47, Е-50 (1,01). Эти сортономера способны обеспечить высокие урожаи и хорошо противостоят неблагоприятным условиям среды. Остальные образцы имеют $КА \leq 1$; они относятся к группе низкоадаптивных и хуже противостоят неблагоприятным факторам.

Коэффициент выравненности (B), или агрономической стабильности, показывает степень хозяйственной ценности сорта. Для производства лучшими считаются сорта с показателем $B \geq 70$ %. К таким относятся Е-9, Е-10, Е-12, Е-4, Смоленский 1, Е-8, Е-47, Е-25, Е-16, Е-6, Е-26 с коэффициентом 80,4...70,1 %. У остальных образцов этот показатель ниже (69,9...56,8 %), они имеют меньшую хозяйственную ценность.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion).

За весь цикл испытаний с 2017 по 2020 г. в условиях Смоленской области урожай зеленой массы лядвенца рогатого в среднем за год составил

45,2 т/га. Самыми урожайными оказались сортономера Е-25 (59,3 т/га) и Е-49 (48,1 т/га). Повышенной стрессоустойчивостью обладают номера Е-8, Е-11, Смоленский 1, Е-6, Е-9, Е-4, Е-39, Е-50 и Е-25 (–18,8...–28,8 т/га). Лучший показатель генетической гибкости у Е-25, Е-10, Е-16 (52,4 т/га, 48,8 т/га и 45,5 т/га). Наиболее пластичными стали образцы Е-19 (1,09), Е-50 (1,05), Е-16 и Е-26 (1,02), Е-6 (0,99), с улучшением условий выращивания увеличивается их урожай. В опыте наиболее стабильны Е-26 (6,27), Е-47 (7,67), Е-16 (8,43) и Е-6 (8,47). Высокую адаптивность к условиям возделывания показали Е-25, Е-11, Е-10, Е-49 с коэффициентом КА = 1,31...1,06. Хорошей агрономической стабильностью обладают Е-9, Е-10, Е-12, Е-4, Смо-

ленский 1, Е-8, Е-47, Е-25, Е-16, Е-6, Е-26 с коэффициентом В = 80,4...70,1 %. Общая оценка сортономеров лядвенца рогатого с учетом урожайности зеленой массы позволила выделить следующие образцы для дальнейшего размножения и передачи на следующий этап селекционного изучения: Е-6, Е-9, Е-10, Е-11, Е-12, Е-16, Е-19, Е-25, Е-26, Е-47, Е-49. Данные номера показали лучшие результаты по адаптивности этой культуры в условиях Смоленской области.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» по теме № 0477-2019-0022-С-01.

Библиографический список

1. Безгодова И. Л., Коновалова Н. Ю., Прядильщикова Е. Н. [и др.] Возделывание перспективных сортов зернобобовых культур на кормовые цели в условиях Европейского Севера России // Владимирский земледелец. 2017. № 2 (80). С. 17–19.
2. Безгодова И. Л., Коновалова Н. Ю. Продуктивность и питательная ценность однолетних смесей, сформированных на основе перспективных сортов зернобобовых культур // АгроЗооТехника. 2018. Т. 1. № 3. С. 5. DOI: 10.15838/alt.2018.1.3.5.
3. Белявская Л. Г., Белявский Ю. В., Диянова А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4 (28). С. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорты растений [Электронный ресурс]. URL: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/51> (дата обращения: 30.03.2022).
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): учебник. 6-е изд. Москва: Альянс, 2011. 352 с.
6. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
7. Золотарев В. Н., Косолапов В. М., Переправо Н. И. Состояние травосеяния и перспективы развития семеноводства многолетних трав в России и Волго-Вятском регионе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 1 (56). С. 28–34.
8. Иванова С. В., Курдакова О. В. Результаты хозяйственно-ценных показателей перспективного материала лядвенца рогатого в селекционном питомнике в условиях Смоленского региона // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 24–27. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp24-27.
9. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Оценка взаимодействия генотипа и среды в адаптивной селекции растений // Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 1. Общая генетика растений. Минск: Белорусская наука, 2008. С. 50–80.
10. Курдакова О. В., Иванова С. В. Кормовая ценность разных по спелости сортов лядвенца рогатого в зависимости от фаз скашивания // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7 (186). С. 33–38. DOI: 10.32417/article_5d52af443bd093.08889912.
11. Курдакова О. В., Иванова С. В. Сравнительное изучение перспективных сортономеров клевера лугового в условиях Смоленской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 9. С. 30–33. DOI: 10.28983/asj.y2021i9pp30-33.
12. Кутузова А. А., Привалова К. Н., Тебердиев Д. М., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Экономическая эффективность создания и использования культурных пастбищ для молочного скота в современных условиях // Кормопроизводство. 2020. № 4. С. 9–14.
13. Кутузова А. А., Шпаков А. С., Косолапов В. М. [и др.] Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечернозёмной зоне РФ // Кормопроизводство. 2021. № 2. С. 3–9.
14. Нелюбина Ж. С., Касаткина Н. И. Фотосинтетическая деятельность лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) в зависимости от агротехнических приемов в Среднем Предуралье // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 6 (67). С. 96–101. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.96-101.

15. Погода в Рославле – климатический монитор [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26882> (дата обращения 29.03.2022).
16. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Направления повышения репрезентативности оценок в госсортоспытании, урожайность, экологическая пластичность и гомеостатичность сортов гороха // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 2 (56). С. 38–42.
17. Селекция и семеноводство многолетних трав. Москва: Воронежская областная типография – издательство им. Е. А. Болховитинова, 2005. 376 с.
18. Смурьгин М. А., Новоселова А. С., Константинова А. М. [и др.] Методические указания по селекции многолетних трав. Москва: Подразделение оперативной полиграфии ВИК, 1985. 188 с.
19. Dumacheva E. V., Cherniavskih V. I., Gorbacheva A. A., Vorobyova O. V., Borodaeva Z. A., Bespalova E. N., Ermakova L. R. Biological resources of the Fabaceae family in the Cretaceous south of Russia as a source of starting material for drought-resistance selection // *International Journal of Green Pharmacy*. 2018. Vol. 12. No. 2. Pp. 354–358.
20. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. No. 6 (1). Pp. 36–40.
21. Kosolapov V., Rud V., Korshunov A., Savchenko I., Switala F., Hogland W. Scienti c support of the fodder production: V. R. Williams All-Russian Fodder Research Institute (WFRI) Activity // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. The conference proceedings XVI International youth Science and Environmental Baltic Region Countries Forum. Gdansk, 2019. Article number 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/390/1/012010.
22. Rosielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981. No. 21 (6). Pp. 943–946.
23. Stupakov A. G., Orekhovskaya A. A., Kulikova M. A. [et al.] Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Krasnoyarsk, 2019 / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. Article number 52027. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052027.

Об авторах:

Светлана Васильевна Иванова¹, младший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID 0000-0001-8932-7023, AuthorID 869722; +7 950 700-02-30, s.ivanova.sml@fncl.ru

Ольга Васильевна Курдакова¹, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, ORCID 0000-0001-9783-7007, AuthorID 866216; +7 951 718-14-87, o.kurdakova.sml@fncl.ru

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Adaptability indicators of the lotus corniculatus in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia

S. V. Ivanova¹✉, O. V. Kurdakova¹

¹ Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

✉ E-mail: s.ivanova.sml@fncl.ru

Abstract. The purpose of the research is to conduct a comparative study of lotus corniculatus samples with the Smolenskiy 1 standard, as well as with the average yield of green mass according to experience. It is necessary to identify the most productive and adapted to the conditions of the Smolensk region variety numbers for further transfer to the next stage of breeding study. **The scientific novelty** of the work lies in the fact that the results of adaptability in terms of green mass yield were studied for the first time in the breeding nursery of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops on lotus corniculatus crops. **Methods.** The indices of plasticity (b_i), stability (S_d^2), genetic flexibility ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$), stress resistance ($(Y_{\min} - Y_{\max})$), coefficient of variation (V), coefficient of adaptability (CA), coefficient of equalization (E), yield range (d). The soil of the site is sod-medium podzolic with an average humus content of 2.3, P_2O_5 222–240 mg/kg, K_2O 102–170 mg/kg of soil, salt extract pH 4.9–5.4. Weather and climatic conditions for 2017–2020 were different, so HTC 1,2–2,4; SAT 2200–2400 °C. **Results.** Of the 16 cultivars, the most productive were E-25 (59.3 t/ha) and E-49 (48.1 t/ha). The numbers E-8, E-11, Smolen-

skiy 1, E-6, E-9, E-50 and E-25 have increased stress resistance (–18.8 ...–28.8 t/ha). The best indicator of genetic flexibility is in E-25, E-10, E-16 (52.4 t/ha, 48.8 t/ha and 45.5 t/ha). The most plastic samples are E-19 (1.09), E-50 (1.05), E-16 and E-26 (1.02), E-6 (0.99). In the experiment, E-26 (6.27), E-47 (7.67), E-16 (8.43) and E-6 (8.47) are more stable. High adaptability was shown by E-25, E-11, E-10, E-49 with a coefficient of KA = 1.31...1.06. E-9, E-10, E-12, Smolenskiy 1, E-47, E-25, E-16, E-6 have good agronomic stability, E-26 with a coefficient $E = 80.4...70.1\%$. A comprehensive analysis of the indicators made it possible to identify the most valuable lotus corniculatus cultivar for further reproduction and transfer to the next stage of breeding study: E-6, E-9, E-10, E-11, E-12, E-16, E-19, E-25, E-26, E-47, E-49.

Keywords: lotus corniculatus, yield, adaptability, variety, variety number.

For citation: Ivanova S. V., Kurdakova O. V. Adaptivnost' lyadventsa rogatogo v Nechernozem'e Rossii [Adaptability indicators of the lotus corniculatus in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-2-11. (In Russian.)

Date of paper submission: 11.07.2022, **date of review:** 27.07.2022, **date of acceptance:** 05.08.2022.

References

1. Bezdgodova I. L., Konovalova N. Yu., Pryadil'shchikova E. N. et al. Vozdelyvaniye perspektivnykh sortov zernobobovykh kul'tur na kormovyye tseli v usloviyakh Yevropeyskogo Severa Rossii [Extraction of perspective grades of grained crops on fodder objectives under the conditions of the European North of Russia] // Vladimir agriculturalist. 2017. No. 2 (80). Pp. 17–19. (In Russian.)
2. Bezdgodova I. L., Konovalova N. Yu. Produktivnost' i pitatel'naya tsennost' odnoletnikh smesey, sformirovannykh na osnove perspektivnykh sortov zernobobovykh kul'tur [Productivity and nutritional value of annual mixtures formed on the basis of promising varieties of grain legume crops] // Agricultural and Livestock Technology. 2018. Vol. 1. No. 3. Pp. 5. DOI: 10.15838/alt.2018.1.3.5. (In Russian.)
3. Belyavskaya L. G., Belyavskiy Yu. V., Diyanova A. A. Otsenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov soi [Estimation of environmental stability and plasticity of soybean varieties] // Legumes and groat crops. 2018. No. 4 (28). Pp. 42–48. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048. (In Russian.)
4. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Tom 1. Sorta rasteniy [State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1. Plant varieties] [e-resource]. URL: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/51> (date of reference: 30.03.2022). (In Russian.)
5. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki issledovaniy): uchebnik [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of studies): textbook]. 6th edition. Moscow: Al'yans, 2011. 352 p. (In Russian.)
6. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatuyeva L. I. Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu urozhaynosti // Seleksiya i semenovodstvo. 1994. No. 2. Pp. 3–6. (In Russian.)
7. Zolotarev V. N., Kosolapov V. M., Perepravo N. I. Sostoyaniye travoseyaniya i perspektivy razvitiya semenovodstva mnogoletnikh trav v Rossii i Volgo-Vyatskom regione [The state of grass cultivation and prospects of development of seed production of perennial grasses in Russia and in the Volga-Vyatka region] // Agricultural Science Euro-North-East. 2017. No. 1 (56). Pp. 28–34. (In Russian.)
8. Ivanova S. V., Kurdakova O. V. Rezul'taty khozyaystvenno-tsennyykh pokazateley perspektivnogo materiala lyadventsa rogatogo v selektsionnom pitomnike v usloviyakh Smolenskogo regiona [The results of economically valuable indicators of promising material of lotus corniculatus in a breeding nursery in the conditions of the Smolensk region] // Agrarian Scientific Journal. 2020. No. 10. Pp. 24–27. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp24-27. (In Russian.)
9. Kil'chevskiy A. V., Khotyleva L. V. Otsenka vzaimodeystviya genotipa i sredy v adaptivnoy selektsii rasteniy. V 4 t. T. 1. Obshechaya genetika rasteniy [Genetic and ecological bases of plant breeding. In 4 volumes. Vol. 1. General genetics of plants] // Geneticheskie osnovy selektsii rasteniy. Minsk: Belorusskaya nauka, 2008. Pp. 50–80. (In Russian.)
10. Kurdakova O. V., Ivanova S. V. Kormovaya tsennost' raznykh po spelosti sortov lyadventsa rogatogo v zavisimosti ot faz skashivaniya [The feed value of varieties of different ripeness lotus corniculatus depending on the mowing phases] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 7 (186). Pp. 33–38. DOI: 10.32417/article_5d52af443bd093.08889912. (In Russian.)
11. Kurdakova O. V., Ivanova S. V. Sravnitel'noye izucheniye perspektivnykh sortonomerov klevera lugovogo v usloviyakh Smolenskoy oblasti [Comparative study of promising variety numbered clover in the conditions in the

Smolensk region] // Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 9. Pp. 30–33. DOI: 10.28983/asj.y2021i9pp30-33. (In Russian.)

12. Kutuzova A. A., Privalova K. N., Teberdiyev D. M., Provornaya E. E., Tsybenko N. S. Ekonomicheskaya effektivnost' sozdaniya i ispol'zovaniya kul'turnykh pastbishch dlya molochnogo skota v sovremennykh usloviyakh [Economic efficiency of farm pastures in modern dairy farming] // Fodder Production. 2020. No. 4. Pp. 9–14. (In Russian.)

13. Kutuzova A. A., Shpakov A. S., Kosolapov V. M. et al. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva v Nechernozemnoy zone RF [Current state and potential of Forage Production in the Non-Chernozem region of the Russian Federation] // Fodder Production. 2021. No. 2. Pp. 3–9. (In Russian.)

14. Nelyubina Zh. S., Kasatkina N. I. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' lyadventa rogatogo (Lotus corniculatus L.) v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh priyemov v Srednem Predural'ye [Photosynthetic activity of a birds-foot trefoil depending on agronomic techniques of the Middle Urals] // Agricultural Science Euro-North-East. 2018. No. 6 (67). Pp. 96–101. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.96-101. (In Russian.)

15. Pogoda v Roslavle – klimaticheskii monitor [e-resource]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26882> (date of reference: 29.03.2022). (In Russian.)

16. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Napravleniya povysheniya reprezentativnosti otsenok v gossortoispytanii, urozhaynost', ekologicheskaya plastichnost' i gomeostatichnost' sortovgorokha [The trends to improve representativeness of the assessments in the state variety testing, productivity, ecological plasticity and homeostatic character of pea varieties] // Grain Economy of Russia. 2018. No. 2 (56). Pp. 38–42. (In Russian.)

17. Seleksiya i semenovodstvo mnogoletnikh trav. Moscow: Voronezhskaya oblastnaya tipografiya – izdatel'stvo im. E. A. Bolkhovitinova, 2005. 376 p. (In Russian.)

18. Smurygin M. A., Novoselova A. S., Konstantinova A. M. et al. Metodicheskiye ukazaniya po seleksii mnogoletnikh trav. Moscow: Podrazdeleniye operativnoy poligrafii VIK, 1985. 188 p. (In Russian.)

19. Dumacheva E. V., Cherniavskih V. I., Gorbacheva A. A., Vorobyova O. V., Borodaeva Z. A., Bespalova E. N., Ermakova L. R. Biological resources of the Fabaceae family in the Cretaceous south of Russia as a source of starting material for drought-resistance selection // International Journal of Green Pharmacy. 2018. Vol. 12. No. 2. Pp. 354–358.

20. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 1966. No. 6 (1). Pp. 36–40.

21. Kosolapov V., Rud V., Korshunov A., Savchenko I., Switala F., Hogland W. Scientific support of the fodder production: V. R. Williams All-Russian Fodder Research Institute (WFRI) Activity // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The conference proceedings XVI International youth Science and Environmental Baltic Region Countries Forum. Gdansk, 2019. Article number 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/390/1/012010.

22. Rosielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 1981. No. 21 (6). Pp. 943–946.

23. Stupakov A. G., Orekhovskaya A. A., Kulikova M. A. [et al.] Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 2019 / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. Article number 52027. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052027.

Authors' information:

Svetlana V. Ivanova¹, junior researcher at the laboratory of breeding technologies, ORCID 0000-0001-8932-7023, AuthorID 869722; +7 950 700-02-30, s.ivanova.sml@fncl.ru

Olga V. Kurdakova¹, senior researcher at the laboratory of breeding technologies, ORCID 0000-0001-9783-7007, AuthorID 866216; +7 951 718-14-87, o.kurdakova.sml@fncl.ru

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

Роль экологических факторов в нерегулярном плодоношении культуры абрикоса в условиях лесостепи Зауралья

М. С. Лёзин^{1, 2✉}, В. А. Лёзина³

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

² Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

³ Челябинский плодово-ягодный госсортоучасток, Челябинск, Россия

✉ E-mail: Lezin-misha@mail.ru

Аннотация. Цель – производственное испытание различных по эколого-географическому происхождению сортов абрикоса вдали от промышленных территорий и населенных пунктов, способных оказывать смягчающее действие на понижение температур до критических для культуры значений. **Методы.** Исследование проведено по классическим методикам государственного сортоиспытания плодовых культур. Схема посадки 3 × 5 м, подвой – вишня песчаная (*Prunus pumila* L.). **Результаты и практическая значимость.** Выделены наиболее адаптированные в конкретных почвенно-климатических условиях сорта абрикоса, способные в различной степени плодоносить 4–5 лет из 7. Установлено, что заморозки во время цветения и роста завязи в наибольшей степени влияют на продуктивность и регулярность плодоношения. В наибольшей степени раскрыть потенциал продуктивности удалось только в год, когда заморозки по цветению и завязи не достигли критической отметки в –3 °С. У адаптированных сортов гибель цветочных почек в зимний период наблюдалась только 1 раз за 9 лет вследствие возвратных морозов после оттепелей. Задержка начала цветения на 2–4 дня поздноцветущим сортам обеспечила более высокую урожайность в 1 учетный год. Самоплодность сорта обеспечила дополнительно 1 год с урожайностью. **Научная новизна.** Впервые для условий Урала и Сибири продемонстрирована чувствительность культуры абрикоса к абиотическим факторам вдали от производственных и жилых территорий по материалам государственного конкурсного сортоиспытания.

Ключевые слова: абрикос, регулярность плодоношения, цветение, возвратные заморозки, генеративные почки.

Для цитирования: Лёзин М. С., Лёзина В. А. Роль экологических факторов в нерегулярном плодоношении культуры абрикоса в условиях лесостепи Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-12-20.

Дата поступления статьи: 02.06.2022, **дата рецензирования:** 15.08.2022, **дата принятия:** 02.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Абрикос – зимостойкая культура, распространенная в любительском садоводстве практически до Северного полярного круга. Успех выращивания практически во всех регионах культивируемого ареала в основном лимитирован высокой чувствительностью генеративных органов к абиотическим факторам.

Ранние сроки цветения являются самой распространенной проблемой выращивания абрикоса в северном полушарии [1–3]. Возвратные заморозки в период цветения могут привести к потере всего урожая или получению некондиционной продукции. Поиск сортов, или разработка агротехнических мер, приводящих к задержке цветения является наиболее актуальной задачей в мире [4]. Установлено, что поздние сроки цветения и более продолжительное цветение генетически и экологически связаны с продолжительностью глубокого

покоя растений [5].

В умеренном климате к ранним срокам цветения добавляется еще один сдерживающий фактор – недостаточная зимостойкость генеративных почек [6; 7]. Многими отечественными исследователями отмечается, не только для юга России или Средней полосы, но и для Урала или Сибири зимостойкость вегетативной сферы местных сортов абрикоса не является первостепенно актуальной проблемой. Нередко наблюдается полная потеря урожая от вымерзания цветочных почек в зимне-весенний период при хорошей сохранности самих деревьев [7–9].

Принято считать, что абрикос – это теплолюбивая культура, способная максимально раскрыть свой потенциал в южных регионах страны, обеспечивая среднюю урожайность в интенсивных насаждениях 53,6 ц/га [10]. При этом, по данным ГНУ Ставропольской ОСС СКЗНИИСиВ, перспек-

тивными для промышленного садоводства авторы считают сорта, обеспечившие поступление урожая хотя бы 5 лет из 12 на уровне 1–1,5 кг/дерево, в среднем по урожайным годам [11]. Для условий Среднего Поволжья (г. Самара) за 16 лет наблюдений только 10 лет были в различной степени урожайными [12]. При этом 3 года наблюдалась потеря урожая по 2 компоненту зимостойкости (наиболее низкие отрицательные температуры в течение зимы), 3 года – по 4 компоненту зимостойкости (падение температуры ниже –22 °С после оттепелей). Из двух слабо урожайных лет в один год снижение урожая было вызвано возвратными заморозками по завязи. В условиях Средней полосы России абрикос способен обеспечивать более стабильную урожайность. По данным Воронежского ГАУ за 30 лет наблюдений только 2 года были неурожайными для местных сортов [13].

На основе понимания экологических требований культуры, удалось продемонстрировать положитель-

ную динамику изменения климата за последние несколько десятилетий и вероятность вымерзания генеративных почек в разных географических точках Краснодарского края. Так, еще 60 и более лет назад в наиболее благоприятных условиях Краснодарского края вероятность сохранности цветочных почек не превышала 3 лет из 10. При этом за последние десятилетия лишь локально складываются неблагоприятные условия для перезимовки цветочных почек 1 раз в 10 лет [14]. Аналогичные выводы можно сделать, анализируя научную литературу по зимостойкости абрикоса в Крыму несколько десятилетий назад и в последнее время [15; 16].

Целью настоящей работы является изучение урожайности, а также лимитирующих абиотических факторов урожайности и регулярности плодоношения в производственных условиях Челябинской области.

Таблица 1
Сорта абрикоса, проходящие государственное изучение на Челябинском ГСУ

№	Сорт	Год включения в реестр	Регионы допуска	Оригинатор
1	Академик	1996	12	ФГБУН «ХФИЦ ДВО РАН», г. Хабаровск
2	Амур	1979	12	ФГБУН «ХФИЦ ДВО РАН», г. Хабаровск
3	Водолей	2004	3	ФГБУН «ГБС им. Н. В. Цицина РАН», г. Москва
4	Восточно-Сибирский	2002	11	Байкалов Иван Леонтьевич, г. Абакан
5	Горный Абакан	2002	11	Байкалов Иван Леонтьевич, г. Абакан
6	Кичигинский	1999	9	ФГБУН «УрФАНИЦ УрО РАН», г. Челябинск
7	Пикантный	1999	9	ФГБУН «УрФАНИЦ УрО РАН», г. Челябинск
8	Призер	На испытании		ФГБУН «УрФАНИЦ УрО РАН», г. Челябинск
9	Саратовский рубин	2015	8	Голубев Александр Михайлович, г. Саратов
10	Саянский	2002	11	Байкалов Иван Леонтьевич, г. Абакан
11	Сибиряк Байкалова	2002	11	Байкалов Иван Леонтьевич, г. Абакан
12	Снежинский	2003	9	ФГБУН «УрФАНИЦ УрО РАН», г. Челябинск
13	Уралец	2021	9	ФГБУН «УрФАНИЦ УрО РАН», г. Челябинск
14	Челябинский ранний	1999	9	ФГБУН «УрФАНИЦ УрО РАН», г. Челябинск

Table 1
Apricot varieties at the Chelyabinsk State Strain-Testing Station

No.	Variety	Year of inclusion in the State register	Admission regions	Originator
1	Academic	1996	12	Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk
2	Amur	1979	12	Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk
3	Vodoley	2004	3	Main Botanical Garden after N. V. Tsitsin, Moscow
4	Vostochno-sibirskiy	2002	11	Baykalov Ivan Leont'evich, Abakan
5	Gornyy Abakan	2002	11	Baykalov Ivan Leont'evich, Abakan
6	Kichiginskiy	1999	9	Ural federal agrarian research centre, Chelyabinsk
7	Pikantnyy	1999	9	Ural federal agrarian research centre, Chelyabinsk
8	Prizer	On trial		Ural federal agrarian research centre, Chelyabinsk
9	Saratovskiy rubin	2015	8	Golubev Aleksandr Mikhaylovich, Saratov
10	Sayanskiy	2002	11	Baykalov Ivan Leont'evich, Abakan
11	Sibiryak Baykalova	2002	11	Baykalov Ivan Leont'evich, Abakan
12	Snezhinskiy	2003	9	Ural federal agrarian research centre, Chelyabinsk
13	Uralets	2021	9	Ural federal agrarian research centre, Chelyabinsk
14	Chelyabinskiy ranniy	1999	9	Ural federal agrarian research centre, Chelyabinsk

Методология и методы исследования (Methods)

Работа выполнена на Челябинском государственном сортоиспытательном участке по плодовым и ягодным культурам, расположенном на территории предприятия ООО «НПО «Сад и огород» в 50 км от г. Челябинск на северо-восток. Объектом исследования явились 14 сортов различного селекционно-географического происхождения (таблица 1), заложенные по методике конкурсного сортоиспытания в 2011 г. [17; 18].

Сортоопыт заложен по схеме посадки 5 × 3 м. Подвой вишня песчаная (*Prunus pumila* L.) Учеты и наблюдения проанализированы и представлены с начала вступления хотя бы одного сорта в плодоношение (2015 г.) по 2021 г.

Результаты (Results)

На Челябинском плодово-ягодном госсортоучастке заложено в конкурсное испытание 28 сортов, в коллекционном испытании – 18. В изучении находились 13 сортов, включенных в Госреестр, и 1 сорт, проходящий государственное сортоиспытание, представленные в таблице 1.

За период наблюдений сорта Водолей, Восточно-Сибирский, Саратовский рубин и Призер проявили недостаточную устойчивость к зимним факторам среды и выпали.

Урожайность является первостепенным показателем при хозяйственной оценке сортов. В табли-

це 2 представлены результаты поступления урожая с разных сортов за весь период наблюдений.

Абрикос – культура скороплодная, способная вступить в плодоношение на 3–4-й год после посадки [19]. Из представленных сортов только сорт Горный Абакан фактически вступил в товарное плодоношение на 5-й год от посадки. Единичное плодоношение на этом сорте было отмечено еще в 2013 г. Основная часть сортов вступили в плодоношение на 8-й год.

По результатам государственного сортоиспытания за период от вступления хотя бы одного сорта в товарное плодоношение до года учета наиболее адаптированные сорта (в основном Челябинской селекции) способны дать урожай 4 года из 7. Только один сорт из представленных смог плодоносить 5 лет из 7. Даже в годы с плодоношением очень редко отмечается урожай, заявленный оригинаторами. По данным Института садоводства и картофелеводства филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (г. Челябинск), регулярность плодоношения лимитирована только вымерзанием цветочных почек в суровые зимы с понижением температур до –40 °С. За 11 лет наблюдений отмечены 3 года без плодоношения по причине вымерзания цветочных почек и 3 года со снижением урожайности в 2,5–5 раз по причине заморозков. При этом урожайность таких сортов, как Снежинский, Кичигинский, Уралец, в благоприят-

Таблица 2

Поступление урожая по годам наблюдений

№	Сорт	Урожайность по годам, кг/дерево							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Сумма
1	Академик	0	0	0	4,5	0	2,0	0	6,5
2	Амур	0	0	0	0,3	0,4	2,1	0	2,8
3	Горный Абакан	1,3	0	0	3,1	0,3	4,3	7,5	16,5
4	Кичигинский	0	0	0	0,5	0,3	0,5	0,3	1,6
5	Пикантный	0	0	0	2,1	0,5	1,2	0,4	4,2
6	Саянский	0	0	0	1,0	0	2,6	0,2	2,8
7	Сибиряк Байкалова	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,8
8	Снежинский	0	0	0	0,2	1,8	2,7	0,8	5,5
9	Уралец	0	0	0	1,1	0,5	17,5	5,5	24,6
10	Челябинский ранний	0	0	0	0,5	0,7	2,8	0,3	4,3
	HCP ₀₅				1,76	F _{фак.} < F _{теор.}	1,79	0,41	5,61

Table 2

The receipt of the crop by the years of observation

No.	Variety	Yield by year, kg/tree							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
1	Academic	0	0	0	4.5	0	2.0	0	6.5
2	Amur	0	0	0	0.3	0.4	2.1	0	2.8
3	Gornyy Abakan	1.3	0	0	3.1	0.3	4.3	7.5	16.5
4	Kichiginskiy	0	0	0	0.5	0.3	0.5	0.3	1.6
5	Pikantnyy	0	0	0	2.1	0.5	1.2	0.4	4.2
6	Sayanskiy	0	0	0	1.0	0	2.6	0.2	2.8
7	Sibiriyak Baykalova	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.8
8	Snezhinskiy	0	0	0	0.2	1.8	2.7	0.8	5.5
9	Uralets	0	0	0	1.1	0.5	17.5	5.5	24.6
10	Chelyabinskiy ranniy	0	0	0	0.5	0.7	2.8	0.3	4.3
	LSD ₀₅				1.76	F _{fact} < F _{theor}	1.79	0.41	5.61

ные годы колеблется от 7,5 до 27,4 кг/дереву [9]. При сопоставлении данных с полученными на сортоучастке видно, что вдали от крупных промышленных и населенных территорий абрикосу очень редко удается раскрыть свой потенциал, что вполне согласуется с наблюдениями исследователей [20].

По нашим данным, наибольшая суммарная по годам урожайность отмечена у сорта Уралец. С небольшим, но существенным отрывом уступает сорт Горный Абакан. Самое раннее вступление в товарное плодоношение отмечено на 5-й год у сорта Горный Абакан. При этом единичное плодоношение на этом сорте было отмечено еще на 3-й год.

Причины снижения или отсутствия урожайности во многом связаны с неблагоприятными погодными условиями во время цветения или начала роста плодов. Из таблицы 3 видно, что с 2015 года цветение на многих сортах наблюдалось практически ежегодное.

Принято считать, что критическим для цветков абрикоса считается заморозок ниже $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [21; 22]. За период наблюдений практически ежегодно отмечались заморозки в период цветения или по завязям. Только в 2015 г. не наблюдалось заморозков в уязвимые фазы развития. В 2020 г. отмечены заморозки с не критическим понижением температур. В таблице 4 представлены минимальные температуры в уязвимую фазу развития генеративных органов абрикоса за годы наблюдений.

Возвратные заморозки во время цветения – самая распространенная проблема выращивания абрикоса во всём мире [23; 24]. По данным Бродо-

калмакской ГМС, из 7 потенциально продуктивных лет для абрикоса 5 лет сложились условия с критическим понижением температуры в период цветения или роста завязи. Это привело к полной потере или существенному сокращению урожая для большинства испытываемых сортов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusions)

Считается, что подбор сортов с поздними сроками цветения будет способствовать решению этой проблемы. Сорт абрикоса Академик практически ежегодно зацветал в более поздние сроки. При этом, вероятно, преимущество в сроках задержки начала цветения на 2–4 дня дало только в 2018 г., когда последний критический заморозок выпал на окончание цветения большинства сортов и массовое цветение сорта Академик. Во все остальные годы наблюдений возвратные заморозки выпадали значительно позже цветения всех сортов абрикоса.

В 2015 г., по данным Бродокалмакской ГМС (в 20 км от сортоучастка), последний заморозок отмечен до начала цветения 3 мая с температурой в будке $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на поверхности почвы $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отсутствие плодоношения большинства сортов не могло быть обусловлено воздействием возвратных поздне-сенных заморозков по цветению или росту завязи. Отсутствие плодоношения вызвано похолоданием, обильными осадками (64 мм за 2 дня) и сильными ветрами, ограничивающими лет насекомых-опылителей. В условиях обильного количества осадков в период цветения эпифитотии весеннего монильного ожога (*Monilia cinerea* Bonord.) на абрикосе

Таблица 3
Сроки наступления фазы цветения сортов абрикоса в разные годы наблюдений

Сорт	Дата цветения							Среднегодовое дата цветения
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Академик	13.05	2.05	19.05	22.05	08.05	02.05		11.05
Амур	13.05	1.05		21.05	08.05	02.05		9.05
Горный Абакан	11.05	30.04	19.05	21.05	08.05	03.05	03.05	9.05
Кичигинский	13.05	30.04	11.05	20.05	08.05	04.05	04.05	8.05
Пикантный	08.05	29.04	11.05	20.05	06.05	02.05	02.05	7.05
Саянский	08.05	30.04		18.05	08.05	02.05	02.05	6.05
Сибиряк Байкалова	11.05	30.04	11.05	20.05	10.05	03.05	03.05	8.05
Снежинский	13.05	30.04	11.05	21.05	08.05	04.05	04.05	9.05
Уралец	08.05	30.04	11.05	20.05	08.05	03.05	03.05	7.05
Челябинский ранний	13.05	30.04	11.05	20.05	08.05	04.05	04.05	8.05

Table 3
The timing of the flowering of apricot varieties in different years of observation

Variety	Flowering date							Average annual flowering date
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Academic	13.05	2.05	19.05	22.05	08.05	02.05		11.05
Amur	13.05	1.05		21.05	08.05	02.05		9.05
Gornyy Abakan	11.05	30.04	19.05	21.05	08.05	03.05	03.05	9.05
Kichiginskiy	13.05	30.04	11.05	20.05	08.05	04.05	04.05	8.05
Pikantnyy	08.05	29.04	11.05	20.05	06.05	02.05	02.05	7.05
Sayanskiy	08.05	30.04		18.05	08.05	02.05	02.05	6.05
Sibiryak Baykalova	11.05	30.04	11.05	20.05	10.05	03.05	03.05	8.05
Snezhinskiy	13.05	30.04	11.05	21.05	08.05	04.05	04.05	9.05
Uralets	08.05	30.04	11.05	20.05	08.05	03.05	03.05	7.05
Chelyabinskiy ranniy	13.05	30.04	11.05	20.05	08.05	04.05	04.05	8.05

се еще не наблюдалось. Плодоношение в этот год на сорте Горный Абакан и еще на сорте Восточный Саян, высаженном в коллекции, вероятно, обусловлено склонностью сортов к самоплодности.

В 2017 и в 2021 гг. отсутствовало цветение на многих сортах дальневосточной селекции, высаженных не только в конкурсное сортоиспытание, но и в коллекции (в том числе на сортах Хабаровский, Дальневосточный, Бай, Амурский ранний). На сорте Академик в 2017 г. наблюдалось единичное цветение. Аналогичным образом себя вели сорта Самарской селекции (Самарский, Куйбышевский юбилейный) и ряд других сортов различного географического происхождения (Мелитопольский ранний, Левко, Лунатик, Королевский). Хорошее развитие деревьев и отсутствие цветения вызвано вымерзанием генеративных почек в зимний период и осыпанием их во время начала распускания почек. Погодные условия зим за период наблюдений, демонстрирующие причину вымерзания цветочных почек, показаны в таблице 5.

Из представленной таблицы можно сделать вывод, что за годы наблюдений интродуцированные дальневосточные, а также сорта с Европейской России в условиях Челябинской области не способны сохранить генеративные почки в нормальные или относительно суровые для данной местности зимы. Не наблюдалось совсем, либо единичное цветение отмечено на перечисленных ранее сортах после зим с суммой отрицательных температур 1700 °С.

Анализируя только опыт конкурсного сортоиспытания, заложенный в 2011 г., можно сделать вывод, что минимальные температуры за зиму не носят решающего характера в перезимовку цветочных почек абрикоса. Минимальные температуры –38,3 °С отмечены и в зиму 2016/2017 года, когда наблюдалось вымерзание цветочных почек, и в зиму 2018/2019, когда наблюдалось плодоношение практически на всех перечисленных ранее сортах.

Также на сортоучастке была выполнена закладка опытов по методике конкурсного сортоиспытания в 2009 г., включающая сорта Кичигинский, Снежинский, Хабаровский, Серафим, Северное сияние и еще некоторые перспективные номера. Но в связи с тем, что по сортоопыту не был представлен акт закладки в госкомиссию, эти насаждения не включены в учеты. Тем не менее первое плодоношение на этом участке на сортах Кичигинский и Снежинский наблюдалось еще в 2013 г., что вполне вписывается в представление адаптивности местных сортов к сравнительно более суровым зимам в сравнении со средне многолетними данными с суммой отрицательных температур выше 1700 °С.

Не укладывается в сложившееся представление зима 2013/2014 года, когда и сумма отрицательных температур значительно меньше среднесезонных данных, минимальная температура за зиму не является самой минимальной за весь период наблюдений. При этом только после этой зимы наблюдалось полное вымерзание цветочных почек на Челябинских и всех остальных сортах абрикоса. Причины такого нетипичного поведения могут быть в резком перепаде температур в позднезимний период, о чем и коллеги из Челябинского института садоводства писали [9]. Резкие понижения температур после оттепелей, начинающиеся в середине декады и заканчивающиеся, математически самокомпенсируются, не имея существенного отражения в декадных отчетах метеостанций. А по единообразной реакции всех вступивших в генеративный период с отмеченным единичным плодоношением сортов абрикоса (Кичигинский, Снежинский, Горный Абакан, Саянский, Восточно-Сибирский) можно судить о том, что данные сорта не устойчивы к возвратным похолоданиям после оттепелей.

Еще одна особенность перезимовки абрикосов, которая не может быть отражена при анализе только опыта конкурсного сортоиспытания абрикоса:

Таблица 4
Наиболее холодные заморозки в период цветения и роста завязи плодов абрикоса в годы наблюдений

Показатели	Годы наблюдений						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Дата начала цветения первых сортов	08.05	29.04	11.05	18.05	06.05	02.05	02.05
Дата начала цветения большинства сортов	11.05	30.04	11.05	20.05	08.05	03.05	03.05
Дата начала цветения последних сортов	13.05	02.05	19.05	22.05	10.05	04.05	04.05
Температура (в будке) в критическую фазу развития, °С	-1,9	-5,8	-5,4	-6,0	-3,0	-3,7	-3,7
Дата заморозка	03.05	28.05	30.05	26.05	26.05	09.05	25.05

Table 4
The coldest frosts during the flowering and growth of the apricot fruit ovary in the years of observation

Indicators	Years of observations						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
The date of the beginning of flowering of the first varieties	08.05	29.04	11.05	18.05	06.05	02.05	02.05
The date of the beginning of flowering of most varieties	11.05	30.04	11.05	20.05	08.05	03.05	03.05
The date of the beginning of flowering of late varieties	13.05	02.05	19.05	22.05	10.05	04.05	04.05
Temperature (in the booth) in the critical phase of development, °C	-1,9	-5,8	-5,4	-6,0	-3,0	-3,7	-3,7
Date of freezing	03.05	28.05	30.05	26.05	26.05	09.05	25.05

Погодные условия зим за период наблюдений

Показатели	Средне многолетний показатель	Зимы наблюдений								
		2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021
Сумма отрицательных температур, °С	1690	1717	1349	1199	1340	1781	1553	1532	854	1757
Самая низкая температура за зиму, °С		-34,0	-38,0	-33,9	-35,0	-38,3	-28,8	-38,3	-37,6	-38,0
Дата мороза		24.12	30.01	03.01	01.01	21.12	31.01	21.12	06.02	23.01

Table 5

Winter weather conditions during the observation period

Indicators	Long-term average	Observation winters								
		2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2020/ 2021
Sum of negative temperatures, °C	1690	1717	1349	1199	1340	1781	1553	1532	854	1757
The lowest temperature for the winter, °C		-34,0	-38,0	-33,9	-35,0	-38,3	-28,8	-38,3	-37,6	-38,0
Frost date		24.12	30.01	03.01	01.01	21.12	31.01	21.12	06.02	23.01

после зимы 2019/2020 года, когда сумма отрицательных температур не превышала 1000 °С, впервые за весь период наблюдений (2011 г. закладки) смогли сохранить и вегетативную, и генеративную часть выше уровня снега и дать первое единичное плодоношение некоторые сорта Московской селекции (Монастырский, Алеша, Водолей) и некоторые другие сорта: Королевский, Краснощёкий, Персиковый и др.

Таким образом, из представленных данных можно обобщить следующее заключение. Самый адаптированный сорт Горный Абакан был с плодоношением 5 лет из 7. Сорта местной селекции имели плодоношение 4 года из 7. За период наблюдений не сложилось ни одного года, в который смогли бы раскрыть потенциал все или большинство сортов местной селекции. В отдельные относительно благоприятные годы удавалось наблюдать урожайность на уровне, близком к заявленному оригинатором, только на сорте Уралец. Такие факторы, как задержка сроков цветения на 2–4 дня, самоплодность, устойчивость цветочных почек к низким температурам в зимний период, устойчивость к перепадам температур в позднезимний период на отдельных сортах оказывали положительное влияние

в отдельные годы, но из-за наличия этих качеств на разных сортах единой для региона зависимости проследить не удалось. Наиболее актуальна проблема заморозков в период цветения и роста завязи, которая сказалась в 6 лет из 7 учетных. На втором месте – проблема зимостойкости генеративных почек, которая проявилась 2 года из 7. Абрикос – самая чувствительная культура к погодным условиям, теоретически вполне зимостойкая в условиях Челябинской области, способная цвести и давать плоды при стечении благоприятных обстоятельств. Из-за высокого интереса к этой культуре у садоводов-любителей, а также многофакторности успеха получения плодов изучение различных высокочувствительных агроприемов, способствующих каким-либо образом лимитировать воздействие неблагоприятных факторов среды, будет особенно актуально на этой культуре.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по программе государственного сортоиспытания на Челябинском государственном сортоиспытательном участке на территории и при техническом обеспечении базового предприятия ООО «НПО «Сад и огород».

Библиографический список

1. Kaya O., Kose C., Gecim T. An exothermic process involved in the late spring frost injury to flower buds of some apricot cultivars (*Prunus armenica* L.). // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 241. Pp. 322–328. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.07.019.
2. Ganji Moghadam E., Mokhtarian A. Evaluation of the effects of plum rootstocks on time of flowering in apricot (Shahroudi and Lasgerdi cultivars) trees // Acta Horticulturae. 2004. No. 734. Pp. 163–165. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.734.19.
3. Момунова Г. А. Особенности влияния климатических условий южного региона Кыргызстана на местные сорта абрикоса // Территория науки. 2017. № 3. С. 81–84.
4. Gorina V., Korzin V., Mesyats N. Apricot breeding for late flowering in Nikita Botanical Gardens // Acta Horticulturae. 2020. No. 1282. Pp. 25–30. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1282.5.
5. Balogh E., Halász J., Soltész A., Erös-Honti Z., Gutermuth Á., Szalay L., Höhn M., Vágújfalvi A., Galiba G. & Hegedüs, A. Identification, structural and functional characterization of dormancy regulator genes in apricot (*Prunus armeniaca* L.) // Frontiers in plant science. 2019. Vol. 10. DOI: 10.3389/fpls.2019.00402.

6. Szalay L., Pedryc A., Szabo Z. & Papp J. Influence of the changing climate on flower bud development of apricot varieties // *Acta Horticulturae*. 2006. No. 717. Pp. 75–78. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.717.12.
7. Kramarenko L. A. Introduction of apricot to Moscow and surrounding regions: results of 32 years of work // *Acta Horticulturae*. 2018. No. 1214. Pp. 45–52. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1214.8.
8. Eremeeva T. The Introduction of Apricots in Predbaikalia // *Acta Horticulturae*. 2001. No. 701. Pp. 207–214. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.701.30.
9. Гасымов Ф. М. Влияние абиотических факторов на урожай абрикоса в условиях Южного Урала // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179. № 4. С. 149–155. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-149-155.
10. Корзин В. В. Анализ развития и современного состояния культуры абрикоса в мире и Российской Федерации // Садоводство и виноградарство. 2019. № 6. С. 35–41. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-6-35-41.
11. Желудков И. А. Косторнова О. В. Хозяйственно-биологическая оценка сортов абрикоса на подвое сеянцы дикого абрикоса в Ставропольском крае // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 30 (6). С. 38–50.
12. Минин А. Н., Нечаева Е. Х., Мельникова Н. А. Селекция и сортоизучение абрикоса в лесостепи Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 3–7. DOI: 10.12737/19053.
13. Ноздрачева Р. Г., Раткина К. Г. Зависимость урожая абрикоса от экологических факторов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 58–63. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/58-63.
14. Драгавцева И. А., Савин И. Ю. Клюкина А. В. Оценка экологических ресурсов плодоношения плодовых культур на юге России в условиях изменения климата (на примере абрикоса в Краснодарском крае) // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. № 132. С. 37–44. DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.04.
15. Шолохов А. М. Изучение сравнительной зимостойкости сортов абрикоса в связи с биологическими особенностями развития цветковых почек. автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва: Московская ордена Ленина с.-х. академия им. К. А. Тимирязева, 1963. 17 с.
16. Горина В. М., Корзин В. В., Месяц Н. В. Влияние климатических условий южного берега Крыма на продуктивность абрикоса // Труды Кубанского аграрного университета. 2016. № 59. С. 100–104.
17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. V. Москва: Колос, 1970. 160 с.
18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
19. Месяц Н. В., Горина В. М. Биологические особенности и отбор источников ценных признаков среди интродуцированных сортов абрикоса в коллекции Никитского ботанического сада // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 54. С. 177–182. DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-177-182.
20. Гасымов Ф. М., Уточкин Г. М. Трудности внедрения абрикоса // Современное садоводство. 2019. № 2. С. 46–54. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10208.
21. Kaş O., Kose C. Cell death point in flower organs of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars at subzero temperatures // *Scientia horticulturae*. 2019. Vol. 249. Pp. 299–305. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.01.018.
22. Dumanoglu H., Erdogan V., Kesik A., Dost S. E., Delialioglu R. A., Kocabas Z., Ernim C., Macit T., Bakir M. Spring late frost resistance of selected wild apricot genotypes (*Prunus armeniaca* L.) from Cappadocia region, Turkey // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 246. Pp. 347–353. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.10.038.
23. Драгавцева И. А., Кузнецова А. П., Клюкина А. В., Коваленко С. П. Реакция культуры абрикоса на стрессовые ситуации зимнего периода с учетом изменения климата // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 65 (5). С. 141–150. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-141-150.
24. Ноздрачева Р. Г., Раткина К. Г. Зависимость урожая абрикоса от экологических факторов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 58–63. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/58-63.

Об авторах:

Михаил Сергеевич Лёзин^{1,2}, кандидат биологических наук, доцент¹, младший научный сотрудник², ORCID 0000-0002-1422-4983, AuthorID 790063; +7 951 255-32-60, Lezin-misha@mail.ru

Вера Анатольевна Лёзина³, агроном, ORCID 0000-0003-3092-5357 AuthorID 993981; +7 929 273-45-67, vera.sevryuckova@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

² Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³ Челябинский плодово-ягодный госсортоучасток, Челябинск, Россия

The role of environmental factors in the irregular fruiting of apricot culture in the conditions of the forest-steppe of the Trans-Urals

M. S. Lezin^{1,2✉}, V. A. Lezina³

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

²Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³Chelyabinsk State Strain-Testing Station for Fruit and Berry Crops, Chelyabinsk, Russia

✉E-mail: Lezin-misha@mail.ru

Abstract. The purpose of this scientific study is the production testing of apricot varieties of different origin away from industrial areas and settlements that can have a softening effect on temperature decrease to critical values for culture. The study was conducted according to the classical **methods** of the state strain testing of fruit crops. The planting scheme is 3 × 5 m, the rootstock is sand cherry (*Prunus pumila* L.). **Results and practical significance.** The apricot varieties most adapted to specific soil and climatic conditions, capable of bearing fruit 4–5 years out of 7 to varying degrees, have been identified. It has been established that frosts during flowering and ovary growth have the greatest effect on productivity and regularity of fruiting. To the greatest extent, it was possible to unlock the potential of productivity only in the year when frosts on flowering and ovaries did not reach the critical mark of –3 °C. In adapted varieties, the death of flower buds in winter was observed only 1 time in 9 years due to recurrent frosts after thaws. The delay in the beginning of flowering by 2–4 days provided a higher yield for late-flowering varieties in 1 accounting year. The self-fertility of the variety provided an additional 1 year to a yield. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of the Urals and Siberia, the sensitivity of apricot culture to abiotic factors in production conditions far from industrial and residential areas was demonstrated based on the materials of the state competitive strain testing.

Keywords: apricot, generative buds, regularity of fruiting, flowering, return early frosts.

For citation: Lezin M. S., Lezina V. A. Rol' ekologicheskikh faktorov v neregulyarnom plodonoshenii kul'tury abrikosa v usloviyakh lestepi Zaural'ya [The role of environmental factors in the irregular fruiting of apricot culture in the conditions of the forest-steppe of the Trans-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-12-20. (In Russian.)

Date of paper submission: 02.06.2022, **date of review:** 15.08.2022, **date of acceptance:** 02.09.2022.

References

1. Kaya O., Kose C., Gecim T. An exothermic process involved in the late spring frost injury to flower buds of some apricot cultivars (*Prunus armenica* L.). // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 241. Pp. 322–328. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.07.019.
2. Ganji Moghadam E., Mokhtarian A. Evaluation of the effects of plum rootstocks on time of flowering in apricot (Shahroudi and Lasgerdi cultivars) trees // Acta Horticulturae. 2004. No. 734. Pp. 163–165. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.734.19.
3. Momunova G. A. Osobennosti vliyaniya klimaticheskikh usloviy yuzhnogo regiona Kyrgyzstana na mestnyye sorta abrikosa [Peculiarities of the influence of climatic conditions of the southern region of Kyrgyzstan on local apricot varieties] // Territoriya nauki. 2017. No. 3. Pp. 81–84. (In Russian.)
4. Gorina V., Korzin V., Mesyats N. Apricot breeding for late flowering in Nikita Botanical Gardens // Acta Horticulturae. 2020. No. 1282. Pp. 25–30. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1282.5.
5. Balogh E., Halász J., Soltész A., Erős-Honti Z., Gutermuth Á., Szalay L., Höhn M., Vágújfalvi A., Galiba G. & Hegedüs, A. Identification, structural and functional characterization of dormancy regulator genes in apricot (*Prunus armeniaca* L.) // Frontiers in plant science. 2019. Vol. 10. DOI: 10.3389/fpls.2019.00402.
6. Szalay L., Pedryc A., Szabo Z. & Papp J. Influence of the changing climate on flower bud development of apricot varieties // Acta Horticulturae. 2006. No. 717. Pp. 75–78. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.717.12.
7. Kramarenko L. A. Introduction of apricot to Moscow and surrounding regions: results of 32 years of work // Acta Horticulturae. 2018. No. 1214. Pp. 45–52. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1214.8.
8. Eremeeva T. The Introduction of Apricots in Predbaikalia // Acta Horticulturae. 2001. No. 701. Pp. 207–214. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.701.30.
9. Gasymov F. M. Vliyanie abioticheskikh faktorov na urozhay abrikosa v usloviyakh Yuzhnogo Urala [The effect of abiotic factors on apricot yield in the Southern Urals] // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. Vol. 179 (4) Pp. 149–155. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-149-155. (In Russian.)

10. Korzin V. V. Analiz razvitiya i sovremennogo sostoyaniya kul'tury abrikosa v mire i Rossiyskoy Federatsii [Analysis of the development and contemporary state of apricot culture in the world and Russian Federation] // Horticulture and viticulture. 2019. No. 6. Pp. 35–41. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-6-35-41. (In Russian.)
11. Zheludkov I., Kostornova O. Khozyaystvenno-biologicheskaya otsenka sortov abrikosa na podvoe seyantsy dikogo abrikosa v Stavropol'skom krae [Industrial and biological estimation of apricot varieties on rootstock of wild apricot sapling in the Stavropol region] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2014. No. 30 (6). Pp. 38–50. (In Russian.)
12. Minin A. N., Nechaeva E. H., Melnikova N. A. Seleksiya i sortoizuchenie abrikosa v lesostepi Srednego Povolzh'ya [Cultivar study and apricot selection in the environment of Middle Volga area forest-steppe] // Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2016. No. 2. Pp. 3–7. DOI: 10.12737/19053. (In Russian.)
13. Nozdracheva R. G., Ratkina K. G. Zavisimost' urozhaya abrikosa ot ekologicheskikh faktorov [Dependence of apricot yield on ecological factors] // Vestnik of the Russian agricultural science. 1970. No. 1. Pp. 58–63. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/58-63. (In Russian.)
14. Dragavtseva I. A., Savin I. Yu., Klyukina A. V. Otsenka ekologicheskikh resursov plodonosheniya plodovykh kul'tur na yuge Rossii v usloviyakh izmeneniya klimata (na primere abrikosa v Krasnodarskom krae) [Estimation of environmental resources of fruit trees' bearing in the South of Russia in the conditions of climate change (exemplified by apricot in Krasnodar Territory)] // Bulletin of the State Nikita Botanical Garden. 2019. No. 132. Pp. 37–44. DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.04. (In Russian.)
15. Sholokhov A. M. Izucheniye sravnitel'noy zimostoykosti sortov abrikosa v svyazi s biologicheskimi osobennostyami razvitiya tsvetkovykh pochek: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Study of comparative winter hardiness of apricot varieties in connection with the biological features of the development of flower buds: abstract of dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Moscow: Moskovskaya ordena Lenina s.-kh. akademiya im. K. A. Timiryazeva, 1963. 17 p. (In Russian.)
16. Gorina V. M., Korzin V. V., Mesyats N. V. Vliyanie klimaticheskikh usloviy yuzhnogo berega Kryma na produktivnost' abrikosa [Influence of climatic conditions of southern coast of Crimea on apricot productivity] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 59. Pp. 100–104. (In Russian.)
17. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Vol. V. Moscow: Kolos, 1970. 160 p. (In Russian.)
18. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops / Ed. E. N. Sedov] / Under the editorship of E. N. Sedov, T. P. Ogot'sova. Oryol: All-Russian Research Institute of Fruit Crops Selection, 1999. 608 p. (In Russian.)
19. Mesyats N. V., Gorina V. M. Biologicheskie osobennosti i otbor istochnikov tsennykh priznakov sredi introdutsirovannykh sortov abrikosa v kolleksii Nikitskogo botanicheskogo sada [Biological peculiarities and selection of sources of valuable traits among introduced varieties of apricot in the collection of the Nikitsky botanical garden] // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2018. Vol. 54. Pp. 177–182. DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-177-182. (In Russian.)
20. Gasymov F. M., Utochkin G. M. Trudnosti vnedreniya abrikosa [The difficulties of introducing apricot] // Contemporary horticulture. 2019. No. 2. Pp. 46–54. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10208. (In Russian.)
21. Kaya O., Kose C. Cell death point in flower organs of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars at subzero temperatures // Scientia horticulturae. 2019. Vol. 249. Pp. 299–305. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.01.018.
22. Dumanoglu H., Erdogan V., Kesik A., Dost S. E., Delialioglu R. A., Kocabas Z., Ernim C., Macit T., Bakir M. Spring late frost resistance of selected wild apricot genotypes (*Prunus armeniaca* L.) from Cappadocia region, Turkey // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 246. Pp. 347–353. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.10.038.
23. Dragavtseva I. A., Kuznetsova A. P., Klyukina A. V., Kovalenko S. P. Reaktsiya kul'tury abrikosa na stressovye situatsii zimnego perioda s uchetom izmeneniya klimata [The Reaction of apricot-tree for stressful situation of winter period taking into account the climate change] // Fruit growing and viticulture of South 2020. No. 65 (5). Pp. 141–150. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-141-150. (In Russian.)
24. Nozdracheva R. G., Ratkina K. G. Zavisimost' urozhaya abrikosa ot ekologicheskikh faktorov [Dependence of apricot yield on ecological factors] // Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2019. No. 1. Pp. 58–63. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/58-63. (In Russian.)

Authors' information:

Mikhail S. Lezin^{1,2}, candidate of biological sciences, associate professor¹, junior research assistant², ORCID 0000-0002-1422-4983, AuthorID 790063; +7 951 255-32-60, Lezin-misha@mail.ru
 Vera A. Lezina³, agronomist, ORCID 0000-0003-3092-5357, AuthorID 993981; +7 929 273-45-67, vera.sevryuckova@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

² Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³ Chelyabinsk State Strain-Testing Station for Fruit and Berry Crops, Chelyabinsk, Russia

Оптимизация питательного режима озимой пшеницы

Н. И. Мамсиров¹✉, А. Ю. Кишев², А. А. Мнатсаканян³

¹ Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

² Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, Россия

³ Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

✉ E-mail: nur.urup@mail.ru

Аннотация. Эффективное и быстрое разложение растительных остатков и устранение негативного воздействия патогенной микрофлоры на почвенную среду и растительный организм происходит за счет грибов рода *Trichoderma*, которые обладают фитозащитными и ростостимулирующими свойствами, имеют высокую степень разложения высокополимерных компонентов растительных остатков. Одним из таких препаратов является «Стернифаг». **Цель работы** – определить эффективность применения микробиологического препарата «Стернифаг» в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях Республики Адыгея. **Научная новизна** полученных результатов состоит в том, что впервые на слитых выщелоченных черноземах изучено влияние препарата «Стернифаг» на продуктивность озимой пшеницы. **Методы** исследования соответствуют «Методике опытного дела» Б. А. Доспехова. **Результаты.** В статье приведены результаты исследований, определяющих эффективность применения микробиологического препарата «Стернифаг» в технологии возделывания озимой пшеницы. Исследования проводились в ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» в период 2017–2020 с.-х. гг. на черноземе выщелоченном. В результате исследований отмечено, что применение препарата «Стернифаг» увеличило высоту озимой пшеницы, которая составила в фазу выхода в трубку 37,4 см (+39,6 % к контролю) и в фазу полной спелости 81,9 см (+8,9 % к контролю), нарастание биомассы надземными органами и накопление ими сухого вещества также увеличилось. Включение в технологию возделывания озимой пшеницы препарата «Стернифаг» существенно повысило урожайность на 11,2 % (низкий агрофон) и 9,3 % (высокий агрофон) в сравнении с вариантами без его применения. Максимальный урожай (4,01 т/га) получен на варианте 4 с препаратом «Стернифаг» на высоком агрофоне. Определено, что применение данного препарата при возделывании озимой пшеницы улучшило содержание белка в зерне ее натуры, и стекловидность. При этом незначительно сказался на клейковине и ее качестве, что и определило класс зерна, который на низком агрофоне соответствовал 5, а на других вариантах – 4.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, грибы рода *Trichoderma*, препарат «Стернифаг», органическое вещество, структура урожая, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Мамсиров Н. И., Кишев А. Ю., Мнатсаканян А. А. Оптимизация питательного режима озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 21–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-21-32.

Дата поступления статьи: 12.07.2022, **дата рецензирования:** 22.07.2022, **дата принятия:** 05.08.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Проблема повышения урожайности зерновых культур и получение высококачественного зерна в наше время заметно обострилась и приобрела важное народно-хозяйственное значение. В сложившейся экономической ситуации интенсивная технология выращивания озимой пшеницы стала сложной задачей для большинства сельскохозяйственных предприятий [2; 8]. Поэтому возникла необходимость найти альтернативный подход к развитию различных элементов технологии, внедрение которых позволило бы получать стабильно высокие урожаи при сохранении плодородия почв [6; 11].

В природе основными и наиболее важными источниками пополнения почвы питательными веществами являются растительные остатки, которые, попадая в почву, возвращают около 12–15 кг/га N, 7–8 кг/га P₂O₅ и 24–30 кг/га K₂O. Однако, разложение растительных остатков из-за низкой активности почвенной биоты, низкой численности специфической микрофлоры в зависимости от механического состава почвы, может проходить не столь быстро, а лишь в течение 3–5 лет, в этом случае, питательные вещества бывают не доступными для растений в первый год [1; 7; 11]. Верхние слои почвы часто подвержены накоплению лигнина и фенолов, тор-

мозающих процессы роста и развития культурных растений и замедляющих процессы минерализации органических веществ, а также содержанию патогенов болезней и токсинообразующих грибов [13].

Внесение высоких доз азотных удобрений под основную обработку почвы ускоряет процессы разложения стерни после зерновых колосовых предшественников [4]. Наряду с этим наблюдается и негативная сторона, заключающаяся в том, что активизируется рост анаэробной почвенной микрофлоры, в первую очередь патогенной, что в дальнейшем негативно сказывается на семенах и всходах, вызывая заболевания в течение вегетационного периода и, соответственно, потери урожая [3]. Именно поэтому применение препаратов на основе гриба рода *Trichoderma* способствует устранению негативного воздействия патогенной микрофлоры на почву и растения, эффективного и быстрого разложения растительных остатков в почве [9; 5]. Дополнительный эффект от их применения – повышение фитозащитных и ростостимулирующих свойств культурных растений, а также высокая степень разложения высокополимерных компонентов растительных остатков, что показано в ряде научных работ [10; 12; 14–16]. Одним из таких препаратов является «Стернифаг», отличительные особенности которого – безопасность для полевых культур, человека, теплокровных животных, высокая активность действия, устойчивость к перепадам режима температуры и химическим загрязнениям почвы.

Цель исследований заключается в определении эффективности применения микробиологического препарата «Стернифаг» на основе гриба рода *Триходерма* в технологии возделывания озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Республики Адыгея.

Для достижения поставленной цели нам необходимо определить эффективность влияния микробиологического препарата «Стернифаг»:

- на изменение содержания гумуса в почве;
- рост и развитие растений озимой пшеницы;
- формирование элементов структуры урожая;
- урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Гром.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в Адыгейском научно-исследовательском институте сельского хозяйства в период с 2017 по 2020 с.-х. гг. на черноземах выщелоченных слитых тяжелоглинистого механического состава. Содержание органического вещества – 3,0–4,8 %. Содержание элементов питания в слое почвы 0–30 см следующая: общего азота – 0,22–0,30 %, валового фосфора – 0,17–0,22 %, валового калия – 1,7–2,1 %. Кислотность почвы $pH_{\text{соед.}}$ 6,2–6,3, обменная изменяется в пределах 0,2–0,8 мг-экв на 100 г почвы или отсутствует, гидроли-

тическая кислотность – 1,2–1,5 мг-экв на 100 г почвы. Емкость поглощения составляет 37–50 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 95–99 %. Объемная масса верхнего горизонта достигает 1,20–1,30 г/см³.

В период проведения исследований погодные условия разнообразны и наглядно представлены на рис. 1.

В целом погодные условия 2017–2018 с.-х. г. сложились благоприятно для роста и развития озимой пшеницы. Сентябрь очень теплый и сухой. Октябрь, ноябрь и декабрь были теплыми и влажными. Январь теплый и сухой. Февраль влажный и теплый, выпало полторы нормы осадков, температура воздуха выше нормы на 2,7 °С. Март дождливый и умеренно теплый, в то время как в апреле наблюдался недобор осадков и высокие температуры. Май жаркий и дождливый. Июнь и июль жаркие и дождливые.

В период 2018–2019 с.-х. г. погодные условия следующие. В сентябре и октябре осадков выпало больше нормы, температуры высокие. Ноябрь холодный, количество осадков – в пределах нормы. Декабрь теплый и довольно влажный. Теплой погодой и высоким количеством осадков характеризовался январь. Февраль и март были теплыми и сухими. Апрель близок к среднегодовым показателям. Май жаркий и сухой. Июнь жаркий (температура воздуха на 4,7 °С выше нормы), дефицит осадков составил 39,4 %. Июль теплый, и влажный (количество осадков превысило норму в 2 раза).

Погодные условия 2019–2020 с.-х. г. следующие. Сентябрь теплый с недобором осадков в первой декаде. Октябрь жаркий и сухой. Ноябрь теплый, осадков выпало 23,1 % от нормы. Декабрь теплый, недобор осадков составил 40 %. Январь теплый и сухой. Февраль влажный и теплый. Март очень теплый (температура воздуха на 5,0 °С выше нормы) и сухой. Апрель и май прохладные, недобор осадков – 86 и 35 % соответственно. Июнь теплый, сухой. Июль был теплым и дождливым, выпало 102,6 мм осадков.

За годы проведения исследований в зимний период погодные условия были теплыми, в результате чего озимая пшеница продолжала вегетацию. Необходимо добавить, что накопление продуктивной влаги в почвы (0–1,0 м) было незначительным, недобор осадков (март, апрель) не позволил озимой пшенице развить хорошую вторичную корневую систему, что сказалось на ее урожайности. Отметим, что благоприятные погодные условия при возделывании озимой пшеницы сложились в 2017–2018 с.-х. г., менее благоприятный и засушливый – 2019–2020 с.-х. г., тогда как 2018–2019 с.-х. г. имел промежуточное положение. Площадь одной делянки – 120 м² (12 × 100 м), учетная площадь – 50 м². В исследованиях применялся сорт озимой пшеницы Гром (оригинатор ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукья-

ненко»). Глубина заделки семян – 5 см, повторность в опыте четырехкратная, размещение делянок – систематическое, предшественник – озимая пшеница.

Исследования в опыте приводились по следующей схеме:

1. *Низкий агрофон (контроль)*. Весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах N_{30} (первая подкормка) + N_{20} (вторая подкормка).

2. *Высокий агрофон (контроль)*. Весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах N_{60} (первая подкормка) + N_{30} (вторая подкормка).



Рис. 1. Температура воздуха и распределение осадков в период проведения исследований, с.-х. год

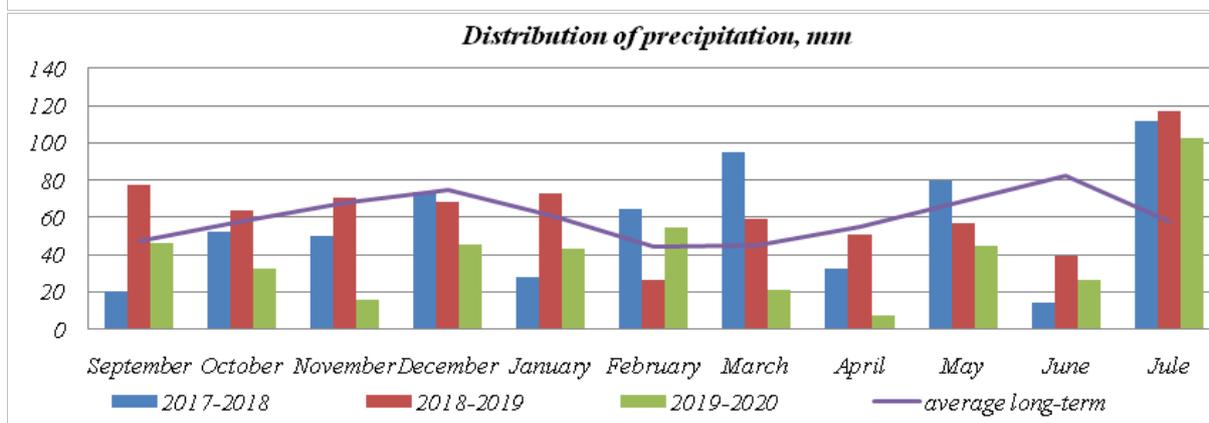
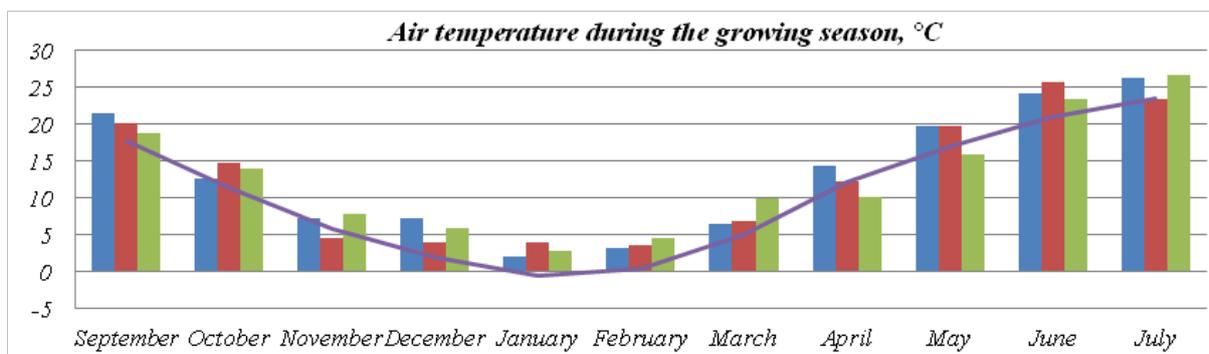


Fig. 1. Air temperature and precipitation distribution during the study period, agricultural year

3. *Низкий агрофон + «Стернифаг»*. После уборки предшествующей культуры пожнивные остатки обработаны препаратом «Стернифаг» в дозе 80 г/га + 250 л/га воды, весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах N_{30} (первая подкормка) + N_{20} (вторая подкормка).

4. *Высокий агрофон + «Стернифаг»*. После уборки предшествующей культуры пожнивные остатки обработаны препаратом «Стернифаг» в дозе 80 г/га + 250 л/га воды, весной проведены подкормки растений аммиачной селитрой в дозах N_{60} (первая подкормка) + N_{30} (вторая подкормка).

«Стернифаг»: препаративная форма – смачивающийся порошок (СП), действующее вещество – *Trichoderma harzianum*, штамм ВКМ-4099D. Обладает фитозащитными и ростостимулирующими свойствами, а также способностью разлагать высокополимерные компоненты растительных остатков.

Стернифаг вносился механизированным способом – опрыскивателем ОВП-2000. Под основную обработку почвы фоном внесли минеральные удобрения в дозе $N_{20}P_{60}K_{60}$. Заделка стерни – агрегатом БДМ-3х2. Посев озимой пшеницы проводили в I декаде октября с нормой высева 220 кг/га.

Содержание органического вещества в почве определялось весной по ГОСТ 26213-91.

В фазы выхода в трубку и полной спелости определяли высоту (у 150 растений озимой пшеницы проводили измерения от узла кушения до верхушки вытянутого листа на главном побеге) и массу растений (сырую массу, затем отправляли на сушку для определения сухой массы) по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Структуру урожая определяли по методике Б. А. Доспехова. Образцы отбирали за день до уборки с каждого варианта (0,25 м²). При анализе снопов учитывали количество продуктивных стеблей, элементы продуктивности колоса (длину колоса, озерненность, массу колоса и зерна с колоса), массу 1000 зерен, рассчитали выход зерна и уборочный индекс.

Уборка проведена в фазу полной спелости зерна озимой пшеницы путем прямого комбайнирования. Урожайность определяли путем взвешивания зерна полученного с каждой делянки, в пересчете на влажность 14 % и чистоту 100 %.

Класс зерна определяли по ГОСТ 9353-2016, средние пробы отбирали по ГОСТ 13586.3-83, массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89, натуру зерна – по ГОСТ 10840-64, стекловидность – по ГОСТ 10987-76, содержание клейковины и ИДК – по ГОСТ 28796-90.

Результаты (Results)

Результаты исследования по влиянию препарата «Стернифаг» на изменение содержания органического вещества в почве приводятся в таблице 1.

Анализ полученных данных выявил, что на контроле при низком и высоком уровне агрофона содержание органического вещества составило 3,20 % в слое почвы 0–20 см. Внесение препарата «Стернифаг» существенно не изменило значение данного показателя: 3,26 (низкий агрофон) и 3,29 % (высокий агрофон). Аналогичная тенденция отмечена и при определении запасов органических веществ в слое почвы 0–20 см, где на вариантах без применения испытуемого препарата запасы составляли 108,8 т/га. А с применением препарата

Таблица 1
Влияние препарата «Стернифаг» на содержание органического вещества в слое почвы 0–20 см, определяемое в I декаде марта, в среднем за 2017–2020 с.-х. гг.

Вариант опыта	Содержание органического вещества, %	Запасы органического вещества, т/га
Низкий агрофон	3,20	108,8
Высокий агрофон	3,20	108,8
Низкий агрофон + Стернифаг	3,26	110,8
Высокий агрофон + Стернифаг	3,29	111,8
НСР ₀₅	0,14	4,1

Table 1
The effect of the Sternifag preparation on the content of organic matter in the soil layer of 0–20 cm, determined in the first decade of March, on average for agricultural year of 2017–2020

Experiment variant	Organic matter content, %	Organic matter reserves, t/ha
Low agricultural background	3.20	108.8
High agricultural background	3.20	108.8
Low agricultural background + Sternifag	3.26	110.8
High agricultural background + Sternifag	3.29	111.8
LSD ₀₅	0.14	4.1

«Стернифаг» запасы органического вещества несущественно, но возросли и составили 110,8 т/га на низком агрофоне и 111,8 т/га на высоком агрофоне.

Во время роста и развития любого растения в течение всей его жизни взаимодействуют физиологические и биологические процессы. В большей степени процессы роста и развития растений зависят от внутренних факторов, где особая роль отводится генетической составляющей.

Главный показатель роста растения озимой пшеницы – это высота, определяющая ее устойчивость к полеганию, к конкуренции за освещенность. Этот показатель в большинстве случаев является сортовым признаком. Однако на ростовые процессы озимой пшеницы, как и других возделываемых культур, оказывают влияние и иные факторы внешней среды, такие как густота стояния, питательный и водный режимы, почвенно-климатические условия, баланс стимулирующих и ингибирующих рост фитогормонов. Данные по высоте и накоплению сырой и сухой массы растениями озимой пшеницы в зависимости от исследуемых факторов представлены в таблице 2.

Многочисленные опыты подтверждают, что применение обоснованных высоких доз удобрений способствует формированию более высоких растений сельскохозяйственных культур с боль-

шей массой. Наши исследования показали, что при возделывании озимой пшеницы ее растения на низком агрофоне существенно уступают по высоте растениям, выращенным на высоком агрофоне, разница составила в фазу выхода в трубку 5,6 см, в фазу полной спелости – 3,6 см. Обработка пожнивных остатков препаратом «Стернифаг» оказала значительное влияние на этот показатель. Так, при внесении препарата на низком агрофоне высота растений составила в фазу выхода в трубку 28,2 см, что на 7,0 см выше контроля, и при этом не имеет существенной разницы по высоте с растениями на варианте 2. Аналогичные данные получены в фазу полной спелости. Следует отметить, что более высокорослые растения сформировались на высоком агрофоне с применением препарата «Стернифаг».

Другим важным показателем, характеризующим рост и развитие озимой пшеницы, является накопление сырой и сухой фитомассы. В фазу выхода в трубку накопление сырой массы определялось изучаемыми факторами: применение минеральных удобрений и препарата «Стернифаг» способствовало формированию более мощных растений. Так, на низком агрофоне сырая масса 1 растения на 12,6 % ниже, чем на высоком, а внесение препарата «Стернифаг» увеличило ее на 12,4 % (высокий агрофон) и 13,7 % (низкий агрофон). Аналогично изменялась

Таблица 2
Влияние препарата «Стернифаг» на высоту и массу растений озимой пшеницы, в среднем за 2017–2020 с.-х. гг.

Вариант опыта	Выход в трубку			Полная спелость		
	Высота растений, см	Масса 1 растения, г		Высота растений, см	Масса 1 растения, г	
		Сырая	Сухая		Сырая	Сухая
Низкий агрофон	21,2	6,15	1,17	71,6	12,27	4,26
Высокий агрофон	26,8	7,78	1,53	75,2	14,07	5,02
Низкий агрофон + «Стернифаг»	28,2	8,47	1,72	77,7	15,84	5,64
Высокий агрофон + «Стернифаг»	37,4	9,64	2,03	81,9	17,28	6,49
НСР ₀₅	1,5	0,32	0,03	3,0	0,58	0,21

Table 2
The effect of the Sternifag preparation on the height and weight of winter wheat plants, on average for agricultural year of 2017–2020

Experiment variant	Exit to the handset			Full ripeness		
	Plant height, cm	Weight of 1 plant, g		Plant height, cm	Weight of 1 plant, g	
		Raw	Dry		Raw	Dry
Low agricultural background	21.2	6.15	1.17	71.6	12.27	4.26
High agricultural background	26.8	7.78	1.53	75.2	14.07	5.02
Low agricultural background + Sternifag	28.2	8.47	1.72	77.7	15.84	5.64
High agricultural background + Sternifag	37.4	9.64	2.03	81.9	17.28	6.49
LSD ₀₅	1.5	0.32	0.03	3.0	0.58	0.21

сухая масса растения в зависимости от изучаемых факторов

Анализ полученных данных массы в фазу полной спелости показал, что применение препарата «Стернифаг» как на низком, так и на высоком агрофоне способствовало формированию более мощных растений с большей сырой и сухой массой.

Урожай любой сельскохозяйственной культуры является основным агрономическим показателем, отражающим целесообразность и эффективность того или иного приема технологии ее выращивания. Формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от применения препарата «Стернифаг» на различных агрофонах показано в таблице 3.

Опытами установлено, что усиление режима питания приводит к стимуляции ростовых процессов, протекающих в самих растениях. Анализ структуры урожая показал, что возделывание озимой пшеницы целесообразно с внесением препарата «Стернифаг» как на низком, так и на высоком агрофоне. Однако более эффективно его применение на высоком агрофоне, именно на этом варианте полученные данные имеют достоверно высокую разницу, как в сравнении с контролем, так и с исследуемыми вариантами. Так, максимальный продуктивный стеблестой (676,0 шт/м²) к уборке отмечен в варианте с препаратом «Стернифаг» на высоком агрофоне. На этом же варианте отмечена длина колоса 8,0 см, что

достоверно превышает изучаемые в опыте варианты от 0,5 (высокий агрофон + «Стернифаг») до 0,9 (низкий агрофон) см.

Отдельные элементы структуры урожая озимой пшеницы в процессе онтогенеза проходят три основных этапа: закладка, максимальное развитие и количественная редукция. Последовательность и скорость прохождения, которых дает возможность дополнить неудовлетворительные моменты предыдущих этапов и тем самым идет стабилизация будущего урожая. Это отмечено и в наших исследованиях, где масса зерна с колоса и его озерненность изменялись прямо пропорционально продуктивному стеблестю. Так, на низком агрофоне значение этих показателей существенно выше и составило 0,77 г и 22,3 шт. соответственно, тогда как на таком же агрофоне с применением препарата «Стернифаг» показатели ниже соответственно на 18,8 и 16,8 %.

Выход зерна от усиления режима минерального питания возрос всего на 2,1 %, а при внесении препарата «Стернифаг» – на 7,7 %. Такая же тенденция отмечена при расчете уборочного индекса, который увеличился на 0,03 % от уровня агрофона и на 0,05 % от применения препарата «Стернифаг».

Данные по урожайности озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от изучаемого агрофона и применения препарата «Стернифаг» (обработка стерни с осени с последующей ее заделкой) наглядно представлены на рис. 2.

Таблица 3

Формирование элементов структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от применения препарата «Стернифаг», 2017–2020 с.-х. гг.

Вариант опыта	Продуктивный стеблестой, шт/м ²	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Выход зерна, %	Уборочный индекс
Низкий агрофон	441,0	7,1	22,3	0,77	72,4	0,78
Высокий агрофон	531,0	7,3	19,5	0,69	74,5	0,81
Низкий агрофон + «Стернифаг»	585,8	7,5	18,1	0,64	80,1	0,84
Высокий агрофон + «Стернифаг»	676,0	8,0	16,6	0,59	82,2	0,85
НСР ₀₅	21,2	0,4	0,8	0,04	–	–

Table 3

Formation of elements of the structure of the winter wheat crop, depending on the use of the Sternifag preparation, agricultural year of 2017–2020

Experiment variant	Productive stem, pcs/m ²	Spike length, cm	Ear grain size, things	Weight of grain per ear, g	Grain yield, %	Harvest index
Low agricultural background	441.0	7.1	22.3	0.77	72.4	0.78
High agricultural background	531.0	7.3	19.5	0.69	74.5	0.81
Low agricultural background + Sternifag	585.8	7.5	18.1	0.64	80.1	0.84
High agricultural background + Sternifag	676.0	8.0	16.6	0.59	82.2	0.85
LSD ₀₅	21.2	0.4	0.8	0.04	–	–

Так, при низкой обеспеченности элементами питания урожайность составила 3,39 т/га (низкий агрофон), тогда как при высоком агрофоне этот показатель вырос на 0,28 т/га и составил 3,67 т/га. Применение в технологии возделывания озимой пшеницы препарата «Стернифаг» на основе грибов рода Триходерма существенно увеличило ее урожайность: на варианте 3, урожайность увеличилась на 11,2 % в сравнении с вариантом 1, а разница варианта 4 с вариантом 2 составила 9,3 %. Максимальный урожай – 4,01 т/га – получен на варианте с внесением препарата «Стернифаг» на высоком агрофоне.

Качественные показатели зерна являются совокупным отражением ее биологических, физических, химических, технологических и потребительских свойств и признаков. Хлебопекарные качества и свойства зерна озимой пшеницы в основном зависят от количества и качества содержащейся в ней клейковины. Мукомольные свойства зависят от таких технологических свойств зерна, как стекловидность, масса 1000 зерен, натурная масса и т. д., а они, в свою очередь, от условий зоны выращивания озимой пшеницы.

Показатели зерна пшеницы, такие как крупность и выполненность, непосредственно характеризуют массу 1000 семян, и наибольший выход муки высокого качества получают из зерна с большей массой 1000 зерен и натурой (таблица 4).

Анализ имеющихся данных показал, что возделывание озимой пшеницы при низком агрофоне не способствует получению хорошей натуры зерна (715 г/л), что характеризует зерно как 5 класс. Применение повышенных доз удобрений увеличило этот показатель до 730 г/л, что характеризует зерно как 4 класс. Включение в технологию возделывания озимой пшеницы микробиологического препарата «Стернифаг» повысило натуру зерна на 5,6 % (низкий агрофон) и 6,8 % (высокий агрофон), такая натура присуща зерну 1 класса.

Стекловидность зерна в наших исследованиях хорошая, ее значение варьировало от 65 до 87 %, зерно с такой стекловидностью относится к 1 классу. Высокие значения отмечены с применением препарата «Стернифаг» вне зависимости от агрофона.

Анализ качества зерна на содержание клейковины определил, что при низком уровне агрофона возделывания озимой пшеницы ее количество наименьшее и составило 17,9 % при ИДК = 103,0 (такое

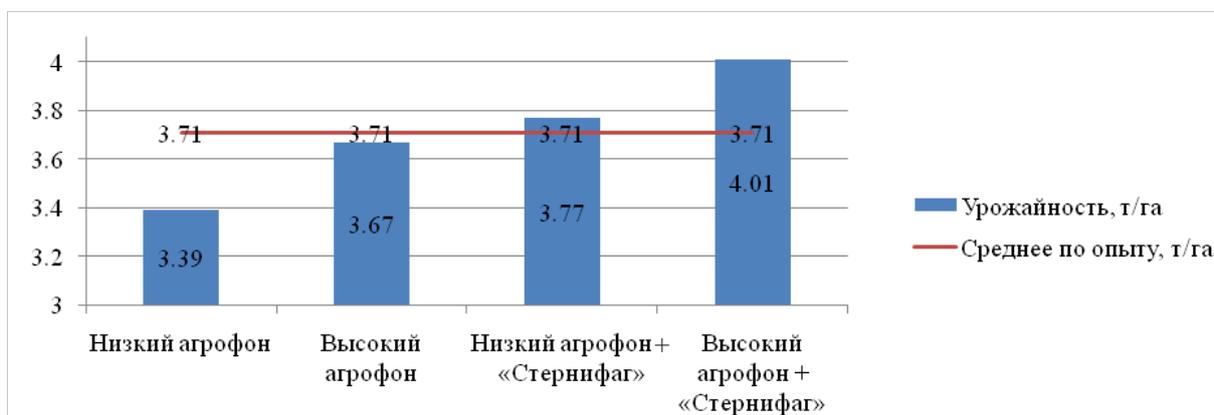


Рис. 2. Урожайность озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от изучаемого фактора, 2017–2020 с.-х. гг. ($HSP_{05} = 0,13$)

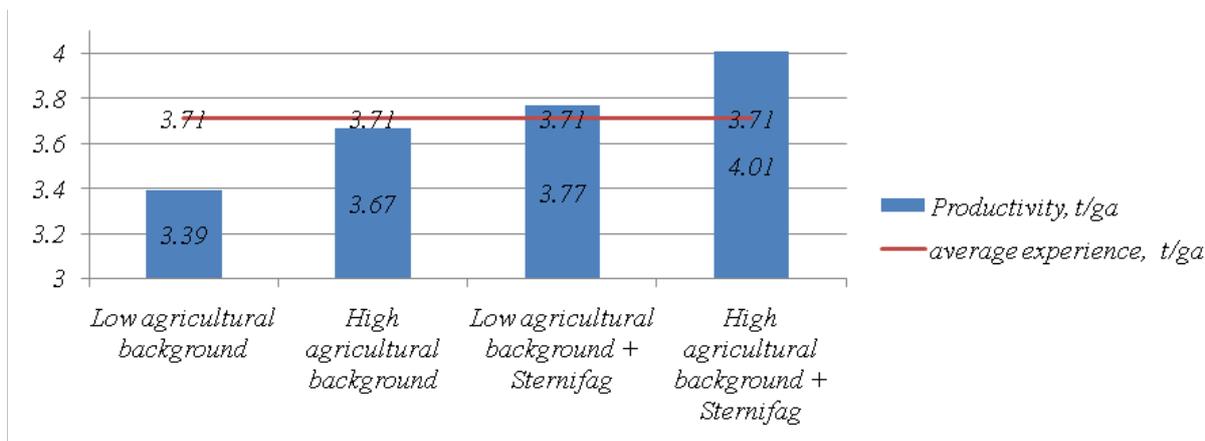


Fig. 2. The yield of winter wheat variety Grom, depending on the factor under study, agricultural year of 2017–2020 ($LSD_{05} = 0,13$)

Таблица 4

Качество зерна озимой мягкой пшеницы сорта Гром в зависимости от применения препарата «Стернифаг», 2017–2020 с.-х. гг.

Вариант опыта	Содержание белка, %	Натура зерна, г/л	Стекловидность, %	Клейковины		Масса 1000 зерен, г
				%	ИДК	
Низкий агрофон	12,1	715	65	17,9	103,0	34,6
Высокий агрофон	12,8	730	70	19,1	90,0	35,4
Низкий агрофон + «Стернифаг»	12,4	755	77	20,5	72,5	35,4
Высокий агрофон + «Стернифаг»	13,2	780	87	22,3	67,5	35,6
НСР ₀₅	0,5	26,9	3	0,8	–	1,1

Table 4

Grain quality of winter soft wheat of the Grom variety, depending on the use of the Sternifag preparation, agricultural year of 2017–2020

Experiment variant	Protein content, %	Grain nature, g/l	Vitreousness, %	Gluten		Weight of 1000 grains, g
				%	Measurement of gluten deformation	
Low agricultural background	12.1	715	65	17.9	103.0	34.6
High agricultural background	12.8	730	70	19.1	90.0	35.4
Low agricultural background + Sternifag	12.4	755	77	20.5	72.5	35.4
High agricultural background + Sternifag	13.2	780	87	22.3	67.5	35.6
LSD ₀₅	0.5	26.9	3	0.8	–	1.1

зерно относится к 5 классу), тогда как на остальных изучаемых вариантах эти показатели существенно выше, и такое зерно относится к 4 классу. Среди них стоит отметить вариант 4 (высокий агрофон + «Стернифаг»), где доля клейковины составила 22,3%, а ИДК = 67,5.

Масса 1000 зерен в наших исследованиях варьировала от 34,6 до 35,4 г на изучаемых агрофонах и от 35,1 до 35,6 г при применении препарата «Стернифаг», при этом существенных отличий не наблюдалось.

Стоит отметить, что при определении качества зерна озимой пшеницы класс, к которому это зерно относится, формируется по показателю с худшим показателям.

Полученные данные позволили нам определить, как влиял тот или иной изучаемый вариант на изменение основных показателей зерна определяющих его качество и дальнейшее направление его применения. На рис. 3 наглядно представлен класс зерна.

На основании действующего ГОСТ 9353-2016 определено, что класс зерна на варианте 1 (низкий агрофон) соответствует 5, тогда как на остальных изучаемых нами вариантах класс зерна выше и соответствовал 4. Стоит отметить, что, несмотря на то что применение препарата «Стернифаг» суще-

ственно влияло на повышение урожайности озимой пшеницы как на низком так и на высоком агрофоне, при определении класса зерна этого в полной мере не отмечалось. Так, на низком агрофоне класс зерна соответствовал 5, дополнительное применение препарата «Стернифаг» (вариант 3) повысило класс зерна до 4. Однако при высоком агрофоне (контроль) возделывания озимой пшеницы класс зерна соответствовал 4, применение препарата «Стернифаг» на изменении данного показателя не сказалось.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применение микробиологического препарата «Стернифаг» на основе гриба рода Триходерма в технологии возделывания озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Республики Адыгея позволяет сделать следующие выводы.

За исследуемые годы отмечено сохранение и незначительное повышение органического вещества и его запасов почвы (слой 0–20 см) с внесением препарата «Стернифаг» – 3,28 % и 111,3 т/га, тогда как на контроле – 3,2% и 108,8 т/га в среднем по агрофонам. Возможно, продолжение дальнейших исследований позволит нам отметить положительную тенденцию на увеличение органического вещества.

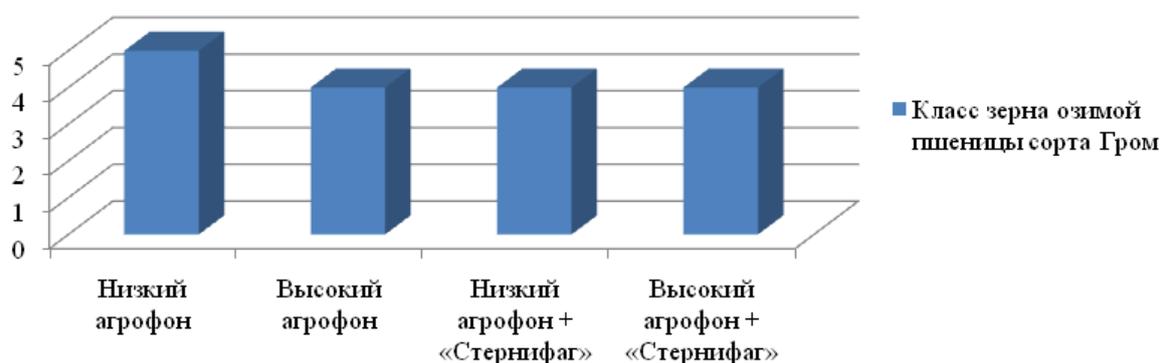


Рис. 3. Класс зерна озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от изучаемого фактора, 2017–2020 с.-х. гг.

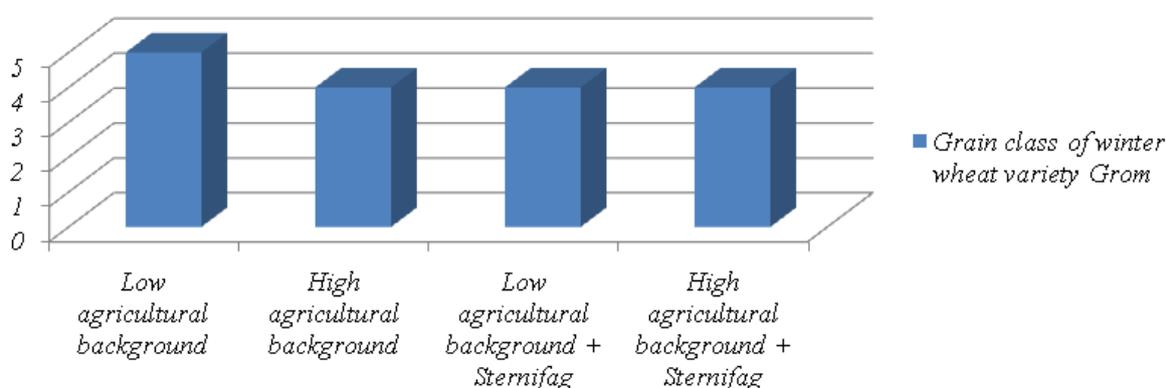


Fig. 3. Grain class of winter wheat variety Grom depending on the factor under study, agricultural year of 2017–2020

Отмечен рост высоты и массы растений озимой пшеницы в исследуемый период на вариантах с применением препарата «Стернифаг». Высокий результат получен на варианте 4 (высокий агрофон + «Стернифаг»), где в фазу выход в трубку растения имели высоту 37,4 см (+39,6 % к варианту 2), сырую массу 9,64 г (+23,9 % к варианту 2) и сухую 2,03 г (+32,7 % к варианту 2), данная закономерность подтверждается и в позднюю фазу учета.

Средняя урожайность в проведенных исследованиях составила 3,71 т/га, наименьшая урожайность сформировалась на низком агрофоне – 3,39 т/га, тогда как на высоком агрофоне этот показатель выше на 0,28 т/га. Применение препарата «Стернифаг» увеличило этот показатель как на низ-

ком (+0,38 т/га), так и на высоком (+0,34 т/га) агрофонах. Повышение урожайности отмечено за счет получения большего количества продуктивных стеблей и длины колоса.

Качество зерна озимой пшеницы сорта Гром зависело от изучаемых факторов: наибольшие показатели отмечены на варианте 4 (высокий агрофон + «Стернифаг»), где содержание белка составило 13,2 % (+0,4 % к варианту 2), натура зерна – 780 г/л (+50 г/л к варианту 2), стекловидность – 87 % (+17 % к варианту 2), клейковина – 22,3 % (+3,2 % к варианту 2). На класс зерна это существенно не повлияло, так как на всех изучаемых вариантах, кроме варианта 1 (зерно 5 класса), этот показатель соответствовал 4 классу.

Библиографический список

1. Ашинов Ю. Н., Мамсиров Н. И., Брантова М. М. Гумификация растительных остатков в лесных почвах // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиапшева. Нальчик, 2018. С. 116–119.
2. Булавин Л. А., Гвоздов А. П., Куцев Д. Н., Ленский А. В. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы при разных уровнях интенсивности технологии // Земледелие и селекция в Беларуси. 2020. № 55. С. 39–49.
3. Девтерова Н. И., Благополучная О. А. Урожайность пшеницы озимой в зависимости от использования биологических, химических факторов и возобновляемых биоресурсов при уменьшении интенсивности обработки почвы // Новые технологии. 2018. № 3. С. 196–199.

4. Демина О. Н., Еремин Д. И. Влияние минеральных удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (155). С. 63–71.
5. Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г., Куликова Н. А., Ситкалиев А. П. Оценка эффективности биопрепаратов-деструкторов на микробиологическую активность светло-каштановой почвы под овощными культурами // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 211–219.
6. Мнатсаканян А. А., Васюков П. П., Чуварлева Г. В., Лесовая Г. М. Агротехнологические основы применения регуляторов роста и водорастворимого микробиодобрения на озимой пшенице // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3. С. 88–100.
7. Русакова И. В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах // Владимирский земледелец. 2021. № 2. С. 34–40.
8. Bezuglova O. S., Gorovtsov A. V., Demidov A. M. et al. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress // Journal of Soils and Sediments. 2019. Vol. 19. No. 6. Pp. 2665–2675.
9. Gangwar O. P., Singh A. P. Trichoderma as an efficacious bioagent for combating biotic and abiotic stresses of wheat-A review // Agricultural Reviews. 2018. Vol. 39. No. 1. Pp. 48–54.
10. Kredics L., Chen L., Kedves O. et al. Molecular tools for monitoring Trichoderma in agricultural environments // Frontiers in microbiology. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01599.
11. Luo Z., Wang E., Xing H. et al. Opportunities for enhancing yield and soil carbon sequestration while reducing N₂O emissions in rainfed cropping systems // Agricultural and Forest Meteorology. 2017. Vol. 232. Pp. 400–410.
12. Oljira A. M., Hussain T., Waghmode T. R. et al. Trichoderma enhances net photosynthesis, water use efficiency, and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress // Microorganisms. 2020. Vol. 8. No. 10. DOI: 10.3390/microorganisms8101565.
13. Sazykina M. A., Minkina T. M., Konstantinova E. Yu. et al. Pollution impact on microbial communities composition in natural and anthropogenically modified soils of Southern Russia // Microbiological Research. 2022. Vol. 254. DOI: 10.1016/j.micres.2021.126913
14. Xue A. G., Guo W., Chen Y. et al. Effect of seed treatment with novel strains of Trichoderma spp. on establishment and yield of spring wheat // Crop protection. 2017. Vol. 96. Pp. 97–102.
15. Zhang S., Gan Y., Ji W. et al. Mechanisms and characterization of Trichoderma longibrachiatum in suppressing nematodes (*Heterodera avenae*) in wheat // Frontiers in plant science. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01491.
16. Zin N. A., Badaluddin N. A. Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications // Annals of Agricultural Sciences. 2020. Vol. 65. No. 2. Pp. 168–178.

Об авторах:

Нурбий Ильясович Мамсиров¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0003-4581-5505, AuthorID 377074; +7 918 223-23-25, nur.urup@mail.ru

Алим Юрьевич Кишев², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой «Агрономия», ORCID 0000-0003-2838-6876, AuthorID 343309; +7 928 717-10-45, a.kish@mail.ru

Арсен Аркадьевич Мнатсаканян³, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией земледелия, ORCID 0000-0002-1214-1068, AuthorID 818712; +7 961-222-15-12, newagrotech2015@mail.ru

¹ Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

² Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, Нальчик, Россия

³ Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

Optimization of the nutritional regime of winter wheat

N. I. Mamsirov¹✉, A. Yu. Kishv², A. A. Mnatsakanyan³

¹ Maykop State Technological University, Maykop, Russia

² Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V. M. Kokov, Nalchik, Russia

³ National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia

✉ E-mail: nur.urup@mail.ru

Abstract. Efficient and rapid decomposition of plant residues, and elimination of the negative impact of pathogenic microflora on the soil environment and the plant organism occurs due to fungi of the genus *Trichoderma*, which have phytoprotective and growth-promoting properties, have a high degree of decomposition of high-polymer components of plant residues. One of these drugs is Sternifag. The article presents the results of studies that determine the effectiveness of the use of the microbiological preparation Sternifag in the technology of cultivating winter wheat. The research was carried out at the Adygea research institute of agriculture in the period 2017–2020 years on leached chernozem. As a result of the research, it was noted that the use of the Sternifag preparation increased the height of winter wheat, which was 37,4 cm in the booting phase (+39,6 % of the control) and 81,9 cm in the full ripeness phase (+8,9 % to control), the growth of biomass by aboveground organs and their accumulation of dry matter also increased. The inclusion of the Sternifag preparation in the winter wheat cultivation technology significantly increased the yield by 11,2 (low agrobbackground) and 9,3 (high agrobbackground) % in comparison with the options without its use. The maximum yield – 4,01 t/ha, was obtained on option 4 with the Sternifag preparation, on a high agricultural background. It was determined that the use of this drug in the cultivation of winter wheat improved the protein content in the grain, its nature, and vitreousness. At the same time, it slightly affected gluten and its quality, which determined the grain class, which corresponded to 5 on a low agricultural background, and 4 on other options.

Keywords: *Triticum aestivum* L. (winter soft wheat), fungi of the genus *Trichoderma*, Sternifag preparation, organic matter, crop structure, yield, grain quality.

For citation: Mamsirov N. I., Kishev A. Yu., Mnatsakanyan A. A. Optimizatsiya pitatel'nogo rezhima ozimoy pshenitsy [Optimization of the nutritional regime of winter wheat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 21–32. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-21-32. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.07.2022, **date of review:** 22.07.2022, **date of acceptance:** 05.08.2022.

References

1. Ashinov Yu. N., Mamsirov N. I., Brantova M. M. Gumifikatsiya rastitel'nykh ostatkov v lesnykh pochvakh [Gumification of vegetable residues in forest soils] // Agricultural land use and food safety. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference dedicated to the Honored Scientist of the Russian Federation, the KBR, the Republic of Adygea, Professor B. Kh. Fiapshev. Nalchik. 2018. Pp. 116–119. (In Russian.)
2. Bulavin L. A., Gvozdov A. P., Kutsev D. N., Lenskiy A. V. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdeyvaniya ozimoy pshenitsy pri raznykh urovnyakh intensivnosti tekhnologii [Economic efficiency of winter wheat cultivation at different levels of technology intensity] // Agriculture and selection in Belarus. 2020. No. 55. Pp. 39–49. (In Russian.)
3. Devterova N. I., Blagopoluchnaya O. A. Urozhaynost' pshenitsy ozimoy v zavisimosti ot ispol'zovaniya biologicheskikh, khimicheskikh faktorov i vozobnovlyaemykh bioresursov pri umen'shenii intensivnosti obrabotki pochvy [Winter wheat yield depending on the use of biological, chemical factors and renewable bioresources when reducing intensity of soil treatment] // New technologies. 2018. No. 3. Pp. 196–199. (In Russian.)
4. Demina O. N., Eremin D. I. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na mikrofloru pakhotnogo chernozema lesostepnoy zony Zaural'ya [The influence of mineral fertilizers on the microflora of arable chernozem of the forest-steppe zone of the Transurals] // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2020. No. 2 (155). Pp. 63–71. (In Russian.)
5. Laptina Yu. A., Gichenkova O. G., Kulikova N. A., Sitkaliev A. P. Otsenka effektivnosti biopreparatov-destruktorov na mikrobiologicheskuyu aktivnost' svetlokashatanovoy pochvy pod ovoshchnymi kul'turami [Effectiveness evaluation of biological destructors on the microbiological activity of light cashanan soil under vegetable crops] // Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. No. 3 (59). Pp. 211–219. (In Russian.)
6. Mnatsakanyan A. A., Vasyukov P. P., Chubarleeva G. V., Lesovaya G. M. Agrotekhnologicheskie osnovy primeneniya regulyatorov rosta i vodorastvorimogo mikrobioudobreniya na ozimoy pshenitse [Agrotechnological bases of growth regulators and watersoluble microbiofertilizer application on winter wheat] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2017. No. 3. Pp. 88–100. (In Russian.)
7. Rusakova I. V. Effektivnost' mikrobynykh destruktorov posleuborochnykh ostatkov v laboratornykh i polevykh eksperimentakh [Efficiency of microbial destructors of after harvest residues in laboratory and field experiments] // Vladimir agricolist journal. 2021. No. 2. Pp. 34–40. (In Russian.)
8. Bezuglova O. S., Gorovtsov A. V., Demidov A. M. et al. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress // Journal of Soils and Sediments. 2019. Vol. 19. No. 6. Pp. 2665–2675.

9. Gangwar O. P., Singh A. P. Trichoderma as an efficacious bioagent for combating biotic and abiotic stresses of wheat-A review // *Agricultural Reviews*. 2018. Vol. 39. No. 1. Pp. 48–54.
10. Kredics L., Chen L., Kedves O. et al. Molecular tools for monitoring Trichoderma in agricultural environments // *Frontiers in microbiology*. 2018. Vol. 9. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01599.
11. Luo Z., Wang E., Xing H. et al. Opportunities for enhancing yield and soil carbon sequestration while reducing N₂O emissions in rainfed cropping systems // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2017. Vol. 232. Pp. 400–410.
12. Oljira A. M., Hussain T., Waghmode T. R. et al. Trichoderma enhances net photosynthesis, water use efficiency, and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress // *Microorganisms*. 2020. Vol. 8. No. 10. DOI: 10.3390/microorganisms8101565.
13. Sazykina M. A., Minkina T. M., Konstantinova E. Yu. et al. Pollution impact on microbial communities composition in natural and anthropogenically modified soils of Southern Russia // *Microbiological Research*. 2022. Vol. 254. DOI: 10.1016/j.micres.2021.126913.
14. Xue A. G., Guo W., Chen Y. et al. Effect of seed treatment with novel strains of Trichoderma spp. on establishment and yield of spring wheat // *Crop protection*. 2017. Vol. 96. Pp. 97–102.
15. Zhang S., Gan Y., Ji W. et al. Mechanisms and characterization of Trichoderma longibrachiatum in suppressing nematodes (*Heterodera avenae*) in wheat // *Frontiers in plant science*. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01491.
16. Zin N. A., Badaluddin N. A. Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications // *Annals of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 65. No. 2. Pp. 168–178.

Authors' information:

Nurbiy I. Mamsirov¹, doctor of agricultural sciences, associate professor, head of the department of agricultural production technology, ORCID 0000-0003-4581-5505, AuthorID 377074; +7 918 223-23-25, nur.urup@mail.ru
 Alim Yu. Kishiev², candidate of agricultural sciences, associate professor, acting head of the department “Agronomy”, ORCID 0000-0003-2838-6876, AuthorID 343309; +7 928 717-10-45, a.kish@mail.ru
 Arsen A. Mnatsakanyan³, candidate of agricultural sciences, senior researcher, head of the laboratory of agriculture, ORCID 0000-0002-1214-1068, AuthorID 818712; +7 961-222-15-12, newagrotech2015@mail.ru

¹Maykop State Technological University, Maykop, Russia

²Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V. M. Kokov, Nalchik, Russia

³National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia

Эффективность применения азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник

А. С. Попов¹, А. А. Сухарев[✉], Г. В. Овсянникова¹, Н. С. Кравченко¹

¹ Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

✉ E-mail: vniizk30@mail.ru

Аннотация. В исследовании приведены результаты внесения различных сроков и видов азотных удобрений при возделывании мягкой озимой пшеницы. **Цель** – установить урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы при внесении азотных подкормок по предшественнику подсолнечник. Научные исследования проведены в Аграрном научном центре «Донской» в 2017–2019 гг. Аммофос и сульфат аммония вносили под предпосевную культивацию; мочевины и карбамидно-аммиачную смесь, аммиачную селитру применяли в виде подкормок в разные сроки активной вегетации озимой пшеницы. **Методы.** Исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2017–2019 гг. При закладке и проведении опыта, учете урожайности использовали общепринятые методики; технология возделывания озимой пшеницы и дозы азотных подкормок соответствует Зональным системам земледелия Ростовской области. **Научная новизна.** Впервые для мягкой озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области определены лучшие сроки, способы и дозы внесения азотных подкормок различными видами удобрений. **Результаты.** Было установлено значительное влияние сроков внесения азотных удобрений на урожайность, а также на качество озимой пшеницы. Дробное внесение аммиачной селитры в дозе N_{90} способствовало получению максимальной в опыте урожайности – 6,15 т/га, а прибавка урожайности в сравнении с контрольным вариантом составила 2,34 т/га, или 61,4 %. Дополнительная урожайность от применения азотных удобрений на других вариантах опыта составила от 0,90 до 2,26 т/га. Осеннее внесение сульфата аммония в дозе N_{30} под предпосевную культивацию является эффективным агроприемом, способствующем дополнительному увеличению урожайности на 0,55–0,64 т/га. Высокая эффективность азотных подкормок была обеспечена повышением элементов продуктивности растений, а именно массой зерна с колоса и числом продуктивных стеблей. Азотные подкормки способствовали повышению качественных показателей продукции. Установлено, что при дробном внесении аммиачной селитры в дозе N_{90} были получены наибольшие экономические показатели – условный чистый доход (30 117 руб/га) и производственная рентабельность (112,9 %).

Ключевые слова: озимая пшеница, азотные удобрения, подкормка, урожайность, качество зерна, экономическая эффективность.

Для цитирования: Попов А. С., Сухарев А. А., Овсянникова Г. В., Кравченко Н. С. Эффективность применения азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 33–43. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-33-43.

Дата поступления статьи: 19.05.2022, **дата рецензирования:** 13.06.2022, **дата принятия:** 01.07.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Основной продовольственной культурой в мире является пшеница [1, с. 24; 2, с. 2627]. Россия – один из главных производителей и экспортеров озимой пшеницы [3, с. 1]. Однако ее средняя урожайность в нашей стране остается на низком уровне. Одной из главных задач отрасли растениеводства является увеличение производства зерна [4, с. 123]. В мире за последние 50 лет увеличение валового сбора зерна происходит за счет увеличения урожайности [5, с. 16]. Значительному увеличению урожайности

озимой пшеницы способствует использование при ее возделывании азотных удобрений [6, с. 951; 7, с. 1406; 8, с. 9–10; 9, с. 1702].

Азотные удобрения, вносимые как подкормки, не только увеличивают урожайность, но и способствуют повышению таких показателей качества, как содержание белка и клейковины [10, с. 1029; 11, с. 501].

Азотные удобрения являются наиболее используемыми в мире. На их долю приходится 80 % от всех применяемых удобрений. Самые распростра-

ненные виды азотных удобрений – это аммиачная селитра, карбамид и карбамидно-аммиачная смесь (КАС-32) [12, с. 9].

Растения озимой пшеницы обладают высокой потребностью в азоте, но использование азота из удобрений часто затруднено из-за нестабильности его соединений [13, с. 3; 14, с. 1911]. Различные виды азотных подкормок с разной эффективностью потребляются растениями озимой пшеницы, что оказывает решающее воздействие на формирование урожайности. Кроме того, большое значение имеет и срок внесения азотных подкормок [15, с. 332].

В рекомендациях по осуществлению азотных подкормок в Ростовской области нет определенных критериев для использования той или иной подкормки¹.

Поэтому целью наших исследований являлся поиск оптимальных сроков, способов, видов и доз внесения азотных подкормок, влияющих на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, а также установление экономической эффективности их применения.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2017–2019 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. При закладке и проведении опыта, учете урожайности использовали: методику полевого опыта Б. А. Доспехова; основы научных исследований в агрономии В. Ф. Моисейченко и др.; технологию возделывания озимой пшеницы и дозы азотных подкормок согласно Зональным системам земледелия Ростовской области.

Варианты удобрений:

1. Контроль.
2. N_{30} – аммиачная селитра (по таломерзлой почве).
3. N_{30} – аммиачная селитра (начало весеннего кушения).
4. N_{60} – КАС-32 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения).
5. N_{60} – аммиачная селитра (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения).
6. N_{90} – сульфат аммония (N_{30} – под предпосевную культивацию) + КАС-32 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения).
7. N_{90} – сульфат аммония (N_{30} – под предпосевную культивацию) + аммиачная селитра (N_{30} – начало весеннего кушения, + N_{30} – конец весеннего кушения).
8. N_{90} – аммиачная селитра (N_{30} – по таломерзлой почве, N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения).

9. N_{90} – аммиачная селитра (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + мочевины (N_{30} – колошение).

10. N_{90} – аммиачная селитра (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + мочевины (N_{30} – налив зерна).

В нашем опыте применялись следующие азотные удобрения: аммиачная селитра (NH_4NO_3), мочевины ($NH_2)_2CO$, карбамидно-аммиачная смесь (КАС-32), сульфат аммония ($NH_4)_2SO_4$) и карбамид (мочевина) ($NH_2)_2CO$. Во всех вариантах опыта внесены аммофос (N: P_2O_5 , 12:52) в дозе P_{60} кг д. в./га.

Предшествующая культура – подсолнечник. Исследуемый сорт – мягкая пшеница сорта Лидия.

За годы исследований осадки выпадали неравномерно по сезонам и месяцам. В 2016/2017 сельскохозяйственном году сумма за год была на уровне среднесуточных показателей – 585,9 мм (норма – 582,4 мм), а в 2017/2018 сельскохозяйственном году (453 мм) и 2018/2019 сельскохозяйственном году (527 мм) их количество было ниже нормы.

Среднесуточная температура воздуха в 2016/2017 сельскохозяйственном году составила 10,0 °C (норма – 9,7 °C), а в 2017/2018 и 2018/2019 сельскохозяйственных годах составила 11,8 °C. В осенне-зимний период, когда температура воздуха имела положительные значения, растения озимой пшеницы возобновляли вегетацию.

Гидротермические условия вегетационного периода за годы исследований были благоприятными для роста и развития озимой пшеницы.

Результаты (Results)

В среднем за годы исследований использование азотных подкормок оказало существенное влияние на урожайность мягкой озимой пшеницы (таблица 1).

Согласно полученным данным, урожайность мягкой озимой пшеницы на контрольном варианте (без применения азотных подкормок) составила 3,81 т/га, а однократная азотная подкормка по таломерзлой почве в дозе N_{30} аммиачной селитрой (вариант 2) способствовала увеличению урожайности на 0,90 т/га, или на 23,7 %.

Внесение аммиачной селитры (N_{30}) в начале весеннего кушения (вариант 3) способствовало увеличению урожайности на 1,16 т/га, или на 30,4 % в сравнении с контрольным вариантом. Однако при существующем уровне НСР₀₅ в опыте (НСР₀₅ = 0,31) разница между вторым вариантом была несущественной.

Двукратная подкормка аммиачной селитрой (вариант 5) увеличивала урожайность до 5,52 т/га, или в сравнении с контрольным вариантом на 1,71 т/га. Таким образом, внесение N_{60} дробно в фазу весеннего кушения способствовало увеличению урожайности на 44,8 %. Подкормка в начале весеннего кушения увеличивала урожайность на 1,16 т/га, а

¹ Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. Г. Бондаренко, Ф. И. Горбаченко, В. П. Горячев [и др.]. Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2013. 250 с.

дополнительное внесение азота в конце весеннего кушения увеличивало урожайность только на 0,55 т/га, то есть ее влияние на урожайность было ниже почти на 64 %. Таким образом, эффективность более поздней подкормки (в конце весеннего кушения) существенно снижалась по сравнению с ранней подкормкой в начале кушения.

Анализируя полученные данные при внесении аммиачной селитры по таломерзлой почве (прибавка урожая – 0,90 т/га), при внесении в начале весеннего кушения (прибавка урожая – 1,16 т/га) и в кон-

це весеннего кушения (прибавка урожая – 0,55 т/га), можно предположить, что суммарная прибавка урожайности от внесения аммиачной селитры в дозе N_{90} составит 2,61 т/га. Фактически же такая доза аммиачной селитры (вариант 8) увеличивала урожайность озимой пшеницы до 6,15 т/га, то есть прибавка была ниже расчетной на 0,27 т/га. Внесение аммиачной селитры в дозе N_{90} способствовало получению максимальной в опыте урожайности. Прибавка урожая в сравнении с контрольным вариантом составила 2,34 т/га, или 61,4 %).

Таблица 1
Урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений в среднем за 2017–2019 гг., т/га

Вариант опыта	Урожайность	± к контролю
1. Контроль	3,81	–
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (по таломерзлой почве)	4,71	0,90
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (начало весеннего кушения)	4,97	1,16
4. $N_{60} - KAC-32$ (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	5,22	1,41
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	5,52	1,71
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – под предпосевную культивацию), $KAC-32$ (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	5,86	2,05
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – под предпосевную культивацию), NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	6,07	2,26
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – по таломерзлой почве, N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	6,15	2,34
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – колошение)	5,42	1,61
10. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – налив зерна)	5,39	1,58
НСР ₀₅	0,31	

Table 1
Productivity of the winter bread wheat variety Lidiya when using nitrogen fertilizers, on average in 2017–2019, t/ha

Variant of the trial	Productivity	± to the control
1. Control	3.81	–
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (in frozen soil)	4.71	0.90
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (at the beginning of a spring tillering period)	4.97	1.16
4. $N_{60} - UAN-32$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	5.22	1.41
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	5.52	1.71
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – under seedbed cultivation) + $UAN-32$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	5.86	2.05
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – under seedbed cultivation) + NH_4NO_3 (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	6.07	2.26
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – in frozen soil, N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	6.15	2.34
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – in heading phase)	5.42	1.61
10. $N_{90} - (NH_4NO_3)$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – in kernel-filling period)	5.39	1.58
LSD ₀₅	0.31	

В варианте, где вносили карбамидно-аммиачную смесь дробно – в начале и в конце весеннего кушения по N_{30} (вариант 4), прибавка в сравнении с контрольным вариантом составила 1,41 т/га. В аналогичном варианте с применением аммиачной селитры (вариант 5) прибавка урожая достигала 1,71 т/га, что на 0,30 т/га выше. Однако достоверной прибавки между 4 и 5 вариантами не установлено.

Внесение сульфата аммония осенью под предпосевную культивацию было эффективным. В 6 варианте внесение азотных удобрений способствовало увеличению урожайности на 0,64 т/га по сравнению с вариантом 4, где применяли только КАС-32. При использовании подкормки аммиачной селитрой на фоне внесения сульфата аммония (N_{30}) (вариант 7) дополнительная урожайность была выше варианта 5 на 0,55 т/га, но на 0,08 т/га уступала варианту 8, где азотные удобрения в дозе N_{90} применяли в виде подкормок аммиачной селитрой.

Таким образом, осеннее внесение сульфата аммония в дозе N_{30} под предпосевную культивацию является эффективным агроприемом, способствующем получению достоверной прибавки урожая.

Важную роль играют складывающиеся погодные условия, такие как продолжительная осенняя вегетация и возобновление вегетации растений в зимний период.

Высокая эффективность азотных подкормок была обеспечена повышением элементов продуктивности растений. На контроле растения озимой пшеницы формировали 426 шт/м² стеблей. Однократное внесение азота в варианте 2 увеличивало этот показатель до 500 шт/м², или на 17,4 % (таблица 2).

Число зерен в колосе также возрастало на 0,9 шт. с 22,7 шт. на контроле до 23,6 шт. в варианте с однократным внесением аммиачной селитры. Продуктивность одного колоса, выраженная в массе зерна с одного колоса, также увеличилась до 1,06 г, или на 7,0 %. Отмечено увеличение высоты растений в данном варианте почти на 10 см – с 65,3 см до 75,6, а длина колоса составила 5,2 см, что выше, чем на контроле, на 0,7 см. Увеличение высоты растений не ухудшило показатель устойчивости соломины. Сорт Лидия отличается высокой устойчивостью к полеганию, поэтому за все годы исследований устойчивость была не ниже 5 баллов.

Таблица 2

Структура урожая мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений, в среднем за 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Число продуктивных стеблей, шт/м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Высота растений, см	Длина колоса, см
1. Контроль	426	22,7	0,99	65,3	4,5
2. N_{30} – NH_4NO_3 (по таломерзлой почве)	500	23,6	1,06	75,6	5,2
3. N_{30} – NH_4NO_3 (начало весеннего кушения)	524	23,8	1,07	76,6	5,4
4. N_{60} – КАС-32 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	523	24,2	1,13	77,2	5,7
5. N_{60} – NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	539	24,5	1,17	78,0	6,0
6. N_{90} – $(NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – под предпосевную культивацию), КАС-32 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	551	23,9	1,10	76,8	5,6
7. N_{90} – $(NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – под предпосевную культивацию), NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	563	23,9	1,12	77,0	5,7
8. N_{90} – NH_4NO_3 (N_{30} – по таломерзлой почве, N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	558	24,4	1,15	77,8	6,0
9. N_{90} – NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – колошение)	551	24,0	1,10	76,8	5,8
10. N_{90} – NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – налив зерна)	551	24,0	1,11	77,1	5,8

Table 2
Yield structure of the winter bread wheat variety Lidiya when using nitrogen fertilizers,
on average in 2017–2019

Variant of the trial	Number of productive stems, pcs/m ²	Number of kernels per head, pcs.	Kernel weight per head, g	Plant height, cm	Head length, cm
1. Control	426	22.7	0.99	65.3	4.5
2. N ₃₀ – NH ₄ NO ₃ (in frozen soil)	500	23.6	1.06	75.6	5.2
3. N ₃₀ – NH ₄ NO ₃ (at the beginning of a spring tillering period)	524	23.8	1.07	76.6	5.4
4. N ₆₀ – UAN-32 (N ₃₀ – at the beginning of a spring tillering period, N ₃₀ – at the end of a spring tillering period)	523	24.2	1.13	77.2	5.7
5. N ₆₀ – NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – at the beginning of a spring tillering period, N ₃₀ – at the end of a spring tillering period)	539	24.5	1.17	78.0	6.0
6. N ₉₀ – (NH ₄) ₂ SO ₄ (N ₃₀ – under seedbed cultivation) + UAN-32 (N ₃₀ – at the beginning of a spring tillering period, N ₃₀ – at the end of a spring tillering period)	551	23.9	1.10	76.8	5.6
7. N ₉₀ – (NH ₄) ₂ SO ₄ (N ₃₀ – under seedbed cultivation) + NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – at the beginning of a spring tillering period, N ₃₀ – at the end of a spring tillering period)	563	23.9	1.12	77.0	5.7
8. N ₉₀ – NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – in frozen soil, N ₃₀ – at the beginning of a spring tillering period, N ₃₀ – at the end of a spring tillering period)	558	24.4	1.15	77.8	6.0
9. N ₉₀ – NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – at the beginning of a spring tillering period, N ₃₀ – at the end of a spring tillering period) + (NH ₂) ₂ CO (N ₃₀ – in heading phase)	551	24.0	1.10	76.8	5.8
10. N ₉₀ – (NH ₄ NO ₃) (N ₃₀ – at the beginning of a spring tillering period, N ₃₀ – at the end of a spring tillering period) + (NH ₂) ₂ CO (N ₃₀ – in kernel-filling period)	551	24.0	1.11	77.1	5.8

Таблица 3
Качественные показатели зерна мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений, в среднем за 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %
1. Контроль	784	42,8	10,3	18,1
2. N ₃₀ – NH ₄ NO ₃ (по таломерзлой почве)	789	43,4	11,0	22,1
3. N ₃₀ – NH ₄ NO ₃ (начало весеннего кушения)	794	44,8	11,2	23,2
4. N ₆₀ – КАС-32 (N ₃₀ – начало весеннего кушения, N ₃₀ – конец весеннего кушения)	792	43,3	11,1	21,6
5. N ₆₀ – NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – начало весеннего кушения, N ₃₀ – конец весеннего кушения)	790	43,6	11,3	21,6
6. N ₉₀ – (NH ₄) ₂ SO ₄ (N ₃₀ – под предпосевную культивацию), КАС-32 (N ₃₀ – начало весеннего кушения, N ₃₀ – конец весеннего кушения)	791	43,5	10,9	22,0
7. N ₉₀ – (NH ₄) ₂ SO ₄ (N ₃₀ – под предпосевную культивацию), NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – начало весеннего кушения, N ₃₀ – конец весеннего кушения)	790	43,4	10,8	22,6
8. N ₉₀ – NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – по таломерзлой почве, N ₃₀ – начало весеннего кушения, N ₃₀ – конец весеннего кушения)	795	44,7	11,3	23,7
9. N ₉₀ – NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – начало весеннего кушения, N ₃₀ – конец весеннего кушения) + (NH ₂) ₂ CO (N ₃₀ – колошение)	792	44,5	11,8	24,0
10. N ₉₀ – NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ – начало весеннего кушения, N ₃₀ – конец весеннего кушения) + (NH ₂) ₂ CO (N ₃₀ – налив зерна)	797	44,6	11,8	24,3

Table 3

Qualitative kernel indicators of the winter bread wheat variety Lidiya when using nitrogen fertilizers, on average in 2017–2019

Агротехнологии

Variant of the trial	Nature weight, g/l	1000-kernel weight, g	Protein, %	Gluten, %
1. Control	784	42.8	10.3	18.1
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (in frozen soil)	789	43.4	11.0	22.1
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (at the beginning of a spring tillering period)	794	44.8	11.2	23.2
4. $N_{60} - UAN-32$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	792	43.3	11.1	21.6
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	790	43.6	11.3	21.6
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – under seedbed cultivation) + $UAN-32$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	791	43.5	10.9	22.0
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – under seedbed cultivation) + NH_4NO_3 (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	790	43.4	10.8	22.6
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – in frozen soil, N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	795	44.7	11.3	23.7
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ (N_{30} – in heading phase)	792	44.5	11.8	24.0
10. $N_{90} - (NH_4NO_3)$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ (N_{30} – in kernel-filling period)	797	44.6	11.8	24.3

Повышенный эффект от внесения однократной азотной подкормки наблюдался в начале весеннего кушения (вариант 3) в сравнении с внесением по таломерзлой почве (вариант 2). Количество продуктивных стеблей в варианте 3 составило 524 шт/м², что на 23,0 % больше, чем на контрольном варианте, и на 4,8 % больше, чем в варианте с более ранней подкормкой (вариант 2). Количество зерен в колосе и масса зерна с колоса в варианте 3 в сравнении с вариантом 2 растут до 23,8 шт. и 1,07 г соответственно. Высота растений и длина колоса незначительно увеличивалась с 75,6 см до 76,6 см и с 5,2 см до 5,4 см соответственно.

Дополнительные азотные подкормки в вариантах 4–10 в небольших пределах увеличивали число продуктивного стеблестоя в сравнении с вариантом 3 – в среднем они способствовали приросту на 15–39 шт. стеблей, или на 2,8–7,4 %. Высота растений и длина колоса также практически не изменялись, варьируя от 77,1 см до 78,0 см и от 5,6 см до 6,0 см соответственно. Дополнительные азотные подкормки изменяли главным образом продуктивность колоса. И если число зерен практически не изменялось (разница между вариантами 2–3 и 4–10 не превышала 1,3–3,8 % в пользу последних), то масса зерна в колосе возрастала с 1,06–1,07 г в вариантах 2–3 до 1,10–1,17 г в вариантах 4–10, или на 3,7–10,4 %.

Азотные подкормки способствовали повышению качественных показателей продукции, однако прямой закономерности роста содержания белка и клейковины при повышении дозы вносимого азота выявлено не было. Содержание белка и клейковины в зерне на контроле составило 10,3 % и 18,1 % соответственно (таблица 3).

Однократное внесение аммиачной селитры в вариантах 2 и 3 способствовало повышению содержания белка и клейковины до 11,0–11,2 % и до 22,1–23,2 % соответственно, причем отмечена тенденция к повышению качества при более поздней подкормке (вариант 3). В вариантах 4, 5 и 8 содержание белка и клейковины составило 11,1–11,3 % и 21,6–23,7 %, но в вариантах 6 и 7 оно снижалось до 10,8–10,9 и 22,0–22,6 % соответственно. Из данных таблицы 3 видно, что сульфат аммония, вносимый осенью, увеличивает урожайность мягкой озимой пшеницы, однако не оказывает практически никакого влияния на содержание белка в зерне. Мочевина, вносимая в фазу колошения и в фазу налива зерна (варианты 9 и 10), повышала качество продукции, а содержание белка в зерне составило 11,8 %, а клейковины – 24,0–24,3 %, т. е. в относительном исчислении содержание белка и клейковины повышалось на 4,4–9,2 % и 1,2–11,1 % соответственно.

Экономическая эффективность производства мягкой озимой пшеницы определялась главным образом ее урожайностью. Наименьшая урожайность зерна мягкой озимой пшеницы сорта Лидия по предшественнику подсолнечник была отмечена на контроле (3,81 т/га). В этом варианте были наименьшими уровень условного чистого дохода – (11 336 руб/га) и рентабельность производства (49,1 %), а себестоимость тонны зерна была наибольшая – 6060 руб. (таблица 4).

Однократное внесение подкормки аммиачной селитрой в вариантах 2 и 3 способствовало повышению урожайности, а следовательно, рентабельности производства до 81,1 и 88,9% и чистого дохода на 8 363 руб/га и на 10 262 руб/га соответственно. Таким образом, внесение подкормки аммиачной селитрой (N_{30}) в начале весеннего кушения позволило практически удвоить условный чистый доход в сравнении с контрольным вариантом.

Двукратное внесение КАС-32 в варианте 4 также дало высокий экономический эффект – рентабельность составила 89,5 %, а условный чистый доход – 22 752 руб/га, что на 11 416 руб/га выше, чем

на контрольном варианте, и на 1154 и 2053 руб/га выше, чем при однократном внесении аммиачной селитры в вариантах 2 и 3 соответственно. Максимальный экономический эффект наблюдался в варианте 8, где аммиачная селитра вносилась в дозе N_{90} . Высокая урожайность мягкой озимой пшеницы в этом варианте позволила получить условный чистый доход в размере 30 117 руб/га, а рентабельность производства зерна составила 112,9 %.

Варианты с внесением аналогичной дозы азота (N_{90}), но при использовании других его форм и сроков внесения (сульфат аммония и КАС-32) уступали по этим показателям варианту 8. В варианте 6 при внесении сульфата аммония (N_{30}) под предпосевную культивацию и подкормок КАС-32 сумма условного чистого дохода составила 27 514 руб/га, а рентабельность – 102,0 %. В варианте 7 при внесении сульфата аммония (N_{30}) под предпосевную культивацию и подкормок аммиачной селитрой (N_{30} в начале весеннего кушения и N_{30} в конце весеннего кушения) условный чистый доход и рентабельность составили 28 826 руб/га и 106,6 % соответственно и были выше, чем в варианте 6.

Таблица 4
Экономическая эффективность возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Лидия при внесении азотных удобрений, в среднем за 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Валовой доход, руб/га	Условный чистый доход, руб/га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
1. Контроль	34 446	11 336	6 060	49,1
2. N_{30} – NH_4NO_3 (по таломерзлой почве)	43 990	19 699	5 154	81,1
3. N_{30} – NH_4NO_3 (начало весеннего кушения)	45 888	21 598	4 887	88,9
4. N_{60} – КАС-32 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	48 165	22 752	4 872	89,5
5. N_{60} – NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	51 675	26 197	4 618	102,8
6. N_{90} – $(NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – под предпосевную культивацию), КАС-32 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	54 498	27 514	4 605	102,0
7. N_{90} – $(NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – под предпосевную культивацию), NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	55 875	28 826	4 454	106,6
8. N_{90} – NH_4NO_3 (N_{30} – по таломерзлой почве, N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения)	56 783	30 117	4 336	112,9
9. N_{90} – NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – колошение)	51 311	24 668	4 916	92,6
10. N_{90} – NH_4NO_3 (N_{30} – начало весеннего кушения, N_{30} – конец весеннего кушения) + $(NH_2)_2CO$ (N_{30} – налив зерна)	51 059	24 415	4 940	91,6

Table 4

Economic cultivation efficiency of the winter bread wheat variety 'Lidiya' when using nitrogen fertilizers, on average in 2017-2019

Агротехнологии

Variant of the trial	Gross income, rubles/ha	Conditional net income, rubles/ha	Net cost, rubles/ha	Profitability, %
1. Control	34 446	11 336	6 060	49.1
2. $N_{30} - NH_4NO_3$ (in frozen soil)	43 990	19 699	5 154	81.1
3. $N_{30} - NH_4NO_3$ (at the beginning of a spring tillering period)	45 888	21 598	4 887	88.9
4. $N_{60} - UAN-32$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	48 165	22 752	4 872	89.5
5. $N_{60} - NH_4NO_3$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	51 675	26 197	4 618	102.8
6. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – under seedbed cultivation) + UAN-32 (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	54 498	27 514	4 605	102.0
7. $N_{90} - (NH_4)_2SO_4$ (N_{30} – under seedbed cultivation) + NH_4NO_3 (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	55 875	28 826	4 454	106.6
8. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – in frozen soil, N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period)	56 783	30 117	4 336	112.9
9. $N_{90} - NH_4NO_3$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ (N_{30} – in heading phase)	51 311	24 668	4 916	92.6
10. $N_{90} - (NH_4NO_3)$ (N_{30} – at the beginning of a spring tillering period, N_{30} – at the end of a spring tillering period) + $(NH_4)_2CO$ (N_{30} – in kernel-filling period)	51 059	24 415	4 940	91.6

Несмотря на то что азотная подкормка, вносимая «на силу» зерна (варианты 9 и 10), способствовала повышению качественных показателей, уровень условного чистого дохода и рентабельность здесь были ниже, чем в вариантах 6 и 7, составив 24 668 руб/га и 24 415 руб/га и 92,6 % и 91,6 % соответственно.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Сельхозтоваропроизводителям при возделывании мягкой озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник для подкормок рекомендуется использовать аммиачную селитру как наиболее эффективное удобрение в дозе N_{90} по действующему веществу. Подкормку рекомендуется осуществлять дробно по N_{30} : по таломерзлой почве, в начале весеннего кушения и в конце весеннего кушения. Внедрение этого элемента технологии в производ-

ство позволит озимой пшенице сформировать максимальную урожайность зерна (до 6,15 т/га) и получить высокие экономические показатели (условный чистый доход – 30 117 руб/га, производственная рентабельность – 112,9 %).

Замена аммиачной селитры карбамидно-аммиачной смесью, сульфатом аммония, вносимыми осенью под предпосевную культивацию, незначительно снижает продуктивность мягкой озимой пшеницы (до 5,86 и 6,07 т/га), но приводит к существенному снижению экономической эффективности.

Подкормки растений карбамидом как в фазу колошения, так и в фазу налива зерна повышали содержание белка и клейковины в зерне мягкой озимой пшеницы до 11,8 % и 24,3 % соответственно, но не способствовали повышению урожайности.

Библиографический список

1. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г. Влияние сорта, предшественника, уровня минерального питания, сроков сева и норм высева на радиационный режим посевов озимой пшеницы // Аграрный Вестник Урала. 2019. № 5 (184), С. 23–27. DOI: 10.32417/article_5d5157e4602168.55330898.
2. Hawkesford M. J. Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68. Iss. 10. Pp. 2627–2632. DOI: 10.1093/jxb/erx079.

3. Bloomberg заявил о лидерстве России на рынке пшеницы [Электронный ресурс] // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2020/09/24/bloomberg-zaiavil-o-liderstve-rossii-na-rynke-pshenicy.html> (дата обращения: 18.05.2022).
4. Власенко Б. К., Рябцева Н. А. Потенциал *triticum aestivum* L. донской селекции // Научные труды Северо-Кавказского Федерального научного Центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019. Т. 26. С. 123–127.
5. Федорова В. И., Кузьменко С. С. Позиции Российской Федерации на мировом рынке зерна // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2018. № 3 (26). С. 16–21. DOI: 10.21777/2587-554X-2018-3-16-21.
6. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 2. Pp. 951–963. DOI: 10.2135/cropsci2016.02.0103.
7. Khaliq A., Abbas F., Farhad W., Fahad S. Comparative Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Organic Carbon and Wheat Productivity under Arid Region // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2019. Vol. 19. Pp. 1406–1422. DOI: 10.1080/00103624.2020.1763385.
8. Walsh O. S., Shafian S., Christiaens R. J. Nitrogen Fertilizer Management in Dryland Wheat Cropping Systems // *Plants*. 2018. Vol. 7 (1). Article number 9. DOI: 10.3390/plants7010009.
9. Cao H., Li Y., Chen G., Chen D., Qu H., Ma W. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18. Iss. 8. Pp. 1701–1713. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62574-8.
10. Zörb C., Ludewig U., Hawkesford M. J. Perspective on Wheat Yield and Quality with Reduced Nitrogen Supply // *Trends in Plant Science*. 2018. Vol. 23. Iss. 11. Pp. 1029–1037. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.08.012.
11. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality // *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. No. 2. Pp. 500–509. DOI: 10.15159/ar.18.064.
12. Визирская М. М., Аканова Н. И., Мамедов Г. М. Эффективность различных форм азотных удобрений в условиях неустойчивого увлажнения // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020. № 3 (375). С. 9–12. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-13040.
13. Scharf P., Lory J. Best management practices for nitrogen fertilizer in Missouri [e-resource]. URL: <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/69214/ipm1027-2018OctReviewed.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (date of reference: 18.05.2022).
14. Thilakarathna S. K., Hernandez-Ramirez G., Puurveen D., Kryzanowski L., Lohstraeter G., Powers L.-A., Quan N., Tenuta M. Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in wheat: Nitrogen fertilization timing and formulation, soil nitrogen, and weather effects // *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. Iss. 6. Pp. 1910–1927. DOI: 10.1002/saj2.20145.
15. Romero C. M., Engel R. E., Chen C., Wallander R., Jones C. A. Late-Fall, Winter, and Spring Broadcast Applications of Urea to No-Till Winter Wheat II. Fertilizer N recovery, Yield, and Protein as Affected by NBPT // *Soil Science Society of America Journal*. 2017. Vol. 81. Iss. 2. Pp. 331–340. DOI: 10.2136/sssaj2016.10.0333.

Об авторах:

Алексей Сергеевич Попов¹, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологии возделывания зерновых и пропашных культур, ORCID 0000-0001-6593-1138, AuthorID 616729; popowaleksey@mail.ru

Александр Александрович Сухарев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 617322; mns862@rambler.ru

Галина Владимировна Овсянникова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 398828

Нина Станиславовна Кравченко¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID 0000-0003-3388-1548, AuthorID 727246

¹ Аграрный научный центр «Донской», Черноград, Россия

Nitrogen fertilizers efficiency in the cultivation of winter wheat sown after sunflower

A. S. Popov¹, A. A. Sukharev^{1✉}, G. V. Ovsyannikova¹, N. S. Kravchenko¹

¹ Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

✉ E-mail: vniizk30@mail.ru

Агротехнологии

Abstract. The current paper has presented the results of applying various terms and types of nitrogen additional fertilizing in the cultivation of winter bread wheat. **The purpose** of the study was to establish the productivity and grain quality of winter bread wheat sown after sunflower, when using nitrogen additional fertilizing. Ammophos and ammonium sulfate were applied under seedbed cultivation; ammonium nitrate, urea and carbamide-ammonia mixture were used as additional fertilizing at different periods of active winter wheat vegetation. **Methods.** The research was conducted at the Agricultural Research Center “Donskoy” in 2017–2019. When laying and conducting the experiment, taking into account the yield, generally accepted methods were used; the technology of winter wheat cultivation and the dose of nitrogen fertilizing corresponds to the Zonal farming systems of the Rostov region. **Scientific novelty.** For the first time there have been determined the best terms, methods and doses of nitrogen additional fertilizing with various types of fertilizers for winter bread wheat in the southern part of the Rostov region. **Results.** There was established a significant effect of the terms of nitrogen fertilizing on productivity, as well as on winter wheat quality. Portioned application of ammonium nitrate at a dose of N_{90} contributed to obtaining the maximum productivity of 6.15 t/ha in the trial, and productivity increase in comparison with the control variant was 2.34 t/ha or 61.4 %. In other variants of the trial, productivity increase due to the use of nitrogen fertilizers ranged from 0.90 to 2.26 t/ha. Autumn application of ammonium sulfate at a dose of N_{30} under seedbed cultivation was an effective agricultural method that contributed to an additional productivity improvement on 0.55–0.64 t/ha. The high efficiency of nitrogen additional fertilizing was due to an improvement of the indicators of yield structure elements, namely, ‘kernel weight per head’ and ‘number of productive stems’. Nitrogen additional fertilizing improved qualitative characteristics of the product. There has been found out that under a portioned application of ammonium nitrate at a dose of N_{90} , there were yielded the highest economic indicators, such as 30 117 rubles/ha of conditional net income and 112.9 % of production profitability.

Keywords: winter wheat, nitrogen fertilizers, additional fertilizing, productivity, grain quality, economic efficiency.

For citation: Popov A. S., Sukharev A. A., Ovsyannikova G. V., Kravchenko N. S. Effektivnost’ primeneniya azotnykh udobreniy pri vozdelevanii ozimoy pshenitsy po predshestvenniku podsolnechnik [Nitrogen fertilizers efficiency in the cultivation of winter wheat sown after sunflower] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 33–43. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-33-43. (In Russian.)

Date of paper submission: 19.05.2022, **date of review:** 13.06.2022, **date of acceptance:** 01.07.2022.

References

1. Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Storchak I. G. Vliyanie sorta, predshestvennika, urovnya mineral’nogo pitaniya, srokov seva i norm vyseva na radiatsionnyy rezhim posevov ozimoy pshenitsy [Effect of variety, predator, level of mineral food, terms of seva and norm seeding rates on radiation regime of crops of winter wheat] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 5 (184). Pp. 23–27. DOI: 10.32417/article_5d5157e4602168.55330898. (In Russian.)
2. Hawkesford M. J. Genetic variation in traits for nitrogen use efficiency in wheat // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68. Iss. 10. Pp. 2627–2632. DOI: 10.1093/jxb/erx079.
3. Bloomberg zayavil o liderstve Rossii na rynke pshenitsy [Bloomberg announced Russia's leadership in the wheat market] [e-resource] // Rossiyskaya gazeta. URL: <https://rg.ru/2020/09/24/bloomberg-zaiavil-o-liderstve-rossii-na-rynke-pshenicy.html> (date of reference: 18.05.2022). (In Russian.)
4. Vlasenko B. K., Ryabtseva N. A. Potentsial triticum aestivum l. donskey selektsii [Potential of triticum aestivum l. of Don selection] // Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo Federal’nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya. 2019. Vol. 26. Pp. 123–127. (In Russian.)
5. Fedorova V. I., Kuzmenko S. S. Pozitsii Rossiyskoy Federatsii na mirovom rynke zerna [Role of the Russian Federation on the world grain market] // Moscow Witte University Bulletin. Series 1: Economics and Management. 2018. No. 3 (26). Pp. 16–21. DOI: 10.21777/2587-554X-2018-3-16-21. (In Russian.)

6. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat // *Crop Science*. 2017. Vol. 57. Iss. 2. Pp. 951–963. DOI: 10.2135/cropsci2016.02.0103.
7. Khaliq A., Abbas F., Farhad W., Fahad S. Comparative Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Organic Carbon and Wheat Productivity under Arid Region // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2019. Vol. 19. Pp. 1406–1422. DOI: 10.1080/00103624.2020.1763385.
8. Walsh O. S., Shafian S., Christiaens R. J. Nitrogen Fertilizer Management in Dryland Wheat Cropping Systems // *Plants*. 2018. Vol. 7 (1). Article number 9. DOI: 10.3390/plants7010009.
9. Cao H., Li Y., Chen G., Chen D., Qu H., Ma W. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18. Iss. 8. Pp. 1701–1713. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62574-8.
10. Zörb C., Ludwig U., Hawkesford M. J. Perspective on Wheat Yield and Quality with Reduced Nitrogen Supply // *Trends in Plant Science*. 2018. Vol. 23. Iss. 11. Pp. 1029–1037. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.08.012.
11. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality // *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16. No. 2. Pp. 500–509. DOI: 10.15159/ar.18.064.
12. Vizirskaya M. M., Akanova N. I., Mamedov G. M. Effektivnost' razlichnykh form azotnykh udobreniy v usloviyakh neustoychivogo uvlazhneniya [Effectiveness of various forms of nitrogen fertilizers in conditions of unstable hydration] // *International Agricultural Journal*. 2020. No. 3 (375). Pp. 9–12. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-13040. (In Russian.)
13. Scharf P., Lory J. Best management practices for nitrogen fertilizer in Missouri [e-resource]. URL: <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/69214/ipm1027-2018OctReviewed.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (date of reference: 18.05.2022).
14. Thilakarathna S. K., Hernandez-Ramirez G., Puurveen D., Kryzanowski L., Lohstraeter G., Powers L.-A., Quan N., Tenuta M. Nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in wheat: Nitrogen fertilization timing and formulation, soil nitrogen, and weather effects // *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. Iss. 6. Pp. 1910–1927. DOI: 10.1002/saj2.20145.
15. Romero C. M., Engel R. E., Chen C., Wallander R., Jones C. A. Late-Fall, Winter, and Spring Broadcast Applications of Urea to No-Till Winter Wheat II. Fertilizer N recovery, Yield, and Protein as Affected by NBPT // *Soil Science Society of America Journal*. 2017. Vol. 81. Iss. 2. Pp. 331–340. DOI: 10.2136/sssaj2016.10.0333.

Authors' information:

Aleksey S. Popov¹, doctor of agricultural sciences, head of the department of cultivation technologies of grain and row crops, ORCID 0000-0001-6593-1138, AuthorID 616729; popowaleksey@mail.ru

Aleksandr A. Sukharev¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 617322; mns862@rambler.ru

Galina V. Ovsyannikova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID 0000-0002-4172-0878, AuthorID 398828

Nina S. Kravchenko¹, candidate of biological sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID 0000-0003-3388-1548, AuthorID 727246

¹ Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia

Племенная ценность кормового поведения свиней

А. Ф. Контэ¹, А. А. Белоус^{1✉}, П. И. Отрадных¹

¹ Федеральное исследовательское учреждение животноводства – ВИЖ имени академика

Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия

✉ E-mail: abelous.vij@ya.ru

Аннотация. Цель исследований – разработка комплексной системы оценки с новыми показателями кормового поведения и конверсии корма у свиней породы дюрок на основе селекционного индекса. **Методы исследований.** Использована база данных Herdspan, включающая в себя обработку данных откормочных характеристик и кормового поведения 764 голов свиней породы дюрок, прошедших тестовый откорм на автоматических кормовых станциях. Оценивалось 13 показателей, из которых 7 признаков кормового поведения и 6 – откормочных характеристик. Оценка племенной ценности животных по исследованным признакам производилась с применением методологии BLUP Animal Model. **Результаты.** При определении весовых коэффициентов итогового уравнения индекса, включавшего все исследуемые признаки, опирались на выбранный принцип, по которому 50 % отдали весовым коэффициентам признаков кормового поведения, 50 % – весам откормочных показателей. Также в соответствии с данным принципом в признаках кормового поведения выделили 25 % на конверсию корма и столько же в откормочных показателях – на среднесуточный прирост. Полученные значения коэффициентов представили общую структуру селекционного индекса: $I_{\text{итог}} = 0,5I_1 + 0,5I_2 = 0,0241 \text{ (TPD)} + 0,0439 \text{ (ADFI)} - 0,0376 \text{ (NVD)} - 0,0322 \text{ (TPV)} - 0,0074 \text{ (FR)} + 0,0376 \text{ (FPV)} - 0,5343 \text{ (FCR)} + 0,0531 \text{ (Age}_1\text{)} + 0,0778 \text{ (Age}_0\text{)} + 0,1217 \text{ (BW}_1\text{)} + 0,1027 \text{ (BW}_0\text{)} + 0,0331 \text{ (BWG)} + 0,4557 \text{ (ADG)}$. Полученные результаты продемонстрировали различие между минимальным и максимальным индексом, составившим 76 пунктов сигмы. Также в соответствии с распределением относительно категорий RBV (относительной племенной ценности) среди 14 свиней с индексом, превышающим 120 ед., 30,8 % имеют категорию «безусловный улучшатель», 25,8 % – категорию «улучшатель». **Научная новизна.** Данные результаты показывают непосредственное влияние кормового поведения и конверсии корма на уточнение генетического потенциала животных, что позволит улучшить систему отбора и геномной оценки животных.

Ключевые слова: откормочные показатели, кормовое поведение, паратипическая корреляция, генетическая корреляция, селекционный индекс, EBV, относительная племенная ценность, свиньи породы дюрок.

Для цитирования: Контэ А. Ф., Белоус А. А., Отрадных П. И. Племенная ценность кормового поведения свиней // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 44–53. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-44-53.

Дата поступления статьи: 11.07.2022, **дата рецензирования:** 27.07.2022, **дата принятия:** 05.08.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Разведение животных – это рукотворный процесс, при котором определенные черты улучшаются путем выбора лучших самцов и самок для создания потомства [1, с. 2]. Цель селекции в свиноводстве – производить наиболее рентабельную свинину с минимальными затратами корма [2, с. 2–3]. В свиноводстве на протяжении всей истории использовались различные методы селекции, такие как случайный отбор, тандемный отбор, независимые уровни отбраковки, метод суммарного балла (индексный отбор), расчет оценки племенной ценности (EBV), ожидаемая разница в потомстве (EPD), лучший линейный несмещенный прогноз (BLUP). Отбор на основе селекционного индекса является

наиболее часто используемым методом в программах улучшения генетики свиней [3, с. 16]. Основой любого из подобных методов является учет исходной информации, иными словами – фиксация количественных значений исследуемых признаков. Для достижения лучших результатов созданы современные системы учета в виде автоматических кормовых станций, которые отличаются высокой эффективностью и автоматизацией. В свиноводстве измерение важных признаков осуществляется с помощью двух типов эксплуатационных испытаний, а именно на кормовых станциях и при помощи полевых испытаний [4, с. 62]. Данные, полученные с кормовых станций, более точны, но, в настоящее время наиболее частыми становятся полевые испы-

тания. Преимущество такой оценки по сравнению с использованием тестовых станций заключается в том, что полевые испытания обходятся значительно дешевле, но и полученные результаты характеризуются меньшей точностью, особенно по показателю конверсии корма.

После сбора и обработки всей необходимой информации полученные оценки исследуемых признаков объединяются в оценку, называемую селекционным индексом. Таким образом, селекционеры могут проводить отбор одновременно по нескольким хозяйственно полезным признакам. Структура и форма индексов могут различаться в разных странах [5, с. 2; 6, с. 368; 7, с. 4126; 8, с. 2237; 9, с. 2] в зависимости от интереса к цели селекционного давления. Разработка индекса – это процесс, при котором значения племенной ценности всех признаков-критериев отбора интегрируются в одно значение [10, с. 2]. На протяжении многих поколений и столетий селекционное разведение домашних животных и растений основывалось на фенотипической оценке особей. Индекс представляет собой числовое выражение генетической ценности растения или животного для его дальнейшего использования в качестве родителя для производства нового поколения. При ведении селекции, направленной на улучшение нескольких признаков, которые могут различаться по изменчивости, наследственности, экономической значимости и корреляции между их фенотипами и генотипами, отбор по индексу является более эффективным, чем независимые уровни выбраковки или последовательный отбор. Поскольку информация, доступная для оценки племенной ценности, варьируется в зависимости от возраста и категорий отбираемых особей, полезны регрессионные (BLUP) прогнозы племенной ценности признаков [11, с. 2].

В связи с вышеизложенной актуальностью целью работы являлась разработка комплексной системы оценки с новыми показателями кормового поведения и конверсии корма у свиней породы дюрок на основе селекционного индекса.

Задачи исследования:

- определить секционно-генетические параметры изменчивости показателей свиней породы дюрок;
- провести анализ генетических корреляций показателей свиней;
- определить весовые коэффициенты и произвести расчет субиндексов для конструирования селекционного индекса;
- сопоставить оценки племенной ценности (EBV и RBV) между собой через селекционный индекс.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на базе ООО СПЦ «Топ Ген» (Воронежская область, п. Верхняя Хава). Откормочные показатели и признаки кормового по-

ведения были получены с автоматических кормовых станций Genstar (Cooperl, Франция) и Schauer (Schauer, Австрия) индивидуального тестового откорма свиней породы дюрок ($n = 764$). Количество отцов, учтенных в исследовании, составило 36 голов.

Откормочными показателями и признаками кормового поведения свиней являлись: TPD (мин.) – время нахождения на кормовой станции в сутки; ADFI (г/сут) – среднесуточное потребление корма; NVD (ед.) – число посещений кормовой станции в сутки; TPV (мин.) – продолжительность одного посещения; FR (г/мин) – скорость потребления корма; FPV (г) – количество потребленного корма за посещение; FCR (кг/кг) – конверсия корма; Age₁ (дн.) – возраст постановки на кормовую станцию; Age₀ (дн.) – возраст снятия; BW₁ (кг) – живая масса на начало тестового откорма; BW₀ (кг) – живая масса на конец тестового откорма; BWG (кг) – прирост живой массы; ADG (г) – среднесуточный прирост.

При помощи программы REMLF90 были получены цифровые значения генетических вариантов и коварианс исследуемых признаков животных в соответствии с уравнениями модели [12, с. 8]:

$$y = \mu + DSM + \text{Period} + YW + \text{animal} + e, \quad (1)$$

где μ – популяционная константа;

DSM – группировка выборки по эффекту «дата постановки × кормовая станция × количество недель выращивания», фиксированный эффект постановки животного на кормовую станцию;

YW – год × месяц рождения животного;

Period – продолжительность оценки животного, дн., рандомизированный эффект;

animal – эффект животного (единица измерения соответствует таковой у оцениваемого признака), рандомизированный эффект;

e – остаточная вариация модели (единица измерения соответствует таковой у оцениваемого признака) [13, с. 4; 14, с. 23].

Вариансные и ковариансные параметры выборки установлены методом последовательных замещений (итерации) Гаусса – Зейделя [14, с. 22; 15, с. 277–278].

Согласно модели смешанного типа, охватывающей все взаимосвязанные показатели, оценивали паратипические и генетические корреляции.

Среди всех составляющих важнейшей является точность оценки генетических особенностей животного, которая в целом определяется точностью построения уравнения оценки. Для обеспечения максимальной точности оценки племенной ценности необходимо использовать точную информацию о родственниках, которая учитывается через матрицу родства в рамках уравнения смешанной модели.

Уравнение селекционного индекса имеет вид:

$$I = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n, \quad (2)$$

где: a_i – весовой коэффициент i -го признака в структуре индекса;

X_i – оценка племенной ценности i -го признака.

В матричном виде селекционный индекс приобретает вид:

$$I = \sum_{i=1}^t X_i a_i = X'a, \quad (3)$$

где X_i – оценка племенной ценности i -го признака;

a_i – индексный вес i -го признака;

X' – вектор значений оценок племенной ценности свиней по включенным в индекс признакам;

$a = [a_1, a_2, \dots, a_t]$ – вектор индексных весов.

Максимальное увеличение корреляционной связи между значениями индекса и агрегатного генотипа является одним из основных критериев выбора индексных весов. Индексные веса, соответствующие этому критерию, служат решением системы уравнений:

$$a = P_0^{-1} G_{0H} v, \quad (4)$$

где P_0^{-1} – обратная фенотипическая ковариационная матрица признаков, включенных в селекционный индекс;

G_{0H} – аддитивная генетическая ковариационная матрица между признаками, включенными в селекционный индекс, и признаками, включенными в агрегатный генотип;

v – экономический вес признака.

На основе полученных вариационных компонентов был проведен расчет параметров генетической изменчивости между признаками и их наследуемости, а также оценка влияния паратипических факторов.

Племенная ценность самого животного:

$$BV = 2 \times \hat{s}, \quad (5)$$

где \hat{s} – прогноз $1/2$ аддитивной генетической ценности свиньи.

Для сравнения племенной ценности разных особей по разным признакам удобнее пользоваться относительной племенной ценностью (RBV, %), которая рассчитывается по формуле:

$$RBV = (BV + \bar{P}) \times 100 / \bar{P}, \quad (6)$$

где \bar{P} – средняя продуктивность по всем животным [15].

Расчет селекционных показателей и визуализация данных в пакете qqman проводился с помощью языка программирования R.

Результаты (Results)

К признакам кормового поведения относятся количество потребленного корма, число посещений кормовой станции в сутки и продолжительность од-

Таблица 1
 Популяционные значения изучаемой группы свиней породы дюрок (n = 764)

Показатели*	X	±x	σ	C _v	Min	Max
TPD	74,9	0,5	13,8	18,4	45,7	139,9
ADFI	2505,6	14,4	399,4	15,9	1140,9	4447,6
NVD	7,9	0,1	2,6	32,1	3,5	16,3
TPV	11,2	0,2	4,5	39,7	4,0	26,0
FR	35,5	0,3	8,6	24,1	16,6	74,5
FPV	371,5	5,5	150,7	40,6	144,6	798,9
FCR	2,2	0,01	0,2	9,1	1,8	3,7
Age ₁	78,1	0,3	7,6	9,8	59,0	111,0
Age ₀	156,1	0,4	9,9	6,3	131,0	191,0
BW ₁	35,7	0,2	5,4	15,1	19,9	53,0
BW ₀	110,0	0,4	12,0	10,9	68,9	157,0
BWG	74,3	0,4	11,6	15,6	38,6	110,9
ADG	957,4	5,0	138,4	14,5	424,2	1507,7

Table 1
 Initial information on Duroc pigs reference group

Indicators	X	±x	σ	C _v	Min	Max
TPD	74.9	0.5	13.8	18.4	45.7	139.9
ADFI	2505.6	14.4	399.4	15.9	1140.9	4447.6
NVD	7.9	0.1	2.6	32.1	3.5	16.3
TPV	11.2	0.2	4.5	39.7	4.0	26.0
FR	35.5	0.3	8.6	24.1	16.6	74.5
FPV	371.5	5.5	150.7	40.6	144.6	798.9
FCR	2.2	0.01	0.2	9.1	1.8	3.7
Age ₁	78.1	0.3	7.6	9.8	59.0	111.0
Age ₀	156.1	0.4	9.9	6.3	131.0	191.0
BW ₁	35.7	0.2	5.4	15.1	19.9	53.0
BW ₀	110.0	0.4	12.0	10.9	68.9	157.0
BWG	74.3	0.4	11.6	15.6	38.6	110.9
ADG	957.4	5.0	138.4	14.5	424.2	1507.7

ного посещения, которые плотно взаимосвязаны с откормочными показателями ($r=0,54\dots0,80$) (рис. 1).

Анализ коррелограммы показал, что возраст снятия с тестового откорма отрицательно связан с числом посещений кормовой станции ($r = -0,61$). Относительно же генетической взаимосвязи конверсия корма отрицательно коррелирует с количеством съеденного корма всего и за посещение ($r = -0,58\dots0,60$), а длительность приема корма – с количеством съеденного корма за посещение ($r = 0,74$).

Что касается откормочных показателей, то они логически обоснованно генетически коррелируют между собой по абсолютному и среднесуточному приросту с живой массой на конец тестового откорма ($r = 0,74\dots0,78$).

В таблице 1 приведены средние значения по изучаемой выборке животных для откормочных показателей и признаков кормового поведения, которые будут служить некой нулевой отметкой (стандартом) для прогноза племенной ценности.

Признаки кормового поведения отличались наибольшей фенотипической изменчивостью (от 15.9 до 40.6 %), за исключением конверсии корма (9.1 %), достигая максимальной изменчивости по количеству съеденного корма за посещение. Вариабельность откормочных показателей колебалась в пределах от 6.3 до 15.6 %. Данные значения могут свидетельствовать о более субъективной форме учета изучаемых показателей или об их большей выравненности по среднему популяционному значению.

Оценки рассматриваемых свиней по совокупности откормочных показателей и признаков кормового поведения базируются на теоретической основе построения селекционного индекса. Для каждого показателя рассчитаны частные значения субиндексов, включающие оценки признаков на основе генетических и фенотипических коварианс, а также коэффициентов наследуемости (таблица 2).

Весовые коэффициенты значений субиндексов показывают нам неравную ценность элементов уравнений при использовании агрегативных показателей.

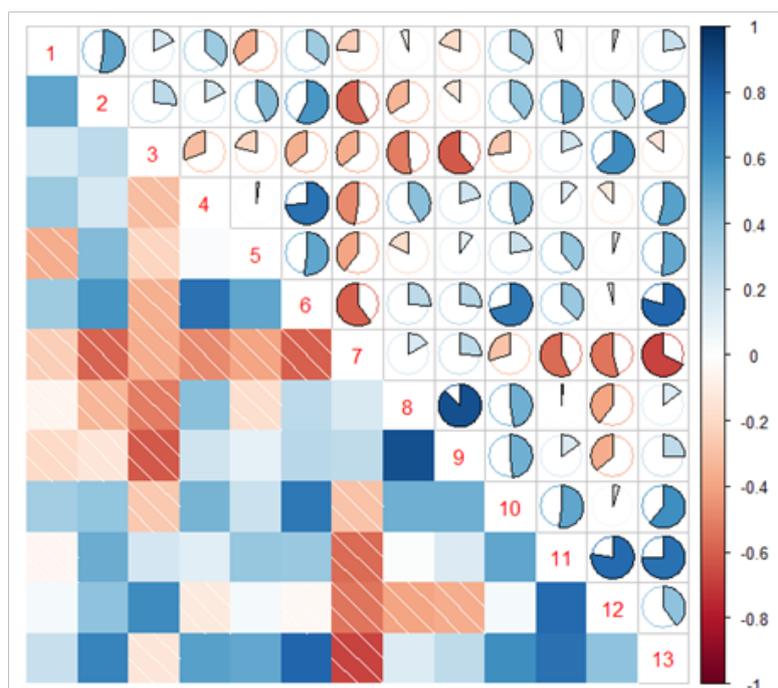


Рис. 1. Тепловая карта корреляций по кормовому поведению и откормочным показателям хрячков породы дюрок:

1. TPD (мин.) – время нахождения на кормовой станции в сутки; 2. ADFI (г/сут) – среднесуточное потребление корма; 3. NVD (ед.) – число посещений кормовой станции в сутки; 4. TPV (мин.) – продолжительность одного посещения; 5. FR (г/мин) – скорость потребления корма; 6. FPV (г) – количество потребленного корма за посещение; 7. FCR (кг/кг) – конверсия корма; 8. Age₁ (дн.) – возраст постановки на кормовую станцию; 9. Age₀ (дн.) – возраст снятия; 10. BW₁ (кг) – живая масса на начало тестового откорма; 11. BW₀ (кг) – живая масса на конец тестового откорма; 12. BWG (кг) – прирост живой массы; 13. ADG (г) – среднесуточный прирост

Fig. 1. Correlation heatmap for feeding behavior and fattening traits in Duroc pigs:

1. TPD (minutes) – time of feeding per day (minutes); 2. ADFI (g/day) – average daily feed intake (grams per day); 3. NVD (units) – number of feeder visits per day; 4. TPV (minutes) – mean duration of visit (minutes); 5. FR (g/minute) – feed intake speed (grams per minute); 6. FPV (g) – mean amount of food eaten per visit (grams); 7. FCR (kg/kg) – feed conversion ratio (kilograms eaten per gain kilograms); 8. Age₀ (days) – assignment to feeding station age (days); 9. Age₁ (days) – withdrawal age; 10. BW₀ (kg) – live weight at the beginning of fattening (kg); 11. BW₁ (kg) – live weight at the end of fattening; 12. BWG (kg) – increase in live weight (kg); 13. ADG (g) – average daily gain

Таблица 2

Уравнения селекционных субиндексов признаков кормового поведения и откормочных показателей

Показатели	Уравнение субиндекса
Кормовое поведение	$I_1 = 0,0241x_1 + 0,0439x_2 - 0,0376x_3 - 0,0322x_4 - 0,0074x_5 + 0,0376x_6 - 0,5343x_7$
Откормочные показатели	$I_2 = 0,0531x_8 + 0,0778x_9 + 0,1217x_{10} + 0,1027x_{11} + 0,0331x_{12} + 0,4557x_{13}$

Примечание. x_1 – TPD (мин.); x_2 – ADFI (г/сут); x_3 – NVD (ед.); x_4 – TPV (мин.); x_5 – FR (г/мин); x_6 – FPV (г); x_7 – FCR (кг/кг); x_8 – Age1 (дн.); x_9 – Age0 (дн.); x_{10} – BW1 (кг); x_{11} – BW0 (кг); x_{12} – BWG (кг); x_{13} – ADG (г).

Table 2
Feeding behavior and fattening trait complexes' selection index equations

Indicators	Equation
Feeding behavior	$I_1 = 0.0241x_1 + 0.0439x_2 - 0.0376x_3 - 0.0322x_4 - 0.0074x_5 + 0.0376x_6 - 0.5343x_7$
Fattening indicators	$I_2 = 0.0531x_8 + 0.0778x_9 + 0.1217x_{10} + 0.1027x_{11} + 0.0331x_{12} + 0.4557x_{13}$

Note. x_1 – TPD (minutes); x_2 – ADFI (g/day); x_3 – NVD; x_4 – TPV (minutes); x_5 – FR (g/min); x_6 – FPV (g); x_7 – FCR (kg/kg); x_8 – Age0 (days); x_9 – Age1 (days); x_{10} – BW0 (kg); x_{11} – BW1 (kg); x_{12} – BWG (kg); x_{13} – ADG (g).

Таблица 3

Показатели селекционного индекса и категории оценок племенной ценности свиней

EIT	n	Категории относительной племенной ценности (по RBV)				
		++	+	0	-	--
> 120	14	30,8* (3...8)**	25,8 (1...6)	28,0 (1...6)	8,8 (1...3)	6,6 (1...2)
80–120	743	2,1 (1...7)	16,8 (1...8)	61,1 (1...13)	18,3 (1...8)	1,7 (1...5)
< 70	7	6,6 (1)	5,5 (2)	24,2 (1...5)	31,9 (2...7)	31,9 (1...7)

Примечание. * Числа указаны в процентах; ** в скобках указаны минимальные и максимальные количества признаков.

Table 3
Selection index values and categories of pigs' breeding value estimates

EIT	n	Categories of relative breeding value (according to RBV)				
		++	+	0	-	--
> 120	14	30.8* (3...8)**	25.8 (1...6)	28.0 (1...6)	8.8 (1...3)	6.6 (1...2)
80–120	743	2.1 (1...7)	16.8 (1...8)	61.1 (1...13)	18.3 (1...8)	1.7 (1...5)
< 70	7	6.6 (1)	5.5 (2)	24.2 (1...5)	31.9 (2...7)	31.9 (1...7)

Note. * Numbers are defined in percentage; ** minimal and maximum traits amount are in brackets.

Различные уровни изменчивости показателей свиней породы дюрок, а также неодинаковая степень их корреляционного отношения (паратипического и генетического) обуславливают разностороннюю информативность исследуемых признаков в популяции по оценке субиндексов.

При определении весовых коэффициентов субиндексов для общего уравнения индекса исследуемых показателей опирались на выбранный нами принцип, согласно которому 0,5 (50 %) отдали признакам кормового поведения и откормочным показателям. Также в соответствии с данным принципом в признаках кормового поведения выделили 0,25 (25 %) на конверсию корма, как и в откормочных показателях – на среднесуточный привес.

Полученные аргументы значения представили общую структуру селекционного индекса:

$$I_{\text{итог}} = 0,5I_1 + 0,5I_2 = 0,0241x_1 + 0,0439x_2 - 0,0376x_3 - 0,0322x_4 - 0,0074x_5 + 0,0376x_6 - 0,5343x_7$$

$$+ 0,0531x_8 + 0,0778x_9 + 0,1217x_{10} + 0,1027x_{11} + 0,0331x_{12} + 0,4557x_{13}.$$

Рассмотрели полученные оценки откормочных показателей и признаков кормового поведения по отдельности и с применением сконструированного селекционного индекса, включающего 13 изучаемых показателей (таблица 3). В качестве примера привели племенные оценки и значения селекционного индекса (EIT) для свиней, чей порог показателей превышал 120 ед., а также видимые различия параметров отрицательного характера по свиньям с индексом ниже 80 ед. Оцененное число животных составило 764 головы.

Полученные данные по лучшим животным в изучаемой популяции свиней дюрок дали возможность сделать сравнительную оценку по всей совокупной выборке: различие между минимальным и максимальным индексом, представленное в долях сигмы, составило 76 пунктов. Также в соответствии

с распределением относительно категорий RBV (относительной племенной ценности) среди 14 свиней с индексом, превышающим 120 ед., 30,8 % имеют категорию «++», 25,8 % – категорию «+». При этом 28 % относятся к нейтральным по 1...6 показателям и 8,8 % имеют категорию «-» – от 1 до 3 признаков. Большая часть анализируемых свиней (около 97,3 %) обладает селекционным индексом в пределах 80...120 единиц. Они относятся к нейтральным по 13 признакам, но в то же время среди них 2,1 % относятся к категории «++» по 1...7 признакам и 16,8 % – к категории «+». Также при анализе характера связи между двумя системами оценок видно, что селекционный индекс ЕПТ имеет достаточно плотную связь с оценками кормового поведения: длительность приема пищи ($r = 0,60$), количество съеденного корма ($r = 0,88$), конверсия корма ($r = -0,67$) и с оценками откормочных показателей: среднесуточный прирост ($r = 0,93$), живая масса на начало и конец тестового откорма ($r = 0,70...0,69$).

В таблице 4 показано количество свиней, имеющих разную принадлежность к категориям и среднее значение селекционного индекса.

Изучаемые животные, имеющие категорию «++», обладали показателями селекционного индекса в пределах 100,6–122,9. Наибольшее количество свиней наблюдается с категорией «+», чьи значения индекса ЕПТ непосредственно были в пределах 101,8–110,4.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion).

Данные по 764 головам хрячков породы дюрок, проходящих тестовый откорм на автоматических кормовых станциях, использовались для расчета паратипических и генетических параметров, среди которых среднесуточный прирост (ADG), коэффициент конверсии корма (FRC) и показатели кормового поведения. Вариационные и ковариационные несмещенные линейные оценки изучаемых показателей для использования в селекционном индексе установлены методом последовательных замещений (итерации) Гаусса – Зейделя. Согласно модели смешанного типа, охватывающей все взаимосвязанные показатели, оценивали паратипические и генетические корреляции, благодаря которым были выявлены тесные и высокие значения.

Селекционный индекс ($I_{\text{итог}}$), построенный в исследовании на основе фенотипических и генетических вариаций и ковариаций чистопородных хрячков породы дюрок, протестированных на автоматических кормовых станциях, выглядит следующим образом:

$$I_{\text{итог}} = 0,5I_1 + 0,5I_2 = 0,0241 (\text{TPD}) + 0,0439 (\text{ADFI}) - 0,0376 (\text{NVD}) - 0,0322 (\text{TPV}) - 0,0074 (\text{FR}) + 0,0376 (\text{FPV}) - 0,5343 (\text{FCR}) + 0,0531 (\text{Age}_1) + 0,0778 (\text{Age}_0) + 0,1217 (\text{BW}_1) + 0,1027 (\text{BW}_0) + 0,0331 (\text{BWG}) + 0,4557 (\text{ADG}).$$

Таблица 4
Сопоставление оценок племенной ценности (EBV) свиней

Показатели	++	+	0	-	--
Кормовое поведение					
TPD	109,0	104,1	100,4	95,6	96,3
<i>n</i>	25	135	443	145	16
ADFI	112,8	106,4	99,9	95,4	88,7
<i>n</i>	12	160	428	150	14
NVD	100,6	97,6	100,4	102,4	102,8
<i>n</i>	24	116	470	138	16
TPV	117,1	107,1	100,3	93,8	85,7
<i>n</i>	23	116	469	145	11
FR	115,9	105,3	99,7	97,3	91,5
<i>n</i>	13	127	487	124	13
FPV	122,1	109,9	100,3	90,5	80,3
<i>n</i>	21	134	452	143	14
FCR	117,8	107,4	100,1	92,6	89,3
<i>n</i>	17	128	466	131	22
Откормочные показатели					
Age ₁	105,8	103,5	100,4	97,4	93,1
<i>n</i>	24	117	477	128	18
Age ₀	106,5	103,6	100,1	98,1	94,0
<i>n</i>	22	121	465	141	15
BW ₁	115,7	108,0	100,6	92,4	85,9
<i>n</i>	23	125	453	148	15
BW ₀	114,0	107,9	100,7	92,2	84,9
<i>n</i>	19	129	463	136	17
BWG	105,3	99,6	100,8	99,1	97,8
<i>n</i>	22	127	460	135	20
ADG	122,9	110,4	100,4	90,4	81,2
<i>n</i>	19	137	442	148	18

Table 4
Comparison of pigs EBVs

Indicators	++	+	0	-	--
Feeding performance					
TPD	109.0	104.1	100.4	95.6	96.3
n	25	135	443	145	16
ADFI	112.8	106.4	99.9	95.4	88.7
n	12	160	428	150	14
NVD	100.6	97.6	100.4	102.4	102.8
n	24	116	470	138	16
TPV	117.1	107.1	100.3	93.8	85.7
n	23	116	469	145	11
FR	115.9	105.3	99.7	97.3	91.5
n	13	127	487	124	13
FPV	122.1	109.9	100.3	90.5	80.3
n	21	134	452	143	14
FCR	117.8	107.4	100.1	92.6	89.3
n	17	128	466	131	22
Fattening traits					
Age ₁	105.8	103.5	100.4	97.4	93.1
n	24	117	477	128	18
Age ₀	106.5	103.6	100.1	98.1	94.0
n	22	121	465	141	15
BW ₁	115.7	108.0	100.6	92.4	85.9
n	23	125	453	148	15
BW ₀	114.0	107.9	100.7	92.2	84.9
n	19	129	463	136	17
BWG	105.3	99.6	100.8	99.1	97.8
n	22	127	460	135	20
ADG	122.9	110.4	100.4	90.4	81.2
n	19	137	442	148	18

При селекции по откормочным показателям и признакам кормового поведения можно достичь наиболее положительного эффекта по общему комплексу признаков, чем при индивидуальной селекции по определенным параметрам. Целесообразно применение в качестве одного из основных критериев селекционной работы значения селекционного индекса. Для выявления целесообразности использования селекционного индекса были получены и сопоставлены оценки племенной ценности (EBV и RBV) между собой. Полученные результаты показали различие между минимальным и максимальным индексом, представленным в долях сигмы, что составило 76 пунктов. Также в соответствии с распределением относительно категорий RBV (от-

носительной племенной ценности) среди 14 свиной с индексом, превышающим 120 ед., 30,8 % имеют категорию «++» и 25,8 % – категорию «+». Данные результаты непосредственно указывают на широкий спектр возможностей отбора животных в целях проведения той или иной стратегии племенной работы в СГЦ.

Благодарности (Acknowledgements)

Выражаем благодарность в предоставлении данных специалистам ООО Селекционно-Гибридный Центр «Топ Ген».

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки России № 0445-2021-0016.

Библиографический список

- Novikov A., Suslina E., Pokhodnya G., Breslavetz Y., Breslavetz A. Improving the assessment of the breeding value of pigs based on the use of BLUP methods and genomic analysis [e-resource] // BIO Web Conf. 2021. Vol. 36. Article number 06039. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2021/08/bioconf_fs-raaba2021_06039.pdf (date of reference: 07.07.2022).
- Gilbert H., Billon Y., Brossard L., Faure J., Gatellier P., Gondret F. et al. Review: divergent selection for residual feed intake in the growing pig [e-resource] // Animal. 2017. Vol. 11. Pp. 1–13. URL: https://www.researchgate.net/publication/312931392_Review_Divergent_selection_for_residual_feed_intake_in_the_growing_pig (date of reference: 05.07.2022).
- Stas N. M. Effect of sire line and selection index category on pig growth performance from weaning to harvest and carcass characteristics: doctoral dissertation [e-resource]. Urbana, Illinois, 2017. 44 p. URL: <https://>

webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:j-Bi063Y194J:https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/97282/STAS-THESIS-2017.pdf%3Fsequence%3D1+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru (date of reference: 05.07.2022).

4. Белоус А. А., Требунских Е. А. Сравнительное исследование особенностей кормового поведения свиней пород ландрас и дюрок // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 10. С. 61–65.

5. Aliakbari A., Delpuech E., Labrune Y. et al. The impact of training on data from genetically-related lines on the accuracy of genomic predictions for feed efficiency traits in pigs [e-resource] // Genetics Selection Evolution. 2020. Vol. 52. No. 5. Pp. 1–15. URL: <https://gsejournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12711-020-00576-0.pdf> (date of reference: 06.07.2022).

6. Elbert K., Matthews N., Wassmuth R., Tetens J. Effects of sire line, birth weight and sex on growth performance and carcass traits of crossbred pigs under standardized environmental conditions [e-resource] // Archives Animal Breeding. 2020. No. 63 (2). Pp. 367–376. URL: https://www.researchgate.net/publication/346636364_Effects_of_sire_line_birth_weight_and_sex_on_growth_performance_and_carcass_traits_of_crossbred_pigs_under_standardized_environmental_conditions (date of reference: 09.07.2022).

7. Godinho R. M., Bastiaansen J. W. M., Sevillano C. A., Silva F. F., Guimarães S. E. F., Bergsma R. Genotype by feed interaction for feed efficiency and growth performance traits in pigs [e-resource] // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96 (10). Pp. 4125–4135. URL: https://www.researchgate.net/publication/325013337_Genotype_by_feed_interaction_in_grower-finisher_pigs_fed_different_diets (date of reference: 08.07.2022).

8. Déru V., Bouquet A., Hassenfratz C., Blanchet B., Carillier-Jacquin C., Gilbert H. Impact of a high-fibre diet on genetic parameters of production traits in growing pigs [e-resource] // Animal. 2020. Vol. 14. Iss. 11. Pp. 2236–2245. URL: https://www.researchgate.net/publication/342316480_Impact_of_a_high-fibre_diet_on_genetic_parameters_of_production_traits_in_growing_pigs (date of reference: 09.07.2022).

9. Helm E. T., Ross J. W., Patience J. F., Lonergan S. M., Huff-Lonergan E., Greiner L. L., Reeve L. M., Hastad C. W., Arkfeld E. K., Gabler N. K. Nutritional approaches to slow late finishing pig growth: implications on carcass composition and pork quality [e-resource] // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 99. Iss. 1. Pp. 1–10. URL: https://www.researchgate.net/publication/348215469_Nutritional_approaches_to_slow_late_finishing_pig_growth_implications_on_carcass_composition_and_pork_quality (date of reference: 09.07.2022).

10. Herrera-Cáceres W., Sánchez J. P. Selection for feed efficiency using the social effects animal model in growing Duroc pigs: evaluation by simulation [e-resource] // Genetics Selection Evolution. 2020. Vol. 52. Pp. 1–10. URL: <https://gsejournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12711-020-00572-4.pdf> (date of reference: 10.07.2022).

11. Nebylytsia M. S., Bojko O. Improvement of algorithm of criteria of selection of pigs of male parental form with use of BLUP method [e-resource] // Bulletin of Agricultural Science. 2019. Pp. 1–6. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2019_11_08.pdf (date of reference: 09.07.2022).

12. Godinho R. M., Bergsma R., Silva F. F., Sevillano C. A., Knol E. F., Lopes M. S. et al. Genetic Correlations between Feed Efficiency Traits, and Growth Performance and Carcass Traits in Purebred and Crossbred Pigs [e-resource] // Journal of Animal Science. 2018. Vol. 96. Iss. 3. Pp. 817–829. URL: https://www.researchgate.net/publication/322700941_Genetic_correlations_between_feed_efficiency_traits_and_growth_performance_and_carcass_traits_in_purebred_and_crossbred_pigs (date of reference: 09.07.2022).

13. Abdollahi-Arpanahi R., Lourenco D., Misztal I. Detecting effective starting point of genomic selection by divergent trends from best linear unbiased prediction and single-step genomic best linear unbiased prediction in pigs, beef cattle, and broilers [e-resource] // Journal of Animal Science. 2021. Vol. 99. Iss. 9. Pp. 1–11. URL: https://www.researchgate.net/publication/353912563_Detecting_effective_starting_point_of_genomic_selection_by_divergent_trends_from_BLUP_and_ssGBLUP_in_pigs_beef_cattle_and_broilers (date of reference: 10.07.2022).

14. Kodak O., István N. Historical overview of the selection indices applied in pig breeding [e-resource] // Acta Agraria Kaposváriensis. 2019. Vol. 23. No. 1. Pp. 22–31. URL: http://real.mtak.hu/106236/1/2294-Kodak_Nagy.pdf (date of reference: 07.07.2022).

15. Контэ А. Ф., Янчуков И. Н., Сермягин А. А., Бычкунова Н. Г. Оценка племенной ценности быков популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения их дочерей // Известия НВ АУК. 2019. № 3. С. 275–283. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35.

Об авторах:

Александр Федорович Контэ¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ORCID 0000-0003-4877-0883, AuthorID 849809; alexandrconte@yandex.ru

Анна Александровна Белоус¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ORCID 0000-0001-7533-4281, AuthorID 936741; abelous.vij@ua.ru

Петр Ильич Отрадный¹, младший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ORCID 0000-0002-1153-5815, AuthorID 1025312; deriteronard@gmail.com

¹ Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия

Breeding value of feeding behavior of pigs

A. F. Konte¹, A. A. Belous¹✉, P. I. Otradnov¹

¹ L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russia

✉ E-mail: abelous.vij@ya.ru

Abstract. The purpose of the research is to develop a comprehensive assessment system with new indicators of feed behavior and feed conversion in Duroc pigs based on a selection index. **Research methods.** The Herdsman database was used, which includes the processing of data on fattening characteristics and feeding behavior of 764 heads of Duroc pigs that have passed test fattening at automatic feeding stations. 13 indicators were evaluated, of which 7 indicators of feeding behavior and 6 – fattening characteristics. The evaluation of breeding value animals according to studied traits was carried out using the BLUP Animal Model methodology. **Results.** When determining the weight coefficients of final index equation, which included all the studied traits, we relied on the chosen principle, according to which 50 % was given to weight coefficients of feeding behavior traits and 50 % to the weights of the fattening indicators. Also, in accordance with this principle, in feeding behavior indicators, 25 % was allocated for feed conversion, and the same amount in fattening indicators – for the average daily weight gain. The obtained values of the coefficients presented the general structure of the selection index: $I_{total} = 0.5I_1 + 0.5I_2 = 0.0241$ (TPD) + 0.0439 (ADFI) – 0.0376 (NVD) – 0.0322 (TPV) – 0.0074 (FR) + 0.0376 (FPV) – 0.5343 (FCR) + 0.0531 (Age₁) + 0.0778 (Age₀) + 0.1217 (BW₁) + 0.1027 (BW₀) + 0.0331 (BWG) + 0.4557 (ADG). The results obtained showed the difference between the minimum and maximum index, which was 76 sigma points. Also, according to distribution according the categories of RBV (relative breeding value) among 14 pigs with an index greater than 120 units, 30.8 % have the category “unconditional improver” and 25.8 % – the category “improver”. **Scientific novelty.** These results show the direct impact of feeding behavior and feed conversion on the refinement of animal’s genetic potential, which will improve the system of selection and genomic evaluation of animals.

Keywords: fattening performance, feeding behavior, paratypic and genetic correlations, selection index, EBV, relative breeding value, Duroc pigs.

For citation: Konte A. F., Belous A. A., Otradnov P. I. Plemennaya tsennost’ kormovogo povedeniya sviney [Breeding value of feeding behavior of pigs] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 44–53. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-44-53 (In Russian.)

Date of paper submission: 11.07.2022, **date of review:** 27.07.2022, **date of acceptance:** 05.08.2022.

References

1. Novikov A., Suslina E., Pokhodnya G., Breslavetz Y., Breslavetz A. Improving the assessment of the breeding value of pigs based on the use of BLUP methods and genomic analysis [e-resource] // BIO Web Conf. 2021. Vol. 36. Article number 06039. URL: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2021/08/bioconf_fs-raaba2021_06039.pdf (date of reference: 07.07.2022).
2. Gilbert H., Billon Y., Brossard L., Faure J., Gatellier P., Gondret F. et al. Review: divergent selection for residual feed intake in the growing pig [e-resource] // Animal. 2017. Vol. 11. Pp. 1–13. URL: https://www.researchgate.net/publication/312931392_Review_Divergent_selection_for_residual_feed_intake_in_the_growing_pig (date of reference: 05.07.2022).
3. Stas N. M. Effect of sire line and selection index category on pig growth performance from weaning to harvest and carcass characteristics: doctoral dissertation [e-resource]. Urbana, Illinois, 2017. 44 p. URL: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:j-Bi063Y194J:https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/97282/STAS-THESIS-2017.pdf%3Fsequence%3D1+%&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru> (date of reference: 05.07.2022).
4. Belous A. A., Trebunskikh E. A. Sravnitel'noe issledovanie osobennostey kormovogo povedeniya sviney porod landras i dyurok [Comparative study of the feeding behavior of Landrace and Duroc pigs] // Achievements of science and technology of the AIC. 2021. No. 10. Pp. 61–65. (In Russian.)
5. Aliakbari A., Delpuech E., Labrune Y. et al. The impact of training on data from genetically-related lines on the accuracy of genomic predictions for feed efficiency traits in pigs [e-resource] // Genetics Selection Evolution.

2020. Vol. 52. No. 5. Pp. 1–15. URL: <https://gsejournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12711-020-00576-0.pdf> (date of reference: 06.07.2022).

6. Elbert K., Matthews N., Wassmuth R., Tetens J. Effects of sire line, birth weight and sex on growth performance and carcass traits of crossbred pigs under standardized environmental conditions [e-resource] // *Archives Animal Breeding*. 2020. No. 63 (2). Pp. 367–376. URL: https://www.researchgate.net/publication/346636364_Effects_of_sire_line_birth_weight_and_sex_on_growth_performance_and_carcass_traits_of_crossbred_pigs_under_standardized_environmental_conditions (date of reference: 09.07.2022).

7. Godinho R. M., Bastiaansen J. W. M., Sevillano C. A., Silva F. F., Guimarães S. E. F., Bergsma R. Genotype by feed interaction for feed efficiency and growth performance traits in pigs [e-resource] // *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96 (10). Pp. 4125–4135. URL: https://www.researchgate.net/publication/325013337_Genotype_by_feed_interaction_in_grower-finisher_pigs_fed_different_diets (date of reference: 08.07.2022).

8. Déru V., Bouquet A., Hassenfratz C., Blanchet B., Carillier-Jacquin C., Gilbert H. Impact of a high-fibre diet on genetic parameters of production traits in growing pigs [e-resource] // *Animal*. 2020. Vol. 14. Iss. 11. Pp. 2236–2245. URL: https://www.researchgate.net/publication/342316480_Impact_of_a_high-fibre_diet_on_genetic_parameters_of_production_traits_in_growing_pigs (date of reference: 09.07.2022).

9. Helm E. T., Ross J. W., Patience J. F., Lonergan S. M., Huff-Lonergan E., Greiner L. L., Reeve L. M., Hastad C. W., Arkfeld E. K., Gabler N. K. Nutritional approaches to slow late finishing pig growth: implications on carcass composition and pork quality [e-resource] // *Journal of Animal Science*. 2021. Vol. 99. Iss. 1. Pp. 1–10. URL: https://www.researchgate.net/publication/348215469_Nutritional_approaches_to_slow_late_finishing_pig_growth_implications_on_carcass_composition_and_pork_quality (date of reference: 09.07.2022).

10. Herrera-Cáceres W., Sánchez J. P. Selection for feed efficiency using the social effects animal model in growing Duroc pigs: evaluation by simulation [e-resource] // *Genetics Selection Evolution*. 2020. Vol. 52. Pp. 1–10. URL: <https://gsejournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12711-020-00572-4.pdf> (date of reference: 10.07.2022).

11. Nebylytsia M. S., Bojko O. Improvement of algorithm of criteria of selection of pigs of male parental form with use of BLUP method [e-resource] // *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. Pp. 1–6. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2019_11_08.pdf (date of reference: 09.07.2022).

12. Godinho R. M., Bergsma R., Silva F. F., Sevillano C. A., Knol E. F., Lopes M. S. et al. Genetic Correlations between Feed Efficiency Traits, and Growth Performance and Carcass Traits in Purebred and Crossbred Pigs [e-resource] // *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96. Iss. 3. Pp. 817–829. URL: https://www.researchgate.net/publication/322700941_Genetic_correlations_between_feed_efficiency_traits_and_growth_performance_and_carcass_traits_in_purebred_and_crossbred_pigs (date of reference: 09.07.2022).

13. Abdollahi-Arpanahi R., Lourenco D., Misztal I. Detecting effective starting point of genomic selection by divergent trends from best linear unbiased prediction and single-step genomic best linear unbiased prediction in pigs, beef cattle, and broilers [e-resource] // *Journal of Animal Science*. 2021. Vol. 99. Iss. 9. Pp. 1–11. URL: https://www.researchgate.net/publication/353912563_Detecting_effective_starting_point_of_genomic_selection_by_divergent_trends_from_BLUP_and_ssGBLUP_in_pigs_beef_cattle_and_broilers (date of reference: 10.07.2022).

14. Kodak O., István N. Historical overview of the selection indices applied in pig breeding [e-resource] // *Acta Agraria Kaposváriensis*. 2019. Vol. 23. No. 1. Pp. 22–31. URL: http://real.mtak.hu/106236/1/2294-Kodak_Nagy.pdf (date of reference: 07.07.2022).

15. Konte A. F., Yanchukov I. N., Sermyagin A. A., Bychkunova N. G. Otsenka plemennoy tsennosti bykov populyatsii cherno-pestrogo skota Moskovskoy oblasti po tipu teloslozheniya ikh dochery [Evaluation of breeding value bulls-producers of population of black-and-white cattle of Moscow region by type of cow's daughters bodies] // *Proceedings of Nizhnevolskiy Agrouniversity Complex*. 2019. No. 3. Pp. 275–283. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr F. Konte¹, candidate of agricultural sciences, scientific researcher of population genetics and animal breeding department, ORCID 0000-0003-4877-0883, AuthorID 849809; alexandrconte@yandex.ru

Anna A. Belous¹, candidate of biological sciences, scientific researcher of population genetics and animal breeding department, ORCID 0000-0001-7533-4281, AuthorID 936741; abelous.vij@ya.ru

Petr I. Otradnov¹, junior researcher of population genetics and animal breeding department, ORCID 0000-0002-1153-5815, AuthorID 1025312; deriteronard@gmail.com

¹L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russia

Анализ плотности популяции *Diptera: Muscidae* в объектах животноводства

А. Д. Решетников^{1✉}, А. И. Барашкова¹, Л. М. Будищева¹

¹Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова, Якутск, Россия

✉E-mail: adreshetnikov@mail.ru

Аннотация. Свиноводство неизбежно сопровождается нападением на животных большого количества мух. Эффективный контроль численности мух требует биологической информации о динамике их популяции по сезонам года. **Цель работы** – определение численности и видового состава мух в условиях Хатасского свиного комплекса в зимний период. **Методы.** В Хатасском свиного комплексе во время технологического цикла производства в декабре 2021 г. были проведены исследования по определению численности мух. Для подсчета количества мух в свинарниках дорашивания, репродукторного и откормочного цехов были размещены ловушки в виде липких лент длиной 84 см. В трех цехах свиного комплекса размещались 15 свинарников. В каждом свинарнике ставилась одна ловушка на высоте 1,5 м от пола. Подсчет количества отловленных на клеевой ловушке насекомых проводили через 24 часа в условиях лаборатории. Анализ данных проведен по методике В. Н. Беклемишева. Единицей учета численности мух была принята ловушка с экспозицией 24 часа. **Результаты.** Исследованиями впервые установлено распространение мух в зимнее время во время технологического цикла производства в ООО «Хатасский свиного комплекс». За сутки по трем цехам ловушками было поймано 1102 особей мух. Видовой состав мух в зимний период был представлен одним видом *Musca domestica* L. Индекс обилия мух в цехе дорашивания составил $30,25 \pm 7,56$ особей на ловушко-сутки, а в репродукторном и откормочном цехах – $34 \pm 5,78$ и $57,2 \pm 8,55$ особей на ловушко-сутки соответственно. **Научная новизна** исследования заключается в том, что в полученных материалах впервые была определена численность имаго мух и их видовой состав в Хатасском свиного комплексе Якутии в зимний период.

Ключевые слова: зимний период, свиного комплекс, мухи, численность, имаго, клеевые ловушки, экспозиция, подсчет количества, индекс обилия мух.

Для цитирования: Решетников А. Д., Барашкова А. И., Будищева Л. М. Анализ плотности популяции *Diptera: Muscidae* в объектах животноводства // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 54–62. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-54-62.

Дата поступления статьи: 05.04.2022, **дата рецензирования:** 12.05.2022, **дата принятия:** 16.06.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В 1987 г. был введен в строй ООО «Хатасский свиного комплекс» замкнутого технологического цикла с мощностью от 9 до 12 тысяч свиней в пригороде г. Якутска. Свиного комплекс был и остается пока единственным предприятием промышленного свиноводства в республике. Разведение свиней как вид животноводства неизбежно сопровождается нападением на животных большого количества мух.

Для обеспечения надлежащего санитарного состояния свинарников обязательным условием является проведение плановой эффективной борьбы с мухами. Для дезинсекции помещений распространено применение инсектицидов методами полива, орошения, опрыскивания. Гибель насекомых при этом наступает в результате контакта с обработан-

ными поверхностями. Такой способ борьбы с насекомыми имеет ряд недостатков. Предложен способ, отличающийся от аналогов тем, что благодаря модифицированному крахмалу, к которому примешивают инсектицид, получается вязкий, плотный адгезивный состав, прилипающий на любые предметы без потери препарата¹.

Известно, что частое и долгое использование одних и тех же средств отрицательно влияет на их активность против членистоногих, что приводит к снижению эффективности борьбы с летающими и нелетающими насекомыми и клещами. Авторами статьи доказано, что для решения проблемы по-

¹ Левченко М. А., Силиванова Е. А. Способ ограничения численности мух в животноводческих и птицеводческих помещениях: патент 2711383. Рос. Федерация. № 2019104794; заявл. 20.02.2019; опубл. 16.01.2020, Бюл. № 2. 9 с. Патентообладатель: ТюмНЦ СО РАН.

вышения эффективности дезинсекционных работ, проводимых в помещениях для животных, обязательно применение тактики определения эффективности средств, их подбор для использования в борьбе с мухами в условиях лабораторий к конкретным популяциям вредителей, что резко может увеличить эффективность ветеринарной обработки помещений против мух [1, с. 311].

Комнатные мухи (*Musca domestica*) являются важными механическими переносчиками патогенных микроорганизмов. В этом исследовании было собрано 129 комнатных мух (69 самцов и 60 самок) из 10 различных источников окружающей среды и использовалась лабораторная популяция. Поверхностную микробиоту комнатных мух идентифицировали с помощью секвенирования нового поколения. Стафилококки с поверхности комнатных мух были селективно выделены и определены их гены вирулентности, чувствительность к антибиотикам, образование биопленок и клональное родство. Результаты метагеномного анализа показали, что *Staphylococcus*, *Bacillus* и *Enterococcus* в основном присутствовали на поверхности комнатных мух на уровне рода. Дополнительно были идентифицированы 32 выделенных стафилококковых штамма. Было обнаружено, что гены *tetK*, *tetM*, *tetL*, *ermC*, *msrAB* и *aadB* несут некоторые штаммы стафилококков. Штаммы были в основном устойчивы к оксациллину, пенициллину и эритромицину, а три штамма обладали множественной лекарственной устойчивостью. В ходе этого исследования были изучены поверхностная микробиота и носительство патогенных стафилококков на поверхности тела комнатных мух [2].

В статье [3] описан случай миаза ушного прохода у ребенка, проживающего в тропическом регионе. Двухлетний ребенок был госпитализирован в клинику с анемией и псориазом в анамнезе. При осмотре уха было выявлено несколько личинок в левой раковине и наружном слуховом проходе. Личинки были удалены и идентифицированы как *Musca domestica*. Лечение миаза основано на ручном удалении личинок и регулярных туалетах уха. Отомиаз в основном регистрируется в тропических сельских районах у ослабленных людей в условиях плохой гигиены. Профилактические меры снижают заболеваемость.

Учитывая прожорливость личинок *Musca domestica* и *Sarcophaga dux*, их можно использовать для преобразования навоза в незагрязненные остатки. Результаты показали, что коровий и куриный пометы способствовали наибольшему росту *M. domestica* и *S. dux* соответственно [4].

Для определения инсектицидной эффективности спор энтомопатогенной бактерии *Brevibacillus laterosporus* штамма UNISS 18 был проведен опыт против насекомых-вредителей: плодовых, комнатных, мясных мух и комаров, характеризующихся

адаптацией в разнообразных местах обитания. По значениям летальной концентрации ($ЛК_{50}$) обыкновенный домашний комар *Culex pipiens* ($ЛК_{50} = 0,10 \times 10^6$ спор/мл) и комар желтой лихорадки *Aedes aegypti* ($ЛК_{50} = 0,18 \times 10^6$ спор/мл) были значительно более восприимчивы, чем мухи. Мушки были вторым таксоном с точки зрения восприимчивости к спорам *B. laterosporus* с более высокой смертностью у *Calliphora vomitoria* ($LC_{50} = 78,84 \times 10^6$ спор/мл), чем у *Lucilia caesar* ($LC_{50} = 148,30 \times 10^6$ спор/мл). Эффективность спор *B. laterosporus* была снижена вдвое у комнатной мухи *Musca domestica* ($LC_{50} = 82,41 \times 10^6$ спор/мл). Наименьшая восприимчивость отмечена у плодовых мушек, среди которых наиболее чувствительна пятнистокрылая дрозофила (SWD), *Drosophila suzukii* ($LC_{50} = 217,51 \times 10^6$ спор/мл) по сравнению со средиземноморской мухой *Ceratitis capitata* и оливковой мухой *Bactrocera oleae*. ($LC_{50} = 2567,32 \times 10^6$ спор/мл и $2567,36 \times 10^6$ спор/мл соответственно). Установлено, что *B. laterosporus* проявляет различную эффективность в отношении к разным видам двукрылых [5].

Биоцидный потенциал *Brevibacillus laterosporus* против комаров, имеющих большое медицинское значение, широко документирован, но его воздействие на нецелевых беспозвоночных все еще мало изучено. В этом исследовании авторы определили летальные и сублетальные эффекты штамма *B. laterosporus* UNISS 18, энтомопатогенной бактерии, известной своей эффективностью против синантропных двукрылых, на личинок азиатского тигрового комара *Aedes albopictus*, переносчика нескольких патогенов для человека. Кроме того, они сравнили ларвицидную активность с летальным действием на инвазионную улитку *Physella acuta* и на два нецелевых водоплавающих вида: поденку *Cloeon dipterum* и мушку-арлекина *Chironomus riparius*. *B. laterosporus* проявлял значительное летальное воздействие на все тестируемые виды с активностью, зависящей от концентрации. Однако восприимчивость варьировала среди видов с более высокой восприимчивостью *Ae. albopictus* ($LC_{50} = 0,16 \times 10^7$ спор/мл¹), чем у других видов ($LC_{50} = 0,31, 0,33$ и $0,30 \times 10^7$ спор/мл¹ для *C. dipterum*, *C. riparius* и *P. acuta* соответственно). В то время как личинки комаров 1-го возраста были очень восприимчивы к бактериальной инфекции, при сублетальных концентрациях спор не наблюдалось воздействия на преимагинальные стадии развития и появление взрослых особей. Даже если эффективность *B. laterosporus* против *Ae. albopictus* и инвазивной пресноводной улитки *P. acuta* является многообещающим средством борьбы с ними, восприимчивость нецелевых полезных водных насекомых подчеркивает необходимость точной оценки перед применением *B. laterosporus* для борьбы с вредителями в воде [6].

Исследование [7] было направлено на изучение экологии неполовозрелых роговых мух (*Haematobia irritans* L.) в полусушливых районах Бразилии. Фекальные массы крупного рогатого скота собирали и накрывали ловушками для вылупления, определения пола и подсчета. Была собрана 601 роговая муха с фекальных масс. Минимальный период развития *H. irritans* от яйца до имаго варьировал от 7 до 11 дней, что свидетельствовало о появлении в регионе 30 генераций в год. Быстрое развитие неполовозрелых роговых мух в полусушливых районах в течение всего года может привести к большому количеству поколений и заражению стад крупного рогатого скота.

Экономически эффективный экологический мониторинг членистоногих с помощью ловушек вызывает интерес в области экологической энтомологии в последние несколько десятилетий. Исследование [8] объясняет эффективность четырех разных типов ловушек: pitfall-ловушек, желтых липких ловушек yellow sticky trap, поддонных ловушек bottom trap и барьерных ловушек barrier trap) для наблюдения за разнообразием членистоногих в летний и зимний сезоны. Эти ловушки были установлены в различных манговых садах, расположенных в Пенджабе (Пакистан). Разнообразие отловленных членистоногих летом было в 1,5 раза выше, чем зимой. Однако pitfall-ловушки оказались наиболее эффективными для отлова в оба сезона. Поддонные ловушки оказались наиболее эффективными в летний сезон, а желтые липкие – в зимний. Pitfall-ловушки показали самые высокие значения индекса таксонового богатства. Низкие результаты отлова были у барьерных ловушек. В целом ловушки оказались эффективны для сбора паукообразных, жесткокрылых, перепончатокрылых, чешуекрылых, прямокрылых и рекомендуются для экологического мониторинга этих групп членистоногих в будущих исследованиях.

В провинции Chiang Mai на Севере Таиланда в трех разных станциях – в лесу, пальмовой плантации и фруктовом саду – изучали суточную и сезонную активность мух с использованием полуавтоматических ловушек и говяжьих субпродуктов в качестве приманки. Всего было отловлено 3419 мусцид девяти видов, из которых большинство составлял *Musca domestica* Linnaeus ($n = 1329$; 38,9 %), за которым следовали *Hydrotaea spinigera* Stein ($n = 770$; 22,5 %) и *Musca ventrosa* Wiedemann ($n = 740$; 21,7 %). Пик сезонной активности наблюдался в сезон дождей с середины мая до середины октября. Пик активности для *M. domestica* приходился на позднее утро с 9:00 до 12:00 часов, для *H. spinigera* – на раннее утро с 6:00 до 9:00 часов, а для *M. ventrosa* – на дневное время с 12:00 до 15:00 часов. Температура не оказала существенного влияния на численность *M. domestica* ($rs = -0,030$, $p = 0,576$) или *H. spinigera* ($rs = 0,068$, $p = 0,200$), но имела слабую отрица-

тельную корреляцию с *M. ventrosa* ($rs = -0,238$, $p = 0,0001$). Относительная влажность имела слабую отрицательную корреляцию с *M. domestica* ($rs = -0,263$, $p = 0,0001$), *H. spinigera* ($rs = -0,107$, $p = 0,043$) и *M. ventrosa* ($rs = -0,344$, $p = 0,0001$). В ловушку попало больше самок ($n = 2078$), чем самцов ($n = 761$). Эти результаты предоставляют исходную информацию о суточной и сезонной динамической активности мух в естественных условиях, что является необходимой информацией для эффективных мер борьбы [9].

В мире наблюдается устойчивость мух к пестицидам. Поиск альтернативных средств против членистоногих продолжается. В провинции Пакистана, в южном Пенджабе, были проведены исследования по поиску энтомопатогенных грибов (ЭПГ). Исследовали по образцам почвы и мертвым насекомым. Установлено, что фруктовая орхидея может считаться наиболее богатой по ЭПГ. Они в основном выделены из собранных трупов насекомых, принадлежащих к шести отрядам, из которых только 94 были положительными для ЭПГ. Вероятность появления *I. fumosorosea* и *M. anisopliae* увеличивается в песчаных почвах, тогда как глинистая почва также предлагает аналогичную среду обитания для *I. fumosorosea*, *M. anisopliae* и *B. bassiana*. Энтомопатогены, выделенные из местных ресурсов, могут быть включены в эффективную систему борьбы с вредителями [10].

Важным фактором в промышленном птицеводстве является системное уничтожение популяций мух. Комплексная инсектицидная программа с использованием препаратов «Квик Байт ВГ 10 %» (адаптицид) + «Байцидал® ВП 25 %» (ларвицид) позволила практически уничтожить зоофильных мух (интенсивность – 98,3 %) и их личинок (интенсивность – 99,8 %). Высокая эффективность предложенной схемы связана с эффективностью и пролонгированностью действия использованных препаратов [11].

Изучена чувствительность мух к пяти инсектицидам. Объектами исследования были личинки и 3,5-суточные имаго *M. domestica* лабораторной культуры и первого поколения природных популяций. Показано, что одна из природных популяций была толерантна к ивермектину (показатель резистентности – 4,0), а другая – к дельтаметрину (показатель резистентности – 4,5). Природные популяции различались по активности ферментов детоксикации у взрослых насекомых. У имаго популяции, толерантной к дельтаметрину, активность карбоксилэстеразы и глутатион-S-трансферазы была статистически значимо выше, чем у особой популяции, толерантной к ивермектину [12].

Представлены основные этапы разработки средства «Мухнет АХ» с содержанием двух инсектицидов: 1,5 % ацетамиприда и 6 % хлорфенапира. В ус-

ловиях лаборатории определялись эффективные дозы на *Musca domestica L.* методами группового скармливания, кормления и методом оценки пищевых инсектицидных приманок при борьбе с мухами в концентрации от 0,00002 до 4 % [13].

Экономический ущерб, наносимый гематофаговыми зоофильными мухами *Stomoxys calcitrans*, постоянно обитающими в свиноводческих, скотоводческих, птицеводческих помещениях России, Бразилии, Мексики и США, очень высок и исчисляется от 6,78 млн долларов до 2211 млн долларов в год [14].

Цель исследований – изучение численности имаго мух в условиях Хатасского свинокомплекса Якутии в зимний период.

Методология и методы исследования (Methods)

В ООО «Хатасский свинокомплекс» во время технологического цикла производства в декабре 2021 г. были проведены исследования по определению активности мух в зимний период. Для сбора и подсчета количества имаго мух в каждом свиарнике цеха доращивания, репродукторного и откормочного цехов свинокомплекса были размещены по одной ловушке в виде липкой ленты длиной 84 см (ТУ 2386-003-85869998-01, изготовитель – ИП Ермаков Ю. А., г. Санкт-Петербург). Цеха были размещены в типовых зданиях с одинаковыми параметрами микроклимата, соединенных технологической галереей. Цех доращивания включал 8 свиарников, репродукторный – 7, откормочный – 10. Ло-

вушки устанавливались на высоте 1,5 м, по одной штуке в каждом свиарнике. Средняя температура в свиарниках в зимний период составляла 22–27 °С, в среднем 25 °С что обеспечивало постоянную численность особей мух в зимний период в здании свинокомплекса. Причиной увеличения численности мух в цехе откорма является наличие высокой температуры и мест выплода мух.

Учет количества отловленных на клеевых ловушках насекомых проводили через 24 часа в условиях лаборатории арахноэнтомологии ЯНИИСХ. Видовую принадлежность мух определяли, используя морфологические ключи Г. Я. Бей-Биенко [15]. Оценку численности мух проводили индексом обилия (ИО) по В. Н. Беклемишеву [16]. Единицей учета численности мух была принята ловушка с экспозицией 24 часа.

Результаты (Results)

Исследованиями впервые установлено распространение мух в зимний период во время технологического цикла производства в Хатасском свинокомплексе. За сутки по всем трем цехам ловушками было поймано 1052 особей мух. В зимнее время видовой состав мух представлен одним видом *Musca domestica L.* Индекс обилия мух в цехе доращивания составил $30,25 \pm 7,56$ особей на ловушко-сутки, в репродукторном и откормочном цехах – $34 \pm 5,78$, и $57,2 \pm 8,55$ особей на ловушко-сутки соответственно (таблица 1).

Таблица 1
Количество отловленных мух клеевыми ловушками за 24 часа со свиарников трех цехов Хатасского свинокомплекса

Цех доращивания			Репродукторный цех		Откормочный цех	
№ п/п	№ свиарников	Количество пойманных мух в свиарниках ловушками	№ свиарников	Количество пойманных мух в свиарниках ловушками	№ свиарников	Количество пойманных мух в свиарниках ловушками
1	1а	11	5а	21	3а	22
2	1б	15	6а	14	3б	27
3	2а	8	6б	22	4а	68
4	2б	12	7б	41	4б	74
5	3а	54	8б	53	5а	35
6	3б	62	9а	38	5б	51
7	4а	38	9б	49	6а	49
8	4б	42			6б	56
9					7а	78
10					7б	112
Всего мух по 3 цехам		242		238		572
Индекс обилия имаго мух		$30,25 \pm 7,56$		$34 \pm 5,78$		$57,2 \pm 8,55$

Table 1

Number of flies caught by glue traps in 24 hours from pigsties of 3 workshops of the Khatas pig farm

The rearing workshop			The reproduction workshop		The fattening workshop	
No.	Numbers of pigsties	The number of flies caught in pigsties by traps	Numbers of pigsties	The number of flies caught in pigsties by traps	Numbers of pigsties	The number of flies caught in pigsties by traps
1	1a	11	5a	21	3a	22
2	1b	15	6a	14	3b	27
3	2a	8	6b	22	4a	68
4	2b	12	7b	41	4b	74
5	3a	54	8b	53	5a	35
6	3b	62	9a	38	5b	51
7	4a	38	9b	49	6a	49
8	4b	42			6b	56
9					7a	78
10					7b	112
Total flies caught in 3 workshops of pig farm		242		238		572
The abundance index of adult flies		30.25 ± 7.56		34 ± 5.78		57.2 ± 8.55

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенный патентный поиск по определению достигнутого уровня и тенденций развития науки по проблеме опасных членистоногих и трансмиссивных болезней, включая Россию, страны СНГ и зарубежья, показал, что в современный период распространенность мух и наносимый ими вред из года в год увеличиваются. Российские ученые М. А. Левченко и Е. А. Силиванова указывают, что экономический ущерб народному хозяйству от постоянно обитающих в свиноводческих, скотоводческих, птицеводческих помещениях мух *Stomoxys calcitrans* в России, Бразилии, Мексике и США очень высок и исчисляется от 6,78 млн долларов до 2211 млн долларов в год. Аналогичный ущерб странам Южной и Северной Америки наносит роговая муха *Haematobia irritans* (L.). Lidio Ricardo Bezerra Melo, Márcia Alves Medeiros и другие свидетельствуют о появлении 30 генераций роговых мух в год, принося многомиллионные убытки.

М. А. Левченко и Е. А. Силиванова считают, что проведение плановой дезинсекции свинарников является обязательным условием для создания надлежащего ветеринарно-санитарного благополучия скотопомещений. При этом авторами предложен способ, отличающийся от аналогов тем, что благодаря модифицированному крахмалу, к которому примешивают инсектицид, получается вязкий адгезивный состав, прилипающий к любым предметам. Для решения проблемы повышения эффективности предлагают определять эффективность средств к конкретным популяциям мух.

Кроме того что наносят прямой ущерб, мухи являются всеветно распространенными вредите-

лями с ветеринарной, медицинской и социальной точек зрения. *Musca domestica* L. обладает значительным потенциалом механического распространения более 100 патогенов, влияет на продуктивность свиней, крупного рогатого скота, овец и птиц. В последнее время почти во всех странах наблюдается устойчивость мух к пестицидам. Особенно ярко это прослеживается в борьбе с роговой мухой, что побуждает ученых искать альтернативные меры борьбы с ними.

Организация Объединенных Наций поощряет разработку новых стратегий борьбы с мухами. Наиболее перспективным средством потенциально готовым к использованию как средство биологической борьбы с мухами является выделенный из бразильских образцов почвы штамм *Brevibacillus laterosporus* (Laubach 1916), аэробная спорообразующая бактерия. Проведенными исследованиями установлено, что 33 штамма *Brevibacillus laterosporus*, в том числе три новых штамма, выделенных из образцов бразильской почвы, были исследованы на генетическую изменчивость с использованием различных методов, основанных на ПЦР. Исследованы молекулярные маркеры, которые характеризуют штаммы бактерий с точки зрения их патогенного потенциала.

Применение суспензий спор *Brevibacillus laterosporus* (Laubach) (штамм Von707) в концентрации $1,94 \times 10^9$ КОЕ/мл в рационе вызывало 70-процентную смертность личинок *Musca domestica*. Электронно-микроскопическое исследование пищеварительного тракта личинок, которых кормили *B. laterosporus*, показало клеточную вакуолизацию и цитоплазматическую дезоргани-

занию. Кроме того, токсичность оценивали при использовании насекомых отрядов чешуекрылых (Lepidoptera), жесткокрылых (Coleoptera) и моллюска (*Biomphalaria glabrata*).

Распоряжением Правительства РФ от 25 декабря 2019 г. № 3183-р утвержден Национальный план мероприятий адаптации к изменениям климата. В докладе о климатических рисках на территории РФ Федеральной службой Росгидромет были представлены результаты оценки климатических рисков. 90 % потерь приходится на паводки, наводнения, ветер, ливневые дожди, град, засухи. Для единого подхода к организации и проведению оценки климатических рисков Министерством экономического развития РФ разработаны рекомендации по оценке климатических рисков.

Увеличение континентальности климата усилит риски, связанные с летней жарой, паводками, засухой, градами, пожарной опасностью в лесах, ливневыми дождями. Потепление вызовет массовый выплod вредных насекомых – мух, комаров, слепней, мошек и др., являющихся переносчиками опасных патогенов с высокой летальностью, которые могут нанести многомиллионный ущерб народному хозяйству. В таких условиях разработка новых альтернативных подходов регуляции популяций вредных насекомых является актуальной задачей современной паразитологии.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках государственного задания FWRS-2021-0007 Минобрнауки России.

Библиографический список

1. Левченко М. А., Силиванова Е. А. Тактика борьбы с *Musca domestica* на объектах ветеринарно-санитарного надзора // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: сборник научных статей по материалам международной научной конференции. Москва, 2019. С. 308–312. DOI: 10.31016/978-5-9902340-8-6.2019.20.308-312.
2. Sudagidan M., Ozalp V. C. et al. Surface microbiota and associated staphylococci of houseflies (*Musca domestica*) collected from different environmental sources [e-resource] // Microbial Pathogenesis. 2022. Vol. 164. March 2022. 105439. DOI: 10.1016/j.micpath.2022.105439. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401022000523?via%3Dihub> (date of reference: 19.04.2022).
3. Tbini M., Jaafoura H., Ghabi M., Chebil E., Bensalah M. Otiomyiasis caused by *Musca domestica* in a child: A case report [e-resource] // International Journal of Surgery Case Reports. 2022. Vol. 94. May 2022. 107108. DOI: 10.1016/j.ijscr.2022.107108. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210261222003546?via%3Dihub> (date of reference: 19.04.2022).
4. Hasan H. A., Leong K. Ph. Growth of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Sarcophaga dux* (Diptera: Sarcophagidae) larvae in poultry and livestock manures: Implication for animal waste management [e-resource] // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2018. Vol. 21 (3). Pp. 880–884. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.07.001. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226861518301390?via%3Dihub> (date of reference: 19.04.2022).
5. Bedini S., Muniz E. R., Tani C., Conti B., Ruiu L. Insecticidal potential of *Brevibacillus laterosporus* against dipteran pest species in a wide ecological range [e-resource] // Journal of Invertebrate Pathology. 2020. Vol. 177. Article number 107493. DOI: 10.1016/j.jip.2020.107493. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022201120301993?via%3Dihub> (date of reference: 25.05.2022).
6. Bedini S., Conti B., Hamze R., Muniz E. R., Fernandes E. K. K., Ruiu L. Lethal and sub-lethal activity of *Brevibacillus laterosporus* on the mosquito *Aedes albopictus* and side effects on non-target water-dwelling invertebrates [e-resource] // Pathology. 2021. Vol. 184. Article number 107645. DOI: 10.1016/j.jip.2021.107645 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022201121001129?via%3Dihub> (date of reference: 25.05.2022).
7. Melo L. R. B., Medeiros M. A., Beserra L. A. F., Barros A. Th. M., Riet-Correa F., Azevedo S. A., Vilela V. L. R. Development and number of generations of *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) in bovine fecal masses in the semiarid region of Brazil [e-resource] // Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports. 2020. Vol. 20. Article number 100411. DOI: 10.1016/j.vprsr.2020.100411. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2405939020300265?via%3Dihub> (date of reference: 25.05.2022).
8. Sial M. U., Majeed M. Z., Atiq A., Farooq T., Aatif H. M., Jaleel W., Khan Sh., Akbar R., Zaman M., Saeed R., Ali Ya., Saleh M., Ullah F., Khan Kh. A., Gharmah H. A. Differential efficacy of edaphic traps for monitoring arthropods diversity in subtropical regions [e-resource] // Journal of King Saud University – Science. 2022. Vol. 34 (1). Article number 101686. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101686 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364721003487?via%3Dihub> (date of reference: 30.06.2022).
9. Klong-klaew T., Sontigun N., Samerjai Ch., Sanit S., Sukontason K., Tomberlin J. K., Somboon P., Chareonviriyaphap Th., Kurahashi H., Sukontason K. L. Daily and seasonal variation of muscid flies (Diptera: Muscidae) in Chiang Mai province, northern Thailand [e-resource] // Acta Tropica. 2020. Vol. 2004. Article number

105348. DOI: 10.1016/j.actatropica.2020.105348. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001706X19317668?via%3Dihub> (date of reference: 30.06.2022).

10. Qayyum M. A., Saeed S., Wakil W., Nawaz A., Iqbal N., Yasin M., Chaurdhry M. A., Bashir M. A., Ahmed N., Riaz H., Bilal H., Hashem M., Alamri S. Diversity and correlation of entomopathogenic and associated fungi with soil factors [e-resource] // Journal of King Saud University – Science. 2021. Vol. 33. (6). DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101520. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364721001816?via%3Dihub> (date of reference: 30.06.2022).

11. Сафиуллин Р. Т., Дементьева В. А., Нуртдинова Т. А. Испытание эффективности комплексной инсектицидной программы для системного уничтожения популяции мух // Птицеводство. 2019. № 4. С. 56–60. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-4-56-60.

12. Левченко М. А., Силиванова Е. А., Шумилова П. А., Сенникова Н. А. Инсектицидная чувствительность и ферментативная активность у *Musca domestica* L. природных популяций // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2021. № 4 (40). С. 428–435. DOI: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202104008.

13. Левченко М. А. Разработка инсектицидного приманочного средства для борьбы с *Musca domestica* L. // Ветеринария Кубани. 2020. № 6. С. 28–30. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-6-28-30.

14. Левченко М. А., Силиванова Е. А. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae): ветеринарное значение. Обзор // Российский паразитологический журнал. 2020. Т. 14. № 3. С. 40–52. DOI: 10.31016/1998-8435-2020-14-3-40-52.

15. Мироненко А. В. Разработка и эффективность применения лекарственного препарата пролонгированного действия «Флайблок инсектицидная бирка» для борьбы с гнусом и зоофильными мухами в молочном животноводстве: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Москва: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, 2020. С. 38–39.

16. Глазунов Ю. В. Фауна и экология клещей рода *Dermacentor Koch.* в Зауралье // АПК: Инновационные технологии. 2019. № 1 (44). С. 6–10.

17. Распоряжение Правительства РФ от 25 декабря 2019 г. № 3183-р «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443> (дата обращения: 07.04.2022).

Об авторах:

Александр Дмитриевич Решетников¹, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией, ORCID 0000-0002-9817-4329, AuthorID 420644; +7 964 417-43-31, adreshetnikov@mail.ru

Анастасия Ивановна Барашкова¹, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1815-4951, AuthorID 682614

Любовь Михайловна Будищева¹, аспирант, ORCID 0000-0003-0904-0853, AuthorID 1145926

¹ Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова, Якутск, Россия

Population density analysis of Diptera: Muscidae in livestock objects

A. D. Reshetnikov¹✉, A. I. Barashkova¹, L. M. Budishcheva¹

¹ M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, Yakutsk, Russia

✉ E-mail: adreshetnikov@mail.ru

Abstract. Pig breeding is inevitably accompanied by an attack on animals by a large number of flies. Effective fly control requires biological information about the dynamics of the fly population over the seasons. **The aim** of the study was to determine the number and species composition of flies in the conditions of the Khatas pig farm in the winter. **Methods.** In the Khatas pig farm, during the technological cycle of production in December 2021, studies were carried out to determine the number of flies. To count the number of flies in the pigsties of the breeding, reproduction and fattening shops, traps were installed in the form of sticky tapes 84 cm long. There were 15 pigsties in three workshops of the pig farm. In each pigsty, one trap was placed at a height of 1.5 m from the floor. The number of insects caught on the glue trap was counted after 24 hours under laboratory conditions. Data analysis was carried out according to the method of V. N. Beklemishev. A trap with an exposure of 24 hours was taken as the unit for counting the number of flies. **Results.** For the first time, research has established the spread of flies

in winter during the technological cycle of production at Khatas pig farm LLC. During the day, 1102 flies were caught by traps in three workshops. The species composition of flies in winter was represented by one species of *Musca domestica* L. The abundance index of adult flies in the rearing shop was 30.25 ± 7.56 flies per trap-day, and in the reproduction and fattening shops – 34 ± 5.78 , and 57.2 ± 8.55 flies per trap-day, respectively. **The scientific novelty** lies in the fact that the number of adults of flies and their species composition in the Khatas pig farm of Yakutia in the winter period were determined for the first time in the obtained materials.

Keywords: winter period, pig farm, flies, abundance, adults, glue traps, exposure, counting, the abundance index of flies.

For citation: Reshetnikov A. D., Barashkova A. I., Budishcheva L. M. Analiz plotnosti populyatsii Diptera: Muscidae v ob'ektakh zhivotnovodstva [Population density analysis of Diptera: Muscidae in livestock objects] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 54–62. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-54-62. (In Russian.)

Date of paper submission: 05.04.2022, **date of review:** 12.05.2022, **date of acceptance:** 16.06.2022.

References

1. Levchenko M. A., Silivanova E. A. Taktika bor'by s *Musca domestica* na ob'ektakh veterinarno-sanitarnogo nadzora [Tactics of controlling *Musca domestica* at the objects of veterinary and sanitary supervision] // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami: sbornik nauchnykh statey po materialam mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Moscow, 2019. Pp. 308–312. DOI: 10.31016/978-5-9902340-8-6.2019.20.308-312. (In Russian.)
2. Sudagidan M., Ozalp V. C. et al. Surface microbiota and associated staphylococci of houseflies (*Musca domestica*) collected from different environmental sources [e-resource] // Microbial Pathogenesis. 2022. Vol. 164. March 2022. 105439. DOI: 10.1016/j.micpath.2022.105439. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401022000523?via%3Dihub> (date of reference: 19.04.2022).
3. Tbini M., Jaafoura H., Ghabi M., Chebil E., Bensalah M. Otomyiasis caused by *Musca domestica* in a child: A case report [e-resource] // International Journal of Surgery Case Reports. 2022. Vol. 94. May 2022. 107108. DOI: 10.1016/j.ijscr.2022.107108. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210261222003546?via%3Dihub> (date of reference: 19.04.2022).
4. Hasan H. A., Leong K. Ph. Growth of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Sarcophaga dux* (Diptera: Sarcophagidae) larvae in poultry and livestock manures: Implication for animal waste management [e-resource] // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2018. Vol. 21 (3). Pp. 880–884. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.07.001. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226861518301390?via%3Dihub> (date of reference: 19.04.2022).
5. Bedini S., Muniz E. R., Tani C., Conti B., Ruiu L. Insecticidal potential of *Brevibacillus laterosporus* against dipteran pest species in a wide ecological range [e-resource] // Journal of Invertebrate Pathology. 2020. Vol. 177. Article number 107493. DOI: 10.1016/j.jip.2020.107493. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022201120301993?via%3Dihub> (date of reference: 25.05.2022).
6. Bedini S., Conti B., Hamze R., Muniz E. R., Fernandes E. K. K., Ruiu L. Lethal and sub-lethal activity of *Brevibacillus laterosporus* on the mosquito *Aedes albopictus* and side effects on non-target water-dwelling invertebrates [e-resource] // Pathology. 2021. Vol. 184. Article number 107645. DOI: 10.1016/j.jip.2021.107645 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022201121001129?via%3Dihub> (date of reference: 25.05.2022).
7. Melo L. R. B., Medeiros M. A., Beserra L. A. F., Barros A. Th. M., Riet-Correa F., Azevedo S. A., Vilela V. L. R. Development and number of generations of *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) in bovine fecal masses in the semiarid region of Brazil [e-resource] // Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports. 2020. Vol. 20. Article number 100411. DOI: 10.1016/j.vprsr.2020.100411. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2405939020300265?via%3Dihub> (date of reference: 25.05.2022).
8. Sial M. U., Majeed M. Z., Atiq A., Farooq T., Aatif H. M., Jaleel W., Khan Sh., Akbar R., Zaman M., Saeed R., Ali Ya., Saleh M., Ullah F., Khan Kh. A., Ghrmah H. A. Differential efficacy of edaphic traps for monitoring arthropods diversity in subtropical regions [e-resource] // Journal of King Saud University – Science. 2022. Vol. 34 (1). Article number 101686. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101686 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364721003487?via%3Dihub> (date of reference: 30.06.2022).
9. Klong-klaew T., Sontigun N., Samerjai Ch., Sanit S., Sukontason K., Tomberlin J. K., Somboon P., Chareonviriyaphap Th., Kurahashi H., Sukontason K. L. Daily and seasonal variation of muscid flies (Diptera: Muscidae) in Chiang Mai province, northern Thailand [e-resource] // Acta Tropica. 2020. Vol. 2004. Article number 105348. DOI: 10.1016/j.actatropica.2020.105348. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001706X19317668?via%3Dihub> (date of reference: 30.06.2022).

10. Qayyum M. A., Saeed S., Wakil W., Nawaz A., Iqbal N., Yasin M., Chaurdhry M. A., Bashir M. A., Ahmed N., Riaz H., Bilal H., Hashem M., Alamri S. Diversity and correlation of entomopathogenic and associated fungi with soil factors [e-resource] // Journal of King Saud University – Science. 2021. Vol. 33. (6). DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101520. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364721001816?via%3Dihub> (date of reference: 30.06.2022).
11. Safiullin R. T., Dement'eva V. A., Nurtdinova T. A. Ispytanie effektivnosti kompleksnoy insektitsidnoy programmy dlya sistemnogo unichtozheniya populyatsii mukh [Testing the effectiveness of an integrated insecticidal program for the systemic destruction of a fly population] // Ptitsevodstvo. 2019. No. 4. Pp. 56–60. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-4-56-60. (In Russian.)
12. Levchenko M. A., Silivanova E. A., Shumilova P. A., Sennikova N. A. Insektitsidnaya chuvstvitel'nost' i fermentativnaya aktivnost' u *Musca domestica* L. prirodnykh populyatsiy [Insecticide susceptibility and enzymatic activity in *Musca domestica* L. natural populations] // Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2021. No. 4 (40). Pp. 428–435. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202104008. (In Russian.)
13. Levchenko M. A. Razrabotka insektitsidnogo primanochnogo sredstva dlya bor'by s *Musca domestica* L. [Development of an insecticidal bait to control *Musca domestica* L.] // Veterinaria Kubani. 2020. No. 6. Pp. 28–30. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-6-28-30. (In Russian.)
14. Levchenko M. A., Silivanova E. A. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae): veterinarnoe znachenie. Obzor [*Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae): veterinary value. Review] // Russian Journal of Parasitology. 2020. Vol. 14 (3). Pp. 40–52. DOI: 10.31016/1998-8435-2020-14-3-40-52. (In Russian.)
15. Mironenko A. V. Razrabotka i effektivnost' primeneniya lekarstvennogo preparata prolongirovannogo deystviya "Flyblok insektitsidnaya birka" dlya bor'by s gnusom i zoofil'nymi mukhami v molochnom zhivotnovodstve: avtoref. dis. ... kand. vet. nauk [Development and effectiveness of the long-acting drug "Flyblock insecticidal tag" for the control of midges and bestial flies in dairy farming: abstract of the dissertation ... candidate of veterinarian sciences]: Moscow: Moskovskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny i biotekhnologii – MVA imeni K. I. Skryabina, 2020. Pp. 38–39. (In Russian.)
16. Glazunov Yu. V. Fauna i ekologiya kleshchey roda Dermacentor Koch. v Zaural'e [Fauna and ecology of ticks of the genus Dermacentor Koch. in the Trans-Urals] // AIC: Innovative Technologies. 2019. No. 1 (44). Pp. 6–10. (In Russian.)
17. Rasporiyazhenie Pravitel'stva RF ot 25 dekabrya 2019 g. № 3183-r "Ob utverzhdenii natsional'nogo plana meropriyatiy pervogo etapa adaptatsii k izmeneniyam klimata na period do 2022 goda" [Decree of the Government of the Russian Federation of 25 December 2019 No. 3183-r "On approval of the national action plan for the first stage of adaptation to climate change for the period until 2022"] [e-resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443> (date of reference: 04.07.2022). (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr D. Reshetnikov¹, doctor of veterinary sciences, professor, chief researcher, head of laboratory, ORCID 0000-0002-9817-4329, AuthorID 420644; +7 964 417-43-31, adreshetnikov@mail.ru

Anastasiya I. Barashkova¹, doctor of biological sciences, chief researcher, ORCID 0000-0002-1815-4951, AuthorID 682614

Lyubov' M. Budishcheva¹, postgraduate, ORCID 0000-0003-0904-0853, AuthorID 1145926

¹M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, Yakutsk, Russia

Multilocus genetic analysis of two-breed chicken hybrids

V. I. Tyshchenko¹✉

¹ Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

✉ E-mail: valeriter@mail.ru

Abstract. Background. Due to the fact that now many new forms of poultry are created by crossing existing breeds and populations, a comprehensive genetic analysis of hybrid chickens as a ground for further breeding work is of particular importance. **Aim.** To study the features of the population and genetic organization of the genomes of inter-breed chicken hybrids. **Materials and methodology.** The experimental work was based on the use of an oligonucleotide probe (GTG)₅, which was labeled with digoxigenin. The probe was hybridized with genomic DNA on a nylon filter, and then labeled DNA fragments were visualized using a streptavidin-alkaline phosphatase conjugate chemistry. The number and distribution of DNA fragments was highly specific for each individual. These parameters under study include similarity coefficient (BS), genetic distances between groups (D) and average heterozygosity levels (H). **Scientific novelty.** For the first time, marker DNA fragments characterizing individual groups of birds have been identified; these fragments can be used in the certification of populations. The novelty of the work also lies in the determination of the main genetic characteristics in new groups of hybrid chickens, which will be used to consolidate the desired breeding traits. **Results.** Based on the data obtained, it can be concluded that there are relatively small genetic differences between various hybrid forms, which is the result of using the same source breeds. Brahma × Sussex Light and Uzbek Game × Amrock hybrids were relatively distant from each other (D = 0.070). Sussex Light × Amrock hybrids were the most genetically diverse according to the criterion of average heterozygosity (P = 0.66).

Keywords: multilocus analysis, DNA probe, heterozygosity, similarity coefficient, restriction endonucleases, hybridization.

For citation: Tyshchenko V. I. Multilocus genetic analysis of two-breed chicken hybrids // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 63–67. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-63-67.

Date of paper submission: 30.08.2022, **date of review:** 07.09.2022, **date of acceptance:** 15.09.2022.

Introduction

Scientists from around the world have long noticed that the biodiversity of commercially used poultry breeds is reduced in comparison with the wild predecessor forms living in nature. At the same time, the process of depleting the chicken gene pool is observed in parallel with the reduction in the number of bird species and breeds. The original forms of the bird are carriers of valuable genes that can be used in breeding work to improve the populations [1, pp. 34–35; 2, pp. 64–65]. Evolutionary processes in groups of wild forms of birds have led to the formation of complexes of interacting genes that ensure adaptability to living conditions, adaptive abilities to changing environment, resistance to diseases, etc. [3; 4, p. 1]. The wide distribution of highly productive industrial breeds of chickens has led to the displacement of local breeds of gene pool birds, reducing the number of their population size. The small number of bird groups, in turn, gives rise to an increase in homozygosity and the appearance of negative effects of inbreeding depression [5, p. 976], expressed as a decrease in the productive traits, reproductive qualities and viability of the livestock [6, p. 2]. This negative

phenomenon has long attracted the attention of scientists in order to understand the molecular mechanisms of the development of this depression phenomenon. It has been established that the appearance of CH3 methyl groups in nitrogenous bases in the genome plays a certain role in inbreeding depression [7, pp. 2678–2679]. Genetic drift due to the small number of gene pool populations also contributes to the accumulation of lethal and sublethal alleles in the genome [8, p. 7]. On the other hand, intensive selection in industrial breeds of chickens, when a limited number of cocks used in stock reproduction, also reduces the diversity of individuals in the population, ultimately leading to negative consequences [9, p. 756; 10, pp. 4–6].

Modern methods of genetics make it possible to simultaneously detect many mutant loci in chicken genomes. Especially informative is the analysis on chips, when tens and hundreds of thousands of loci are screened in one experimental run (single nucleotide polymorphism – SNP). This approach is widely used in identifying the population structure, determining homozygous regions (runs of homozygosity – ROH) as one of the indicators of the level of inbreeding, determining

genetic relationships and clarifying the origin of modern chicken breeds and populations [11, pp. 1–2]. Cases of gene introgression from industrial highly productive breeds to gene pool breeds are shown [12, pp. 618–619].

Another informative approach to the analysis of farm animal populations is the use of polymorphism in microsatellite DNA repeats. In this case, individuals differ not by one nucleotide per locus, but by the number of repeating units consisting of two or three nucleotides. In some cases, it was possible to detect high heterogeneity of populations without dividing them into separate subpopulations [13]. In addition to microsatellite DNA, the population structure of chicken gene pool breeds is studied using data on the nucleotide sequence in the D-loop of mitochondrial DNA (mitochondrial haplotypes) [14, pp. 830–832]. Sufficient attention is paid to the search for associations of polymorphic regions in individual genes and the manifestation of productive traits in birds [15, pp. 4–6].

In many cases, the creation of new breeds of poultry occurs by crossing between existing breeds and populations, followed by selection for the consolidation of desirable traits [16, p. 24–26]. Thus, “traces” of the original breeds can be detected using modern methods of genetic analysis [17, pp. 82–84].

Methods

1. Object of study. Chicken hybrids from two-breed crossing were used as the object of the experiments. In particular, hybrids Brahma Light × Sussex Light, Uzbek Game × Amrock, Sussex Light × Amrock, Tsarskoye Selo × Sussex Light were studied. Blood was taken from the axillary vein, in each group there were 15 individuals. After collection, the samples were stored in a freezer until use. These hybrids were selected taking into account breeding schemes accepted in the Bioresource Collection of our research institute (table 1). The weight of hens, egg production and autosexity, which makes it possible to separate hens and cocks at an early age of their development, were chosen as ultimate breeding goals when working with these hybrids.

2. DNA isolation and digestion with a restriction endonuclease. Genomic DNA was extracted using water-saturated phenol and proteinase K. This approach allowed us to obtain high quality DNA samples suit-

able for further work ($A_{260}/A_{280} \geq 1.8$). *Bsu*RI digestion (Thermo Scientific™) was performed according to the product manufacturer’s recommendations. 10 µg of DNA and 50 u of enzyme were used in each reaction tube. The mixture was incubated in a thermostat for three hours at a temperature of 37 °C.

3. Electrophoresis and hybridization with a DNA probe. The DNA fragments obtained after digestion with restriction endonuclease were separated by size using electrophoresis in 0.8 % agarose gel. At the end of the process, the DNA fragments from the gel were transferred to a nylon membrane in a vacuum apparatus; the DNA was fixed under an ultraviolet lamp, pre-hybridized in buffer containing 5xSSC – 0.1 % SDS – 5x Denhardt’s solution, hybridized in the same solution with the addition of an oligonucleotide (GTG)₅ labeled at the 5’-end with digoxigenin, washed out of the non-included digoxigenated label in buffer 5xSSC – 0.1 % SDS.

4. Signal detection. After washing, the filters were incubated in a buffer with maleic acid, then in a buffer with a blocking solution (Roche™), which contained an antibody to digoxigenin conjugated with the alkaline phosphatase enzyme. The binding sites of the latter were determined by color reaction with chromogenic substrates NBT and BCIP (Thermo Scientific™). The reaction appeared as blue colored bands on the filter, corresponding to the binding sites of the conjugate with the digoxigenin-tagged DNA fragments.

5. Calculations of population-genetic parameters. The genetic relationship of the compared populations was determined on the basis of genetic distance parameter (D) and the similarity coefficient (BS), which reflects the proportion of common DNA fragments within groups as well as between groups of the total number of detected fragments in all pairwise comparisons. BS values and other parameters were calculated using the Gelstats™ program, which is based on the formula:

$$BS = \frac{2 B_{xy}}{B_x + B_y}$$

where B_{xy} is the number of matching fragments in the compared electrophoretic lanes;

B_x and B_y are the total number of fragments on tracks x and y , respectively. Average heterozygosity was determined by the formula of Stephens:

Table 1
Initial breeds of chickens and their main characteristics used for obtaining the analyzed hybrids

Chicken breeds	Initial chicken breeds	Egg production, pcs/year	Egg mass, g	Live mass, kg
Sussex Light	Dorking, Cornish, Cochin, Orpington, Brahma	155–170	59–61	♂3.0-4.0 ♀2.5-3.1
Uzbek Game	Local chicken, Central Asian chicken	100–120	59–61	♂4.0-6.0 ♀2.8-3.5
Brahma Light	Malay chicken and Cochin	130–150	57–59	♂3.5-5.0 ♀3.0-4.5
Amrock	Javanese chicken and Cochin	160–180	59–60	♂3.0-4.5 ♀2.5-3.0
Tsarskoye Selo	Poltava clay chicken, New Hampshire, fawn-striped 4-lines cocks of «Broiler-6» cross	145–170	59–62	♂2.8-3.2 ♀2.2-2.5

$$H = \frac{2n}{2n-1} \times \left[\frac{\sum_{k=1}^A S_k}{A} - 1 \right]$$

where S_k is the occurrence of the k-th fragment in the samples;

A is the observed number of all fragments;

n is the number of samples.

Results

The work was carried out in two stages. On the first one, three groups of hybrids were used – Brahma Light × Sussex Light, Sussex Light × Amrock, and Uzbek Game × Amrock. At the second stage, using the second filter – Tsarskoye Selo × Sussex Light, Uzbek Game × Amrock (repeatedly) and Sussex Light × Amrock (repeatedly). The absolute values of the parameters for the same hybrids observed in two experiments differed somewhat, however, within each experiment, conclusions were identical. The highest value of the intragroup similarity coefficient was noted in the Uzbek Game × Amrock hybrid (BS = 0.56), the lowest value was in the Sussex Light × Amrock hybrid (BS = 0.48). It should be noted that between the two-breed hybrids, the values of the genetic distance were not large. Certain differences were observed between Brahma Light × Sussex Light and Uzbek Game × Amrock hybrids (D = 0.070). Brahma Light × Sussex Light and Uzbek Game × Amrock hybrids were somewhat distant from each other (D = 0.070) (table 2).

Marker DNA fragments characterizing certain groups in the first experiment were observed in Brah-

ma Light × Sussex Light hybrids (fragment No. 10, frequency of occurrence 0.87). In the remaining two groups of hybrids, the frequency was only 0.27 (table 3). Interestingly, in the Uzbek Game × Amrock hybrids, a monomorphic fragment (No. 43) was detected, which was observed in all 15 individuals (frequency of occurrence 1.00).

Intrapopulation genetic diversity can be calculated from the level of mean heterozygosity (H) using the Gelstats™ program (table 4).

In general, the hybrid bird has a fairly high level of genetic diversity, with the maximum value in the Sussex Light × Amrock group (H = 0.65). The lowest indicator was found in Uzbek Game × Amrock hybrids (H = 0.54). Thus, there are no large differences between hybrids in terms of their heterozygosity. It should be noted that our earlier studies demonstrated significant differences in the level of intragroup diversity between different industrial chicken breeds. In second experiment the lowest value of genetic distance was found between Uzbek Game × Amrock and Sussex Light × Amrock (D = 0.020) (table 5).

Fragment 54 is found in Uzbek Game × Amrock hybrids with a frequency of 0.80 (marker fragment), while it was rare in Tsarskoye Selo × Sussex Light (0.13). Fragment 69 in Tsarskoye Selo × Sussex Light hybrids occurs with a frequency of 0.87, i. e. is a marker for these hybrids. The same fragment is rare in Uzbek Game × Amrock hybrids with a frequency of 0.13 (table 6).

The highest heterozygosity was found in Sussex Light × Amrock (H = 0.66), the lowest in hybrids Uzbek Game × Amrock (H = 0.59) (table 7).

Table 2
Population and genetic parameters in 3 groups of two-breed chicken hybrids: Brahma Light × Sussex Light, Uzbek Game × Amrock, Sussex Light × Amrock

Two-breed chicken hybrids	n	Bands per lane $X \pm m$	P	BS ^I	BS ²	D
Brahma Light × Sussex Light	15	32.00 ± 2.57	1.07 × 10 ⁻⁹	0.52		
Uzbek Game × Amrock	15	35.47 ± 2.10	1.44 × 10 ⁻⁹	0.56	0.47	0.070
Brahma Light × Sussex Light	15	32.00 ± 2.57	1.07 × 10 ⁻⁹	0.52		
Sussex Light × Amrock	15	33.53 ± 2.77	1.49 × 10 ⁻¹¹	0.48	0.44	0.060
Uzbek Game × Amrock	15	35.47 ± 2.10	1.44 × 10 ⁻⁹	0.56		
Sussex Light × Amrock	15	33.53 ± 2.77	1.49 × 10 ⁻¹¹	0.48	0.47	0.045

Note. P is the occurrence of two individuals with an identical set of all DNA fragments; BS^I is the coefficient of similarity within groups; BS² is the coefficient of similarity between groups; D is the genetic distance.

Table 3
Specific DNA fragments and alleles with different frequency of occurrence in 3 groups of two-breed chicken hybrids: Brahma × Sussex Light (I), Uzbek Game × Amrock (II), Sussex Light × Amrock (III)

DNA fragment	Frequency of DNA fragment			Allele frequency $q = 1 - \sqrt{1-p}$		
	I	II	III	I	II	III
10	0.87	0.27	0.27	0.64	0.15	0.15
43	0.47	1.00	0.60	0.27	1.00	0.37
52	0.87	0.33	0.27	0.64	0.18	0.15
80	0.87	0.33	0.40	0.64	0.18	0.23

Table 4
Heterozygosity (H) in two-breed chicken hybrids

Two-breed chicken hybrids	n	Number of loci	Number of alleles	Number of polymorphic loci	H
Brahma Light × Sussex Light	15	20.24	3.66	0.95	0.58
Uzbek Game × Amrock	15	23.00	3.26	0.91	0.54
Sussex Light × Amrock	15	20.31	3.74	1.00	0.65

Table 5
Population-genetic parameters in 3 groups of two-breed chicken hybrids: Tsarskoye Selo × Sussex Light, Uzbek Game × Amrock, Sussex Light × Amrock

Two-breed chicken hybrids	n	Bands per lane $X \pm m$	P	BS ¹	BS ²	D
Tsarskoye Selo × Sussex Light	15	33.67 ± 2.19	2.73 × 10 ⁻¹⁰	0.52	0.49	0.040
Uzbek Game × Amrock	15	33.87 ± 1.62	4.07 × 10 ⁻¹⁰	0.53		
Tsarskoye Selo × Sussex Light	15	33.67 ± 2.19	2.73 × 10 ⁻¹⁰	0.52	0.48	0.030
Sussex Light × Amrock	15	33.13 ± 1.54	6.67 × 10 ⁻¹¹	0.49		
Uzbek Game × Amrock	15	33.87 ± 1.62	4.07 × 10 ⁻¹⁰	0.53	0.49	0.020
Sussex Light × Amrock	15	33.13 ± 1.54	6.67 × 10 ⁻¹¹	0.49		

Table 6
Specific DNA fragments and alleles with different frequency of occurrence in 3 groups of two-breed chicken hybrids: Tsarskoye Selo × Sussex Light (I), Uzbek Game × Amrock (II), Sussex Light × Amrock (III)

DNA fragment	Frequency of DNA fragment			Allele frequency $q = 1 - \sqrt{1-p}$		
	I	II	III	I	II	III
13	0.93	0.67	0.53	0.16	0.43	0.31
16	0.67	1.00	0.73	0.43	1.00	0.48
54	0.13	0.80	0.73	0.07	0.55	0.48
69	0.87	0.13	0.33	0.64	0.07	0.18

Table 7
Heterozygosity (H) in two-breed chicken hybrids

Two-breed chicken hybrids	n	Number of loci	Number of alleles	Number of polymorphic loci	H
Tsarskoye Selo × Sussex Light	15	19.98	3.46	1.00	0.62
Uzbek Game × Amrock	15	21.35	3.51	0.91	0.59
Sussex Light × Amrock	15	19.95	3.71	1.00	0.66

Discussion and Conclusion

Carrying out two experiments on different filters showed that the absolute values of the population genetic parameters may differ slightly, however, the general conclusions on the relationships in the groups are close. When taking into account all DNA fragments on the filters, individual subjective errors may occur, which leads to slight differences in the calculations. However, taking into account the large number of detected DNA fragments, individual inaccuracies are leveled. Based on the results of the analysis of the first filter, it was found that the intrapopulation similarity according to the similarity coefficient criterion for Sussex Light × Amrock hybrids was 0.48, the second filter in the same group showed a close value of 0.49. According to both experiments, the lowest genetic diversity within the groups was found in Uzbek Game × Amrock hybrids, which can be explained by the origin of Uzbek Game chickens, which were bred on the basis of local populations and historically never were not crossed with other breeds, ensuring the relative homogeneity of this population (table 1). When creating the Sussex Light and Amrock breeds, Cochin chickens were used, therefore, in both experiments, the genetic distances between the groups of Uzbek Game × Amrock and Sussex Light × Amrock hybrids was the smallest. Surely, genetic relationships in populations are determined not only by the breed, but also by the history of the creation and breeding of a particular population. In many cases, gene pool

breeds are represented by small groups of birds with a specific genetic structure, which can be identified using multilocus analysis. More detailed characteristics of chicken populations can be obtained using chip technology with simultaneous analysis of multiple loci, which is envisaged by plans for further studies using these populations. In general, the data obtained allow us to formulate the following conclusions:

1. It was found that Sussex Light × Amrock hybrids were characterized by the highest diversity within the group with similarity coefficients of 0.48–0.49 (first and second experiment, respectively).
2. When considering the genetic differences between two-breed hybrids, it was found that according to this criterion, Brahma Light × Sussex Light and Uzbek Game × Amrock were the most different (D = 0.070), and the hybrids Uzbek Game × Amrock and Sussex Light × Amrock, as well as Tsarskoye Selo × Sussex Light and Sussex Light × Amrock turned out to be relatively close (D = 0.030).
3. Two-breed hybrids of chickens Sussex Light × Amrock had the highest heterozygosity (0.66 and 0.65 in two experiments), the lowest – in Uzbek Game × Amrock hybrids.
4. A specific DNA fragment No. 10 was detected with a frequency of 0.87 in hybrids of chickens Brahma Light × Sussex Light, and in hybrids of chickens Uzbek Game × Amrock and Sussex Light × Amrock its frequency was only 0.27.

Acknowledgements

The work was supported by the State Assignment No. 0445-2021-0010.

References

- Gal'pern I. L., Perinek O. Yu., Fedorova Z. L. Ispol'zovanie dvukh genofondnykh porod kur dlya sozdaniya trekhlineynogo yaichno-myasnogo krossa [The using of two gene pool breeds of chickens to create a 3-linear egg-meat cross] // Ptitsa i pitseprodukty. 2020. No. 1. Pp. 34–39. DOI: 10.30975/2073-4999-2020-22-1-34-39. (In Russian.)
- Tyshchenko V. I., Terletskiy V. P. Molekulyarno-geneticheskaya kharakteristika chetyrekh genofondnykh porod kur [Molecular genetics characterization of four gene pool chicken breeds] // Ptitsa i pitseprodukty. 2019. No. 3. Pp. 64–66. DOI: 10.30975/2073-4999-2019-21-3-64-66. (In Russian.)
- Desta T T. Sustainable intensification of indigenous village chicken production system: matching the genotype with the environment // Tropical Animal Health and Production. 2021. Vol. 53. No. 3. DOI: 10.1007/s11250-021-02773-5.
- Zhuang Z. X., Cheng S. E., Chen C. F., Lin E. C., Huang S. Y. Genomic regions and pathways associated with thermotolerance in layer-type strain Taiwan indigenous chickens // Journal of Thermal Biology. 2020. Vol. 88. Article number 102486. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.102486.
- Xue Q., Li G., Cao Y., Yin J., Zhu Y., Zhang H., Zhou C., Shen H., Dou X., Su Y., Wang K., Zou J., Han W. Identification of genes involved in inbreeding depression of reproduction in Langshan chickens // Animal Bioscience. 2021. Vol. 34. No.6. Pp. 975–984. DOI: 10.5713/ajas.20.0248.
- Doekes H. P., Bijma P., Windig J. J. How depressing is inbreeding? A meta-analysis of 30 years of research on the effects of inbreeding in livestock // Genes (Basel). 2021. Vol. 12. No. 6. P. 926. DOI: 10.3390/genes12060926.
- Han W., Xue Q., Li G., Yin J., Zhang H., Zhu Y., Xing W., Cao Y., Su Y., Wang K., Zou J. Genome-wide analysis of the role of DNA methylation in inbreeding depression of reproduction in Langshan chicken // Genomics. 2020. Vol. 112. No.4. Pp. 2677–2687. DOI: 10.1016/j.ygeno.2020.02.007.
- Bosse M., Megens H. J., Derks M. F. L., de Cara Á. M. R., Groenen M. A. M. Deleterious alleles in the context of domestication, inbreeding, and selection // Evolutionary Applications. 2018. Vol. 12. No. 1. Pp. 6–17. DOI: 10.1111/eva.12691.
- Borodin A. M., Alekseev Ya. I., Gerasimov K. E., Konovalova N. V., Terent'eva E.V., Efimov D. N., Emanuylova Zh. V., Tuchemskiy L. I., Komarov A. A., Fisinin V. I. Seleksiya produktivnosti kur vliyaet na geny immunnogo sistema [Chickens productivity selection affects immune system genes] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24. No. 7. Pp. 755–760. DOI: 10.18699/VJ20.670. (In Russian.)
- Korshunova L. G., Karapetyan R. V. Molekulyarnaya genetika v seleksii sel'skokhozyaystvennoy ptitsy [Molecular Genetic Methods in Poultry Selection] // Ptitsevodstvo. 2018. No. 2. Pp. 2–5. (In Russian.)
- Rostamzadeh M. E., Esmailzadeh A., Ayatollahi M. A., Asadi F. M. A genome-wide scan to identify signatures of selection in two Iranian indigenous chicken ecotypes // Genetics Selection Evolution. 2021. Vol. 53. No. 1. P. 72. DOI: 10.1186/s12711-021-00664-9.
- Zhang C., Lin D., Wang Y., Peng D., Li H., Fei J., Chen K., Yang N., Hu X., Zhao Y., Li N. Widespread introgression in Chinese indigenous chicken breeds from commercial broiler // Evolutionary Applications. 2019. Vol. 12. No. 3. Pp. 610–621. DOI: 10.1111/eva.12742.
- Samaraweera A. M., Liyanage R., Ibrahim M. N., Okeyo A. M., Han J., Silva P. High genetic diversity but absence of population structure in local chickens of Sri Lanka inferred by microsatellite markers // Frontiers in Genetics. 2021. Article number 723706. DOI: 10.3389/fgene.2021.723706.
- Ren T., Nunome M., Suzuki T., Matsuda Y. Genetic diversity and population genetic structure of Cambodian indigenous chickens // Animal Bioscience. 2022. Vol. 35. No. 6. Pp. 826–837. DOI: 10.5713/ab.21.0351.
- Korshunova L. G., Karapetyan R. V. Ispol'zovanie geneticheskikh metodov na osnove DNK-markerov produktivnykh priznakov v seleksii kur [The use of the genetic methods based on the DNA markers of the productive traits in the selection of chicken] // Ptitsevodstvo. 2021. No. 5. Pp. 4–7. DOI: 10.33845/0033-3239-2021-70-5-4-7. (In Russian.)
- Makarova A. V. Primer ispol'zovaniya genofonda kur v selektsionnoy programme [An example of using the chicken gene pool in breeding program] // Genetics and Breeding of Animals. 2019. No 3. Pp. 24–28. DOI: 10.31043/2410-2733-2019-3-24-28. (In Russian.)
- Chen L., Wang X., Cheng D., Chen K., Fan Y., Wu G., You J., Liu S., Mao H., Ren J. Population genetic analyses of seven Chinese indigenous chicken breeds in a context of global breeds // Animal Genetics. 2019. Vol. 50. No. 1. Pp. 82–86. DOI: 10.1111/age.12732.

Author's information:

Valentina I. Tyshchenko¹, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-4964-9938, AuthorID 155224; +7 921 558-78-24, valeriter@mail.ru

¹ Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

Формирование инновационной модели аграрного сектора экономики России

Д. П. Кравченко^{1✉}, З. Ч. Пак¹, В. С. Кухарь²

¹ Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, Белгород, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: dimkra54@yandex.ru

Аннотация. Целью исследования является обоснование теоретических, методологических и практических основ формирования инновационной модели аграрного сектора отечественной экономики. Инновационное развитие как механизм стратегической модернизации отраслей АПК на современном этапе является ключевым фактором улучшения его социально-экономических показателей, а инновации формируют основу для обеспечения темпов и качества наращивания производственного потенциала страны и повышение конкурентоспособности аграрной продукции. **Методы.** Для раскрытия цели теоретико-методологической основы послужили фундаментальные исследования отечественных и зарубежных ученых в сфере инновационного развития аграрного сектора России. В частности, монографический метод применялся в процессе изучения перспективного опыта развития инновационной инфраструктуры; аналитический – для системного анализа современного состояния развития инновационной инфраструктуры аграрных предприятий; таблично-графический – для наглядного представления материалов исследования; сравнение – для сопоставления экономических явлений в пределах различных временных периодов с целью установления причинно-следственных связей. **Научная новизна.** В процессе исследования выработан методологический контекст формирования инновационной модели, основанный на принципах устойчивого развития, с учетом важности аграрного сектора как системы, в которой реализуются отношения, гарантирующие продовольственную безопасность страны. **Результаты.** Предложены стратегические приоритеты, идеологические ориентиры для реализации концепции постоянства в аграрном секторе экономики в рамках решения задачи инноватизации отрасли с последующим повышением ее конкурентоспособности. Изучение тенденций и закономерностей функционирования хозяйственных субъектов в условиях перманентных изменений внешней и внутренней среды показывает, что развитие экономических систем в течение последних лет главным образом связано с инновационной деятельностью, которая обеспечивает модернизацию, обновление, структурную перестройку и в итоге повышение экономической эффективности аграрной экономики.

Ключевые слова: аграрный сектор, инновации, инновационная модель, устойчивое развитие.

Для цитирования: Кравченко Д. П., Пак З. Ч., Кухарь В. С. Формирование инновационной модели аграрного сектора экономики России // Аграрный вестник Урала. № 10 (225). С. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-68-77.

Дата поступления статьи: 12.08.2022, **дата рецензирования:** 25.08.2022, **дата принятия:** 09.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Активизация инновационного процесса отечественного сельского хозяйства является одним из приоритетных направлений стратегического развития и экономического роста государства, а внедрение инноваций в аграрный сектор экономики повышает уровень продовольственной безопасности государства. Кроме того, разработка новых сортов растений, пород животных, подходов к оптимальному использованию ресурсного потенциала, обновление техники и технологий являются залогом конкурентоспособности сельхозтоваропроизводителей.

Аграрный сектор как особая в социально-экономическом и хозяйственном значении отрасль для достижения принципов постоянства нуждается в конструктивной организации инноваций. С учетом современного состояния экономических взаимоотношений в аграрном секторе России проблема формирования инновационной модели на принципах устойчивого развития является приоритетной и требует постоянного дополнительного теоретико-методологического осмысления с оценкой и определением организационно-экономических направлений ее решения.

Концепция инновационной модели экономики развивалась параллельно с элементами идеологии устойчивого развития, а в аграрном секторе сформировалась благодаря научному осмыслению основ деятельности организаций и систем содействия удовлетворению всевозрастающих потребностей, повышению производительности труда.

Вопросам формирования стратегии инновационного развития в разное время уделяли активное внимание как отечественные, так и зарубежные ученые-экономисты, в частности А. И. Алтухов, А. Е. Бережной, В. А. Иванов, В. П. Нечаева, И. Г. Ушачев, Дж. Гэлбрейт, П. Друкер, В. Миллер, А. Смит, Й. Шумпетер и др.

Однако уровень инновационной активности предприятий аграрно-промышленного сектора экономики свидетельствует о недостаточности воплощения в хозяйственную практику результатов научных исследований, следовательно, вопросы стратегических приоритетов развития субъектов предпринимательства на инновационной основе нуждаются в дальнейшем обосновании и совершенствовании.

Методология и методы исследования (Methods)

Теоретической и методологической основой исследования послужили положения современной экономической теории, научные труды ведущих отечественных и зарубежных ученых по вопросам инновационных трансформаций в контексте вызовов глобального устойчивого развития.

В процессе исследования использованы общенаучные и специальные научные методы: теоре-

тического обобщения, сравнительного анализа, системно-динамического моделирования, диалектический и др.

Результаты (Results)

Агропромышленный комплекс является ведущей отраслью РФ, на территорию которой приходится порядка 35 % черноземов мира, а площадь сельхозугодий составляет 930,9 тыс. га (32,1 % земельного фонда страны) [1].

Так, например, по итогам 2021 г. объем экспорта продукции АПК составил \$ 37,7 млрд. В натуральном выражении экспорт продукции АПК в 2021 г. составил 71,086 млн тонн. Наибольший объем поставок приходится на экспорт зерновых культур: в 2021 г. на данный сектор приходилось порядка \$ 11,4 млрд (43,1 млн тонн), на втором месте – экспорт масложировой продукции – \$ 7,3 млрд (7,7 млн тонн), на экспорт рыбы и морепродуктов за аналогичный период приходилось \$ 7,3 млрд (2,1 млн тонн), продукция пищевой и перерабатывающей промышленности составила \$ 5,2 млрд (9,3 млн тонн), экспорт прочей продукции АПК достиг \$ 5 млрд (8,2 млн тонн).

Поставки мясной продукции за рубеж составили \$ 1,2 млрд (532,8 тыс. тонн), молочной продукции – \$ 412,7 млн (242,6 тыс. тонн).

Россия входит в семерку мировых лидеров по производству зерновых культур и подсолнечного масла, и сельское хозяйство является наиболее стабильно функционирующим сектором экономики.

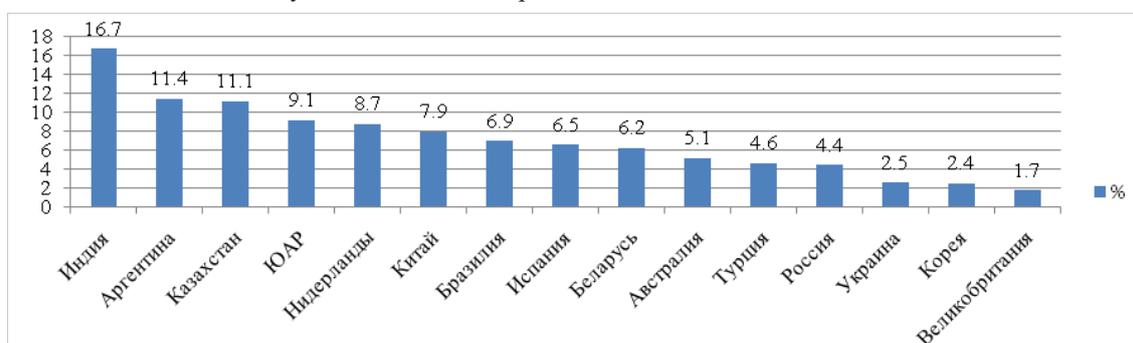


Рис. 1. Доля внутренних затрат на исследования и разработки на область сельскохозяйственных наук в различных странах (2021 г.), %.

Источник: составлено автором на основе данных [4]

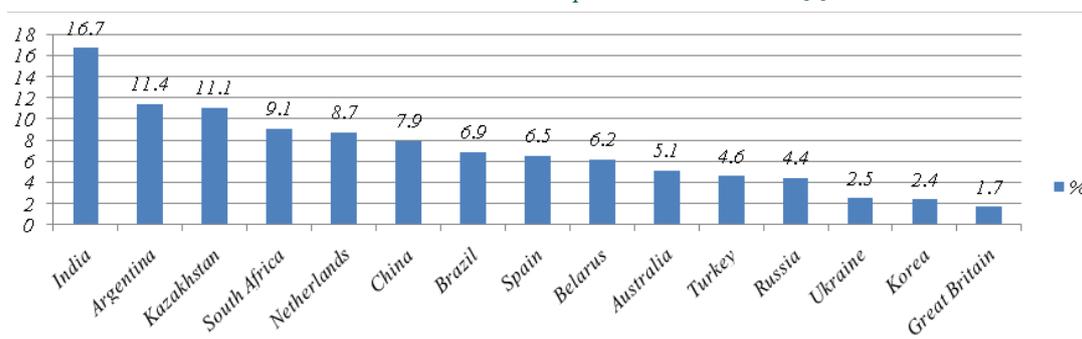


Fig. 1. Share of domestic research and development expenditures in the field of agricultural sciences in various countries (2021), %.

Source: compiled by the authors based on data from [4]

Однако Россия в отличие от развитых стран (США, Канады, стран ЕС) лишь на треть использует свой естественно-ресурсный потенциал. Об этом свидетельствует ряд факторов, среди которых отставание по показателям эффективности отечественных сельскохозяйственных производителей (низкая урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животноводства и т. п.) [2].

По данным НИУ ВШЭ, на область сельскохозяйственных наук в РФ в 2021 г. приходилось 4,4 % (в 2016 г. данный показатель составлял 1,5 %) внутренних затрат на исследования и разработки. Для сравнения: в Индии этот показатель достигает 16,7 %, Аргентине – 11,4 %, Казахстане – 11,1 %, ЮАР – 9,1 %, Нидерландах – 8,7 %, Китае – 7,9 % (рис. 1) [3].

Динамика выполнения научных и научно-технических работ в сельском хозяйстве 2015–2021 гг. имела тенденцию роста. Так, в 2021 г. всего было выполнено на 1981 работу (или на 29,5 %) больше, чем в 2015 г., ресурсосберегающих технологий зафиксировано на 357 единиц больше (или на 43,8 %), количество новых материалов увеличилось на 193 единицы (или на 79,2 %), количество новых сортов растений и пород животных увеличилась на 1632 единицы (почти в 3 раза) за аналогичный период.

То есть, учитывая увеличение результатов по ряду направлений научных и научно-технических работ на фоне общего увеличения таких результатов почти в 2 раза, можем предположить, что именно аграрный сектор, в котором рост составил почти 300 %, преимущественно обеспечил положительную динамику указанного показателя (рис. 2).

Насколько стимулируется и признается приоритетной инновационная деятельность, свидетельствуют также объем капитальных инвестиций и их динамика, когда капитальные инвестиции в сельское, лесное и рыбное хозяйства в течение 2015–2021 гг. увеличились на 112,8 млрд руб., или на 130,1 %.

Анализ объемов инвестирования и финансирования инновационной деятельности в аграрном секторе России за 2015–2021 гг. (таблица 1) свидетельствует, что общие объемы финансирования в течение исследуемого периода увеличились более чем на 200 млрд руб., или на 8,2 %.

Финансирование за счет средств бюджета сократилось только в 2016 и 2021 гг. по сравнению с предыдущими, остальные периоды характеризуются существенным ростом.

По данным таблицы, несмотря на доминирование инвестиций, бюджет остается основным источником финансирования инновационной деятельности.

Таблица 1
Показатели финансирования АПК (2015–2021 гг.)

Показатели	Годы							Отклонение 2021 к 2015	
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	(+; -)	%
	Объем инвестиций в АПК, млрд руб.	374,4	387,4	400,5	431,7	469,7	466,5	487,2	+112,8
Собственные средства, %	61	58	60	57	62	61	62	+1	101,6
Инвестиции в НИОКР АПК млрд руб.	2,4	2,5	2,3	2,7	3,3	3,7	3,5	+1,1	145,8
Объем финансирования АПК из средств бюджета, млрд руб.	236,8	224,5	194,1	222,3	318,2	319,5	256,2	19,4	108,2
Финансирование внутренних расходов на выполнение научных и научно-технических работ в АПК из средств бюджета, млрд руб.	21,3	22,8	24,2	25,6	25,9	26,3	25,1	+3,8	117,8
Собственные средства, %	3,6	4,2	4,4	4,7	5,0	5,1	4,9	4,3	119,4

Источник: составлено авторами на основе данных [4].

Table 1
Indicators of agricultural sector financing in (2015–2021)

Indicators	Years							Deviation 2021 to 2015	
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	(+; -)	%
	The volume of investments in agriculture, billion rubles	374.4	387.4	400.5	431.7	469.7	466.5	487.2	+112.8
Own funds, %	61	58	60	57	62	61	62	+1	101.6
Investments in agricultural R & D billion rubles	2.4	2.5	2.3	2.7	3.3	3.7	3.5	+1.1	145.8
The amount of financing of the agro-industrial complex from the budget, billion rubles	236.8	224.5	194.1	222.3	318.2	319.5	256.2	19.4	108.2
Financing of internal expenses for the implementation of scientific and technical works in the agro-industrial complex from the budget, billion rubles	21.3	22.8	24.2	25.6	25.9	26.3	25.1	+3.8	117.8
Own funds, %	3.6	4.2	4.4	4.7	5.0	5.1	4.9	4.3	119.4

Source: compiled by the authors based on data from [4].

Однако наряду с прямыми экономическими программами поддержки НИОКР, среди которых государственное стимулирование (инструменты финансово-бюджетной политики, административные методы, включающие государственные программы, проведение внешнеторговой политики, направленной на повышение эффективности государственного регулирования сельхозтоваропроизводителей), существуют и косвенные (ценовая и налоговая, финансово-кредитная политика и др.).

В зарубежной практике сельское хозяйство относится к приоритетным отраслям экономики, и исходя из этого государство в том или ином виде субсидирует сельскохозяйственное производство [5]. Среди наиболее эффективных государственных методов поддержки инновационной деятельности в других странах можно выделить следующие:

- государственные программы финансовой и технической поддержки инновационных предприятий малого и среднего бизнеса, выполняющих НИОКР в рамках тематики правительственных организаций (США, Япония, Великобритания, Индия, Китай);

- создание фондов внедрения инноваций с учетом возможного коммерческого риска (Англия, Германия, Франция, Швейцария, Нидерланды);

- прямое финансирование (субсидии, займы), достигающее 50 % затрат на создание новой продукции и технологий (Франция, США и др.);

- целевые дотации на научно-исследовательские разработки (практически во всех развитых странах);

- предоставление займов, в том числе без выплаты процентов (Швеция), безвозмездные займы на покрытие 50 % расходов на внедрение нововведений (Германия);

- снижение государственных пошлин для индивидуальных изобретателей и представление им налоговых льгот (Австрия, Германия, США, Япония и др.), а также создание специальной инфраструктуры для их поддержки и экономического страхования (Япония);

- отсрочка уплаты пошлин или освобождение от них, если изобретение касается экономии энергии (Австрия);

- бесплатные услуги патентных поверенных по заявкам индивидуальных изобретателей, освобождение от уплаты пошлин (Нидерланды, Германия, Япония, Индия);

- облегчение налогообложения для предприятий, действующих в инновационной сфере, в том числе включение по налогообложению расходов на НИОКР, льготное налогообложение университетов и НИИ (США, Великобритания, Индия, Китай, Япония);

- законодательное обеспечение защиты интеллектуальной собственности и авторских прав (во всех развитых странах и развивающихся странах);

- создание мощных государственных организаций (корпораций, агентств) обеспечивающих всестороннюю научно-техническую, финансовую и производственную поддержку инновационных представителей малого и среднего бизнеса (МСП) (США, Япония, Индия, Китай), сети научных пар-

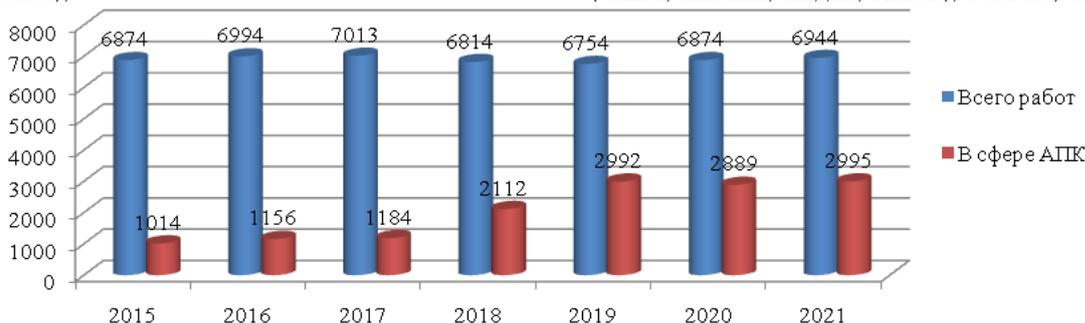


Рис. 2. Динамика количества выполненных научных и научно-технических работ в сельском хозяйстве РФ (2015–2021 гг.).

Источник: составлено авторами на основе данных [4]

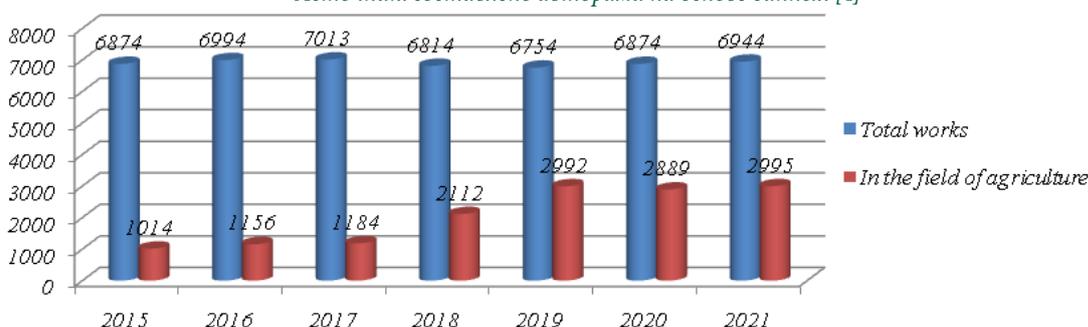


Fig. 2. Dynamics of the number of scientific and technical works performed in agriculture of the Russian Federation (2015–2021).

Source: compiled by the authors based on data from [4]

ков, бизнес-инкубаторов и зон технологического развития (во всех развитых и развивающихся странах);

- информационно-поисковые специализированные сайты в сфере прогрессивных технологий и инновационных разработок, позволяющие заинтересованным предприятиям быстро найти необходимые технические решения и возможных партнеров.

В России на протяжении последних лет также активно продвигаются программы стимулирования инновационной активности в аграрном секторе. Например, программы ВЭБ, ряда министерств, среди которых: экономического развития, сельского хозяйства, цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, а также Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере используют разнообразные финансовые инструменты и направления, важнейшие из которых стимулируют инновационное развитие сельского хозяйства и пищевой промышленности:

- научно-исследовательская и инновационная деятельность, в том числе международные проекты в сфере научных исследований и инноваций;

- координационная деятельность и помощь: проекты в сфере формирования инновационных сетей;

- инструмент развития малого и среднего бизнеса: инновационные проекты, организованные МСП с одним участником;

- быстрый путь к инновациям: пилотные проекты.

Для внедрения инноваций предприятия и фермерские хозяйства могут воспользоваться финансовой поддержкой объемами от 250,0 тыс. руб. до 150,0 млн руб. [6]

Формирование инновационной модели – своего рода классический способ для государства, организации, отрасли в целом достичь прогресса в социально-экономическом развитии, организации эффективного потенциала энергетической независимости за счет использования возобновляемых источников энергии [7]. Обладая достаточно конкурентоспособным ресурсным потенциалом аграрного сектора, Россия ежегодно ставит мировые рекорды в производстве отдельных видов сельскохозяйственной продукции с доминированием в сырьевых секторах (зерновые, семена подсолнечника, рапс). Соответственно, устанавливая рекорды по производству сырья, отечественный аграрный сектор удаляется от принципов устойчивого развития, когда без должного внимания остаются не менее значимые направления, среди которых:

- «зеленая» энергетика, особенно на локальном уровне обеспечения ею сельских домохозяйств;

- вторичная переработка неиспользованного продовольствия и сельскохозяйственной продукции;

- органическое сельское хозяйство;
- системное развитие животноводства;
- усиление роли и инновационное развитие семейного фермерства;

- совершенствование системы подготовки кадров аграрных специальностей.

Учитывая приведенные проблемные аргументы функциональной оценки характера отношений в системе построения инновационной модели и ее отношение к внедрению основ устойчивого развития аграрного сектора экономики России, необходимо обратить внимание на актуальные мировые тенденции, которые ученые характеризуют следующим образом: «... стратегия экономического развития, ориентированная на экспорт, себя исчерпала. Страны достигнут лучших результатов, если в своих стратегиях экономического роста будут ориентироваться на более важную роль повышения спроса на внутреннем рынке, повышение заработной платы, укрепление государственного сектора и, в дополнение, - на удовлетворение спроса за счет развития внутреннего производства в тех видах деятельности, которые относятся к перерабатывающей промышленности, что особенно важно» [8].

Инновационная модель в формировании – внедрении стратегических приоритетов государственной политики на всех этапах имплементации управленческих решений – должна стать своего рода конструктивной базой для разработки инструментария перехода отрасли к устойчивому развитию.

Среди стратегических приоритетов или идеологических ориентиров выделим следующие:

- формирование и утверждение национальной идеи агропромышленного производства как базовой отрасли для достижения национального благосостояния;

- определение приоритетов государственной аграрной политики с учетом идеи специализации агропродовольственного комплекса, в соответствии с его природно-экономическим и ресурсным потенциалом для формирования отрасли как общенационального бренда;

- безусловная поддержка отечественной аграрной науки и образования вопреки мировым тенденциям их глобализации;

- поддержка аграрных предпринимателей, которые способствуют внедрению инноваций в развитие сельских территорий и производят продукцию возобновляемого, экологически направленного типа;

- стимулирование инноваций в перерабатывающую отрасль и развитие инфраструктуры;

- выработка стратегии перехода от поставки на внешние рынки аграрного сырья до продукции с высокой добавленной стоимостью;

- постепенное преобразование России, ее аграрного сектора на общегосударственном и региональ-

ном уровне в мировой центр развития устойчивого агрохозяйства с развитым экоземлепроизводством, биоэнергетикой и т. п.;

– введение аграрной отрасли в систему приоритетов ее развития как безусловного гаранта продовольственной безопасности в экономической, социальной, экологической, инновационной сферах человеческой жизнедеятельности.

В настоящее время в разработке предложений и обосновании направлений развития агропромышленного производства в формате инновационной модели ученые обращают внимание на совершенствование условий инноваций, с чем можно согласиться, поскольку от уровня благосостояния социально-экономической среды зависит эффективность инновационной деятельности [9].

Внедрение инноваций в данном случае означает формирование устойчивого, логически упорядоченного рыночного механизма вхождения научных разработок в производственный процесс аграрного комплекса. Другими словами, это создание организационно-упорядоченной системы с участием научных и учебных учреждений, государства, производственных структур, которые бы обеспечивали условия, возможности трансфера инноваций в производство. Полагаем, что в сложившихся условиях России лишь формирование инновационной модели аграрного сектора позволит превратить ее в отрасль от производства товаров с высокой добавленной стоимостью к движущей силе экономического роста.



Рис. 3. Приоритеты устойчивого развития и инновационной модели аграрного сектора экономики.
Источник: составлено авторами

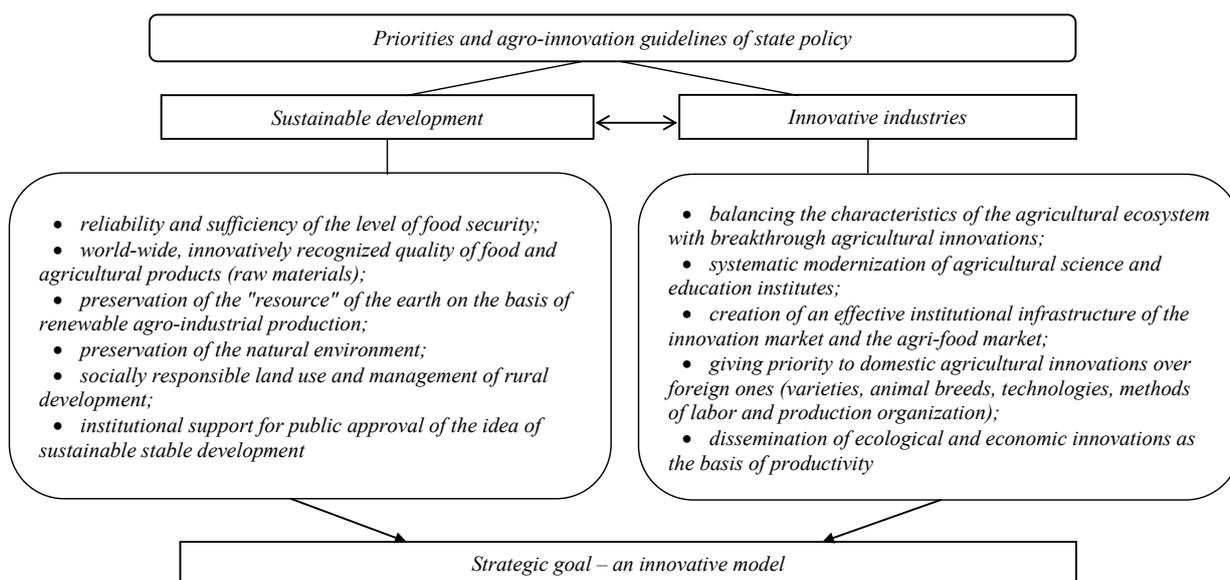


Fig. 3. Priorities of sustainable development and innovative model of the agricultural sector of the economy.
Source: compiled by the authors

Для этого нужна эффективная инновационная политика прорывного, креативного направления.

Национальным приоритетом, который будет закреплять за Россией статус высокоинновационного агропромышленного лидера в мире, в отличие от «сырьевого» статуса, необходим путь построения сбалансированного организационно-экономического, экологического и социального развития отрасли на основе активного процесса разработки – внедрения в производство, образование и науку отечественных агроинноваций. Это комплексный идеологический приоритет, который мы считаем основой концепции устойчивого развития в формировании инновационной модели, но с обязательно безусловным учетом приоритетов научно обоснованной специализации регионов. Данная идеология определена нами исходя из результатов аналитических оценок развития аграрного сектора и производства.

Относительно основ и преимуществ формирования инновационной модели аграрного сектора необходимо определиться с разработкой аграрной политики на государственном уровне в приоритетах устойчивого развития.

Считаем, что это, по сути, должны быть общественные послы даже с краткосрочными стимулами принудительного характера, не удовлетворяющие в определенной степени «интересы» крупного аграрного капитала, которому нет необходимости развивать данную модель (инновационную) с высокоинтеллектуальным обществом, высококонкурентным прозрачным, а значит, монополизированным рынком, развитым местным самоуправлением по причине увеличения рисков для бизнеса (рис. 3).

Институционально приемлемым считаем тот факт, что инновационная модель сектора АПК – механизм обеспечения устойчивого развития, продвижение которого в практическую систему взаимоотношений между участниками аграрного рынка продиктован государственной политикой [10].

В заданном контексте системного видения проблемы должна быть внедрена функциональная основа или схема принципов постоянства с учетом того, что сельское хозяйство является средой жизни и хозяйствования одновременно. Первоосновой для определения концепции необходимо четко определить контуры, или «точки соприкосновения» (см. рис. 3), на которые следует ориентироваться в разработке инновационной политики.

В данном случае комплексной проблемой, удостоверяющей главные приоритеты построения инновационной модели, является:

- натуральный, конъюнктурный, деинновационный, сырьевой характер производительности труда, эффективности производства;
- системное ухудшение функциональности и результативности развития структуры научно-образовательного обеспечения отрасли;

- «потребительский» характер по приоритетам использования ресурсов, предпринимательской деятельности;

- низкий уровень эффективности внедрения инноваций в аграрный сектор экономики и значительное их несоответствие принципам устойчивого возобновляемого развития.

Определение заданных «точек соприкосновения» отражено с учетом проблем, которые существуют последнее время в функционировании отечественного агропромышленного производства и подтверждены эмпирическими оценками положения дел в различных формациях эффективности (социальной, экономической, экологической, институциональной, инновационной) [11].

Реальность построения инновационной модели в заданных нами институциональных ориентирах является вопросом, без решения которого поступательное развитие отрасли невозможно, пока интенсивно не будет задействован приоритет системных, прорывных инноваций не только в экспортном сегменте производства сырья.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Основные приоритеты модели развития аграрного сектора производства:

- необходимость «преодоления существующего разрыва в конкурентоспособности за счет соответствующего инвестирования и изменения в системе подготовки кадров» [12];

- параллельно следует разработать и внедрить в практику регуляторную политику в сфере инновационного развития, целью которой должны выступить:

- снижение уровня технологической зависимости и курс на модернизацию агропромышленной отрасли во всех ее сегментах, включая научно-образовательное обеспечение;

- формирование устойчивых предпосылок системной инновационной активности субъектов хозяйствования в аграрной производственной системе, а также организация их взаимодействия со всеми участниками рынка инноваций;

- построение модели взаимодействия таким образом, чтобы она соответствовала потребностям и тенденциям развития агропромышленного предпринимательства.

В указанном контексте институциональная политика государства и уполномоченных им органов должны создавать устойчивые предпосылки для эффективной предпринимательской деятельности, что обеспечит движение к инновационной модели [13].

Функциональным ключом к построению инновационной модели агропромышленного производства мега- и мезо-уровня является институциональное содействие роста инновационной активности предприятий: от производства сырья, к предприятиям, осуществляющим его глубокую переработку [14].

Таким образом, для достижения видимых успехов в упомянутом процессе необходимо на начальном этапе ликвидировать дисбаланс в уровнях инновационности, когда крупные, финансово прочные предприятия имеют безграничный доступ к передовым технологиям, а мелкие, малые и даже средние не имеют финансовой возможности приобретать новейшие средства производства. Данный дисбаланс необходимо устранять на государственном уровне, и здесь не обязательно должны быть задействованы рычаги финансового характера: решающее значение приобретает институциональная поддержка – формирование благоприятных институциональных условий развития рынка инноваций. Благодаря усилению инновационной направленности предприятий в развитии агропромышленного производства можно будет решить ряд проблем [15].

Однако для реализации потенциала за счет внедрения перспективных инновационных проектов необходимо институционально:

1) усовершенствовать механизм государственной поддержки производителей, которые внедряют инновации, делая акцент на целевом их финансировании;

2) организовать эффективную общественную деятельность с обеспечением беспрепятственного доступа к информационным и финансовым ресурсам;

3) стимулировать развитие сельскохозяйственной кооперации как производственной, так и обслуживающей;

4) сформировать систему обеспечения ресурсного наполнения системы микрокредитования аграрного производства;

5) наладить систему инновационного обеспечения развития мелких производителей, в частности семейных ферм.

Следовательно, инновационная модель развития аграрного сектора должна учитывать инновационный, производственный, ресурсный потенциал обязательным их сочетанием в формате согласования с инновационной политикой государства и перспективами конкурентоспособности. Одновременно обращаем внимание на то, что инновационная модель не должна позиционироваться как система, ограниченная региональными контурами, исходя из того, что экономическая деятельность выходит далеко за пределы государства.

Библиографический список

1. Акупиян О. С., Демешева И. А., Кравченко Д. П., Молчанова Л. А. [и др.] Инновационное развитие предприятий агропромышленного сектора: коллективная монография. Белгород: Изд-во Белгородского ГАУ им. В. Я. Горина, 2021. 260 с.
2. Молчанова Л. А., Бендерук Т. Г. Факторы роста инвестиционной привлекательности регионов в контексте устойчивого развития экономики государства // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 11 (58). С. 1452–1456.
3. Ушачев И. Г. Государственная поддержка сельского хозяйства в России: проблемы, пути их решения // АПК: экономика, управление. 2018. № 3. С. 4–12.
4. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 25.07.2022).
5. Тетюркина Е. В., Демешева И. А. Совершенствование механизма реализации инвестиционной политики государства в аграрном секторе [Электронный ресурс] // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 4. URL: https://www.e-rej.ru/Articles/2018/Tetyurkina_Demesheva.pdf (дата обращения: 21.07.2022).
6. Демешева И. А., Тетюркина Е. В., Молчанова Л. А. Конкурентоспособность в основе развития сельских территорий // АПК: экономика, управление. 2021. № 11. С. 95–101.
7. Джавадова С. А., Молчанова Л. А. Инновационные технологии в основе устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса // Журнал прикладных исследований. 2021. № 2. С. 46–54.
8. Акупиян О. С., Пак З. Ч., Кравченко Д. П., Китаев Ю. А., Човган Н. И. [и др.] Специфика аграрного производства в крестьянских (фермерских) хозяйствах в условиях инновационного развития: коллективная монография. Белгород: Изд-во Белгородского ГАУ им. В. Я. Горина, 2018. 146 с.
9. Korppoo A., Tynkkynen N., Tarusina I. Conceptualizing “Green economy” in Russian academic debate // Eurasian geography and economics. 2022. DOI: 10.1080/15387216.2022.2081928.
10. Ечин Н. М. Особенности управления социальным развитием трудовых коллективов предприятий // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 10 (57). С. 882–884.
11. Молчанова Л. А., Малых М. С. Совершенствование методических основ аналитической поддержки инновационного развития предприятий аграрной сферы // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 9-6 (56). С. 68–71.
12. Черных А. И., Гончаренко О. В. Особенности и инструменты финансирования инвестиционных процессов в аграрном производстве [Электронный ресурс] // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 4. URL: https://www.e-rej.ru/Articles/2018/Chernykh_Goncharenko.pdf (дата обращения: 30.07.2022).
13. Човган Н. И., Пак З. Ч. Роль маркетинговых инструментов в инновационном развитии аграрных предприятий // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 2 (34). С. 226–234.

14. Пак З. Ч., Човган Н. И. Современные инновационные технологии в развитии отечественного сектора растениеводства // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 4 (32). С. 236–243.

15. Човган Н. И., Акупиан О. С. Формирование системы инновационно-ориентированного развития организаций отечественного аграрного сектора // АПК: экономика, управление. 2021. № 11. С. 3–9.

Об авторах:

Дмитрий Павлович Кравченко¹, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики факультета экономики, ORCID 0000-0002-1369-5927, AuthorID 765630; +7 910 364-47-77, dimkra54@yandex.ru

Зинаида Чейевна Пак¹, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики факультета экономики, ORCID 0000-0002-7763-3610, AuthorID 403244

Виктор Станиславович Кухарь¹, кандидат экономических наук, ORCID 0000-0003-1499-2787, AuthorID 884789

¹ Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, Белгород, Россия

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Formation of an innovative model in the Russian agriculture sector

D. P. Kravchenko¹✉, Z. Ch. Pak¹, V. S. Kukhar²

¹ Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Belgorod, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: dimkra54@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is to substantiate the theoretical, methodological and practical foundations for the formation of an innovative model of the agricultural sector of the domestic economy. Innovative development as a mechanism for strategic modernization of agricultural industries at the present stage is a key factor in improving its socio-economic indicators, and innovations form the basis for ensuring the pace and quality of increasing the country's production potential and increasing the competitiveness of agricultural products. **Research methods.** To reveal the purpose, the theoretical and methodological basis was the fundamental research of domestic and foreign scientists in the field of innovative development of the agricultural sector of Russia. In particular, the monographic method was used in the process of studying promising experience in the development of innovative infrastructure; analytical – for a systematic analysis of the current state of development of innovative infrastructure of agricultural enterprises; tabular-graphic – for visual presentation of research materials; comparison – to compare economic phenomena within different time periods in order to establish causal relationships. **Scientific novelty.** In the course of the research, a methodological context for the formation of an innovative model based on the principles of sustainable development was developed, taking into account the importance of the agricultural sector as a system in which relations guaranteeing the country's food security are implemented. **Results.** Strategic priorities and ideological guidelines are proposed for the implementation of the concept of permanence in the agricultural sector of the economy as part of solving the problem of innovatization of the industry with subsequent increase in its competitiveness. The study of trends and patterns of functioning of economic entities in the conditions of permanent changes in the external and internal environment shows that the development of economic systems in recent years is mainly associated with innovative activities that provide modernization, renewal, structural restructuring and, as a result, increasing the economic efficiency of the agrarian economy.

Keywords: agricultural sector, innovation, innovation model, sustainable development.

For citation: Kravchenko D. P., Pak Z. Ch., Kukhar V. S. Formirovanie innovatsionnoy modeli agrarnogo sektora ekonomiki Rossii [Formation of an innovative model in the Russian agriculture sector] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-68-77. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.08.2022, **date of review:** 25.08.2022, **date of acceptance:** 09.09.2022.

References

1. Akupiyani O. S., Demesheva I. A., Kravchenko D. P., Molchanova L. A. et al. Innovatsionnoe razvitiye predpriyatiy agropromyshlennogo sektora: kollektivnaya monografiya [Innovative development of agro-industrial en-

terprises: the collective monograph]. Belgorod: Izd-vo Belgorodskiy GAU im. V. Ya. Gorina, 2021. 260 p. (In Russian.)

2. Molchanova L. A., Benderuk T. G. Faktory rosta investitsionnoy privlekatel'nosti regionov v kontekste ustoychivogo razvitiya ekonomiki gosudarstva [Factors of growth of investment attractiveness of regions in the context of sustainable development of the state economy] // Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. 2017. No. 11 (58). Pp. 1452–1456. (In Russian.)

3. Ushachev I. G., Maslova V. V., Chekalin V. S. Gosudarstvennaya podderzhka sel'skogo khozyaystva v Rossii: problemy, puti ikh resheniya [State support of agriculture in Russia: problems, ways to solve them] // AIC: economics, management. 2018. No. 3. Pp. 4–12. (In Russian.)

4. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossiyskoy Federatsii: ofitsial'nyy sayt [Federal State Statistics Service of the Russian Federation: official site] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (date of reference: 25.09.2022). (In Russian.)

5. Tetyurkina E. V., Demesheva I. A. Sovershenstvovanie mekhanizma realizatsii investitsionnoy politiki gosudarstva v agrarnom sektore [Improving the mechanism for implementing the state's investment policy in the agricultural sector] [e-resource] // Russian economic online journal. 2018. No. 4. URL: https://www.e-rej.ru/Articles/2018/Tetyurkina_Demesheva.pdf (date of reference: 21.09.2022). (In Russian.)

6. Demesheva I. A., Tetyurkina E. V., Molchanova L. A. Konkurentosposobnost' v osnove razvitiya sel'skikh territoriy [Competitiveness at the heart of rural development] // AIC: economics, management. 2021. No. 11. Pp. 95–101. (In Russian.)

7. Dzhavadova S. A., Molchanova L. A. Innovatsionnye tekhnologii v osnove ustoychivogo razvitiya otechestvennogo agropromyshlennogo kompleksa [Innovative technologies at the heart of the sustainable development of the domestic agro-industrial complex] // Journal of Applied Research. 2021. No. 2. Pp. 46–54. (In Russian.)

8. Akupiyani O. S., Pak Z. Ch., Kravchenko D. P., Kitaev Yu. A., Chovgan N. I. et al. Spetsifika agrarnogo proizvodstva v krest'yanskikh (fermerskikh) khozyaystvakh v usloviyakh innovatsionnogo razvitiya: kollektivnaya monografiya [The specifics of agricultural production in peasant (farm) farms in the context of innovative development: a collective monograph]. Belgorod: Izd-vo Belgorodskiy GAU im. V. Ya. Gorina, 2018. 146 p. (In Russian.)

9. Korppoo A., Tynkkynen N., Tarusina I. Conceptualizing “Green economy” in Russian academic debate // Eurasian geography and economics. 2022. DOI: 10.1080/15387216.2022.2081928.

10. Echin N. M. Osobennosti upravleniya sotsial'nym razvitiem trudovykh kollektivov predpriyatiy [Features of management of social development of labor collectives of enterprises] // Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. 2017. No. 10 (57). Pp. 882–884. (In Russian.)

11. Molchanova L. A., Malykh M. S. Sovershenstvovanie metodicheskikh osnov analiticheskoy podderzhki innovatsionnogo razvitiya predpriyatiy agrarnoy sfery [Improving the methodological foundations of analytical support for innovative development of agricultural enterprises] // Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. 2017. No. 9-6 (56). Pp. 68–71. (In Russian.)

12. Chernykh A. I., Goncharenko O. V. Osobennosti i instrumenty finansirovaniya investitsionnykh protsessov v agrarnom proizvodstve [Features and instruments of financing investment processes in agricultural production] [e-resource] // Russian economic online journal. 2018. URL: https://www.e-rej.ru/Articles/2018/Chernykh_Goncharenko.pdf (date of references: 30.09.2022). (In Russian.)

13. Chovgan N. I., Pak Z. Ch. Rol' marketingovykh instrumentov v innovatsionnom razvitii agrarnykh predpriyatiy [The role of marketing tools in the innovative development of agricultural enterprises] // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2022. No. 2 (34). Pp. 226–234. (In Russian.)

14. Pak Z. Ch., Chovgan N. I., Sovremennye innovatsionnye tekhnologii v razvitii otechestvennogo sektora rasnievodstva [Modern innovative technologies in the development of the domestic crop sector] // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2021. No. 4 (32). Pp. 236–243. (In Russian.)

15. Chovgan N. I., Akupiyani O. S. Formirovanie sistemy innovatsionno-orientirovannogo razvitiya organizatsiy otechestvennogo agrarnogo sektora [Formation of a system of innovation-oriented development of organizations of the domestic agricultural sector] // AIC: economics, management. 2021. No. 11. Pp. 3–9. (In Russian.)

Authors' information:

Dmitriy P. Kravchenko¹, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics at faculty of economics, ORCID 0000-0002-1369-5927, AuthorID 765630; +7 910 364-47-77, dimkra54@yandex.ru

Zinaida Ch. Pak¹, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of economics at faculty of economics, ORCID 0000-0002-7763-3610, AuthorID 403244

Viktor S. Kukhar², candidate of economic sciences, ORCID 0000-0003-1499-2787, AuthorID 884789

¹ Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Belgorod, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Оценка резильентности сельского территориального пространства

Л. Е. Красильникова¹✉, О.А. Рущицкая², Д. А. Баландин³, С. С. Федосеева³

¹Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³Пермский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук,
Пермь, Россия

✉ E-mail: krasilnikova@pgsha.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию резильентности территориального пространства сельских территорий в современных условиях. **Гипотеза** заключается в предположении о том, что предпосылками резильентности сельских территорий в условиях современной экономической неопределенности выступают имеющийся ресурсный потенциал, отраслевая специфика, а также традиционный уклад региональной аграрной экономики. **Цель** – исследовать феномен резильентности применительно к сельским территориям. **Задачи:** рассмотреть современные тенденции развития сельских территорий на региональном уровне; разработать методику и оценить резильентность сельских территорий. **Методы:** научный анализ и синтез, аналитическая интерпретация официальных статистических данных и горизонтальный анализ, агрегирование факторов, аддитивный анализ. **Научная новизна** заключается в том, что на основании обобщения теоретических положений и развития методического инструментария предложен авторский подход к оценке оперативной резильентности сельских территорий по социальному, экономическому и экологическому направлениям. **Результаты.** Рассмотрен междисциплинарный характер резильентности, проведен обзор научных работ ученых, специализирующихся в областях пространственного развития региональной экономики, устойчивого развития сельских территорий, государственного и муниципального управления, агропромышленной деятельности, рассмотрены основные тенденции развития сельских территорий в условиях трансформации общественных отношений Российской Федерации. Сформулирован вывод о том, что анализ трансформационных процессов необходим не только для восстановления утраченных позиций сельских территорий регионального пространства, но и для выработки и реализации оперативных мер резильентности с учетом постоянно возникающих рисков, угроз и шоков. Результаты исследования, осуществленные на статистических показателях Пермского края, показали возрастающее значение социальной инфраструктуры и ее влияния на устойчивость аграрной экономики региона. **Научным вкладом** является апробация авторской методики оценки оперативной резильентности сельских территорий в период нестабильности цен на углеводороды и топливо, колебаний курса национальной валюты и ужесточения санкций, пандемии коронавирусной инфекции и ее последствий. Направления будущих исследований – определение траекторий резильентности территориального пространства страны в разрезе федеральных округов и субъектов России.

Ключевые слова: резильентность, сельские территории, регион, пространственное развитие, направления развития, аграрная экономика, экономическая неопределенность, оценка оперативной резильентности.

Для цитирования: Красильникова Л. Е., Рущицкая О. А., Баландин Д. А., Федосеева С. С. Оценка резильентности сельского территориального пространства // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 78–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-78-90.

Дата поступления статьи: 08.08.2022, **дата рецензирования:** 25.08.2022, **дата принятия:** 09.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Современный этап развития Российской Федерации, характеризующийся новыми факторами неопределенности и нестабильности, предопределяет

необходимость творческого переосмысления, уже было устоявшихся концептуальных воззрений, лежащих в основе управленческих механизмов пространственного развития. По итогам

дискурса, результаты которого представлены в достаточно широком спектре экономической литературы, констатируется явная недостаточность и определенная «размытость» дефиниций «адаптивность», «робастность», «устойчивое развитие» для теоретико-методологического обоснования обновленной парадигмы пространственного развития на региональном уровне, основывающейся не только на риск-ориентированном менеджменте, но и на реализации саморегулирующихся защитных механизмов и активизации собственных ресурсов.

Сельские территории как сложные социально-экономические системы, являясь составным сегментом регионального пространства, в свою очередь, становятся объектом научных исследований не только в ракурсе выявления адаптационных возможностей и позиций устойчивости, но и способностей к структурному обновлению, восстановлению стабильного состояния в процессах преодоления негативных воздействий внешних угроз и шоков.

В настоящее время в теоретических работах все большее распространение получает термин «резильентность» [1, с. 55], который применительно к сельским территориям можно трактовать как их способность преодолевать внешние изменения и последствия трансформации общественного устройства Российской Федерации в социальных, экономических и экологических составляющих пространственного развития посредством реализации имеющихся ресурсов и потенциалов. Отметим междисциплинарный характер данной дефиниции. Он проявляется в ее последовательном распространении от жизнеспособности локальных популяций биологических организмов или поведенческой реакции индивидуума в условиях стресса [2, с. 3] либо способности твердых тел к восстановлению изначальной формы под внешним воздействием к достаточно органичному применению в реализации концептуальных принципов устойчивого развития [3, с. 131], в социоэкологических подходах, теориях менеджмента, государственного муниципального управления и региональной экономики.

В последнее десятилетие феномен резильентности не только стал актуальным предметом теоретических исследований в области изучения современных тенденций развития социальных и экономико-экологических систем [4, с. 137], но и получил активное применение в международных [5, с. 78] и российских концептуальных документах [6, с. 662], в том числе в качестве более широкой и многоаспектной альтернативы концептов «устойчивое развитие» и «инклюзивный рост» [7, с. 365]. Так, Н. В. Смородинская и Д. Д. Катукоев отмечают становление концепции экономической резильентности, основывающейся на принципе

динамической стабилизации экосистем в процессах трансформационного усложнения их организационной структуры в условиях неопределенности за счет оперативной перегруппировки структурных элементов и системных ресурсов [8, с. 105].

В научной литературе представлены подходы по оценке сопротивляемости регионального пространства к рецессии в результате воздействия шоков различной природы и потенциалов восстановления динамики ключевых индикаторов экономического развития [9, с. 31]. Предлагаются модели резильентности социально-экономических систем, основанные на анализе уязвимости, адаптивности и аккумуляции внутрисистемного взаимодействия в шоковых условиях [10, с. 21]. Подобное внутрисистемное взаимодействие в достижении резильентности территорий в отечественной науке в достаточной мере традиционно рассматривается по социальным, экономическим и экологическим подсистемам [11, с. 70; 12, с. 2982].

Академик РАН А. Н. Семин, актуализируя проблематику инновационного развития отечественных агропродовольственных рынков в современных условиях [13, с. 4], отмечает дефицит отечественных научных работ в данной сфере экономических исследований и активное развитие концептуальных подходов резильентности сельских территорий зарубежными авторами [14, с. 30]. В качестве подтверждения данного тезиса мы можем выделить работы таких экономистов, как К. Ламин, Д. Магда и М.-Дж. Амиот, рассматривающих совокупность социальных, экономических и экологических перспектив сельских территорий [15, с. 3], Ф. Мантино и Ф. Ванни [16, с. 2], исследующих роль агропромышленных территориально-экономических систем, а также иных авторов, придерживающихся принципов инклюзивного пространственного развития сельской местности [17, с. 90; 18, с. 84].

Помимо составляющих резильентности, в научных источниках рассматриваются так называемые «коридоры возможностей», формируемые локальными комбинациями природно-климатических, демографических, социально-экономических, инфраструктурных, экологических и иных факторов территориального пространства и способностью институтов регионального управления и бизнеса реализовывать имеющиеся ресурсы и потенциалы [19, с. 198]. В свою очередь, реализуемость «коридоров возможностей», адаптивность институтов управления, комбинация ресурсов и потенциалов предопределяют региональную и внутрирегиональную дифференциацию и диспропорции пространственного развития сельских территорий [20, с. 529]. Значительную долю работ составляют труды авторов, посвященные методическому инструментарию оценки развития и про-

гнозирования возможных траекторий сельских территорий, а также корректировке приоритетных параметров [21, с. 62].

Проведенный обзор научных источников по данной проблематике позволяет сделать вывод о том, что, как правило, резильентность экосистемы рассматривается с позиции оперативной способности к восстановлению экономического роста в условиях преодоления шоков и неопределенности.

Авторы настоящей статьи, исходя из актуальности обозначенной проблематики, поставили перед собой задачи исследовать феномен «резильентность» применительно к сельским территориям, рассмотреть их современные тенденции развития на региональном уровне и оценить способность к восстановлению в условиях экономической неопределенности.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалами для работы послужили опубликованные результаты исследований современных российских и зарубежных авторов, специализирующихся в областях пространственного развития региональной экономики, устойчивого развития сельских территорий, государственного и муниципального управления, агропромышленной деятельности. Методологическую основу настоящего исследования формирует пространственно-территориальный подход, позволяющий рассматривать региональные различия сельских территорий и оценивать их с позиции резильентности. В качестве методов исследования использовались научный анализ и синтез, аналитическая интерпретация официальных статистических данных и горизонтальный анализ, агрегирование факторов, аддитивный анализ. Оценка оперативной резильентности сельских территорий на примере Пермского края осуществлена в соответствии с методикой оценки резильентности сельских территорий по социальному, экономическому и экологическому направлениям.

Результаты (Results)

По нашему мнению, применительно к сельским территориям Российской Федерации было бы объективнее исследовать их резильентность с момента начала трансформации общественных отношений в 1991 г., ибо реформирование национальной экономики в 1990–2000 гг. привело к беспрецедентному падению аграрной экономики, к значительному отставанию села от городских поселений по экономическому развитию, качеству жизни и инфраструктурному обустройству. Нарастающий неэквивалентный обмен между промышленностью и сельским хозяйством привел к убыточности агропромышленного комплекса и снизил его инновационную привлекательность. Износ основных фондов сельскохозяйственных предприятий достиг критического уровня. В сельских

территориях страны наблюдается более высокий уровень безработицы, чем в среднем по стране. Доходы аграрного населения значительно ниже, чем у городских жителей.

Заметим, что мероприятия национальных целевых программ, стратегий развития агропромышленного комплекса и устойчивого развития сельских территорий двух последних десятилетий позволили в значительной степени добиться определенных социально-экономических эффектов. В то же время последствия кризисов, присоединения России к ВТО, волатильности национальной валюты, санкций и продовольственного эмбарго, колебаний цен на углеводороды повышают высокую неопределенность современной аграрной экономики.

Безусловно, способность сельских территорий Российской Федерации к резильентности (восстановлению) в условиях всего периода трансформации общественных отношений предполагает проведение дополнительных исследований, в том числе посвященных прогнозированию развития на стратегическую перспективу. Формат настоящей статьи не позволяет нам рассмотреть и раскрыть в полной мере данную проблематику. Мы остановимся только на отдельных аспектах резильентности сельских территорий региона, которые предлагаем оценить на примере Пермского края.

Пермский край является среднестатистическим регионом по динамике социального развития сельских территорий в 1990–2021 гг. (таблица 1).

Как мы видим из показателей таблицы 1, численность сельского населения за рассматриваемый период снизилась на 11,6 %, значительно опережая средние значения по стране. При этом наблюдается многократное снижение показателей развития социальной инфраструктуры, включая сферы образования, здравоохранения и культуры. К 2021 г. положительную тенденцию продемонстрировал только индикатор ввода жилья, что можно объяснить целым рядом предпринимаемых органами государственного управления мер (льготная ипотека, материнский капитал, предоставление жилья молодым специалистам и др.). При этом хотелось бы отметить феномен так называемой «встречной миграции», когда активное коттеджное строительство позволило гражданам, осуществляющим экономическую деятельность в предприятиях и организациях городских населенных пунктов, постоянно проживать в пригородных территориях.

В таблице 2 приведены показатели, характеризующие резильентность экономического и экологического направлений пространственного развития сельских территорий Пермского края в годы реализации государственных программ по восстановлению и развитию агропромышленного и лесопромышленного комплексов.

Таблица 1

Показатели социального развития сельских территорий Пермского края в 1990–2021 гг.

Показатели	1990	2000	2010	2021
Численность сельского населения, тыс. чел.	697,1	702,6	667,9	616,4
Число учреждения культурно-досугового типа, ед.	1334	1073	783	612
Число библиотек, ед.	826	803	626	458
Ввод жилья, тыс. м ²	396,1	71,7	193,0	548,0
Строительство общеобразовательных организаций, ученических мест	3715	1000	400	400
Строительство дошкольных образовательных организаций, мест	2605	153	253	575
Строительство больничных организаций, коек	20	63	0	6
Строительство амбулаторно-поликлинических организаций, посещений в смену	167	335	69	60
Строительство сельских клубов, мест	3900	0	0	414

Источник: составлено авторами по данным Росстата.

Table 1

Indicators of social development of rural areas of Perm Krai in 1990–2021

Indicators	1990	2000	2010	2021
Rural population, thousand people	697,1	702,6	667,9	616,4
Number of cultural and leisure institutions, units	1334	1073	783	612
Number of libraries, units	826	803	626	458
Housing commissioning, thousand m ²	396,1	71,7	193,0	548,0
Construction of general education institutions, student places	3715	1000	400	400
Construction of pre-school educational places	2605	153	253	575
Construction of hospital organizations, beds	20	63	0	6
Construction of outpatient and polyclinic organizations, visits per shift	167	335	69	60
Construction of rural clubs, seats	3900	0	0	414

Source: compiled by the authors according to Rosstat data.

Таблица 2

Показатели экономического и экологического развития сельских территорий Пермского края в 2000–2021 гг.

Показатели	2000	2010	2021
Посевные площади, тыс. га	1265,0	795,2	723,3
Производство сельскохозяйственной продукции:			
Зерно, тыс. т	542,4	316,7	258,0
Картофель, тыс. т	25,2	39,9	293,2
Овощи, тыс. т	31,8	11,9	136,9
Скот и птица на убой, тыс. т	56,2	59,7	61,0
Молоко, тыс. т	286,8	320,8	551,1
Яйца, млн шт.	830,5	859,9	1391,5
Мед, т	423,0	105,0	1523,0
Поголовье скота и птицы, тыс. голов:			
Крупный рогатый скот:			
– коровы	467,8	263,5	228,9
– свиньи	212,5	108,8	99,9
Свиньи	281,2	206,0	130,3
Птица	7422,0	6614,7	8316,3
Внесено минеральных удобрений, тыс. т	23,5	10,4	8,9
Внесено органических удобрений, тыс. т	1540,0	1012,0	1191,0
Лесовосстановление, тыс. га	23,4	22,9	39,8

Источник: составлено авторами по данным Росстата.

Table 2

Indicators of economic and environmental development of rural areas of Perm Krai in 2000–2021

Indicators	2000	2010	2021
Sown area, thousand hectares	1265,0	795,2	723,3
Production of agricultural products:			
Grain, thousand tons	542,4	316,7	258,0
Potatoes, thousand tons	25,2	39,9	293,2
Vegetables, thousand tons	31,8	11,9	136,9
Cattle and poultry for slaughter, thousand tons	56,2	59,7	61,0
Milk, thousand tons	286,8	320,8	551,1
Eggs, one million pieces	830,5	859,9	1391,5
Honey, tons	423,0	105,0	1523,0
Livestock and poultry, thousand heads:			
Cattle:			
– cows	467,8	263,5	228,9
– pigs	212,5	108,8	99,9
Pigs	281,2	206,0	130,3
Bird	7422,0	6614,7	8316,3
Mineral fertilizers, thousand tons	23,5	10,4	8,9
Organic fertilizers, thousand tons	1540,0	1012,0	1191,0
Reforestation, thousand hectares	23,4	22,9	39,8

Source: compiled by the authors according to Rosstat data.

Таблица 2 отражает, что, несмотря на принятие программных мероприятий, в Пермском крае сохраняется тенденция сокращения посевных площадей и выбытия сельскохозяйственных земель из оборота. В 2000–2021 гг. наблюдалась структурная трансформация отраслей сельскохозяйственного производства. Так, производство зерна за данный период снизилось в 2,1 раза. В то же время производство иных видов сельскохозяйственной продукции увеличивалось. Например, производство картофеля выросло в 2021 г. по отношению к 2000 г. в 11,6 раза, овощей – в 4,3 раза, меда – в 3,6 раза, яйца – в 1,8 раза. В значительной степени этому способствовало государственное субсидирование строительства овощехранилищ и логистической инфраструктуры, поддержка личных подсобных хозяйств населения.

При этом поголовье крупного рогатого скота в 2021 г. составило только 48,9 % от показателя 2000 г., коров – 47 %. Данные показатели вызывают дополнительные вопросы по увеличению объемов производства молока в 1,9 раза, особенно к его качеству, так как рост надоев на одну корову в рассматриваемом периоде явно не обеспечивает подобную результативность. Серьезную озабоченность вызывает падение поголовья свиней более чем в 2 раза, связанное, по нашему мнению, с организационными проблемами в региональном Минсельхозе и неопределенном имущественно-правовом статусе крупнейшего в регионе сви-

нооткормочного комплекса. На фоне провалов в свиноводстве определенные успехи демонстрирует птицеводство Пермского края: рост в 2021 г. по отношению к 2000 г. составил 112 %. По данному показателю можно судить о положительной роли принятия в начале 2000 гг. государством ряда протекционистских мер по поддержке отечественного производителя и ограничению импорта мяса птицы.

Пермский край, являясь практически крупнейшим производителем минеральных удобрений в мире, оказался не в состоянии поддерживать на должном уровне показатели минерализации сельскохозяйственных земель (снижение за рассматриваемый период на 62,1 %). Несколько лучшая ситуация с внесением органических удобрений.

Законодательное регулирование добычи древесины и регламентирование деятельности лесозаготовителей обеспечили рост лесовосстановления в 2021 г. к 2000 г. на 170,1 %.

Далее предлагаем дать оценку оперативной резильентности сельских территорий Пермского края за период 2017–2021 гг., отличающийся нестабильностью цен на углеводороды и топливо, колебаниями курса национальной валюты и ужесточением санкций, пандемией коронавирусной инфекции и ее последствиями и др. Оценка будет осуществлена в соответствии с ниже предлагаемой методикой (рис. 1).

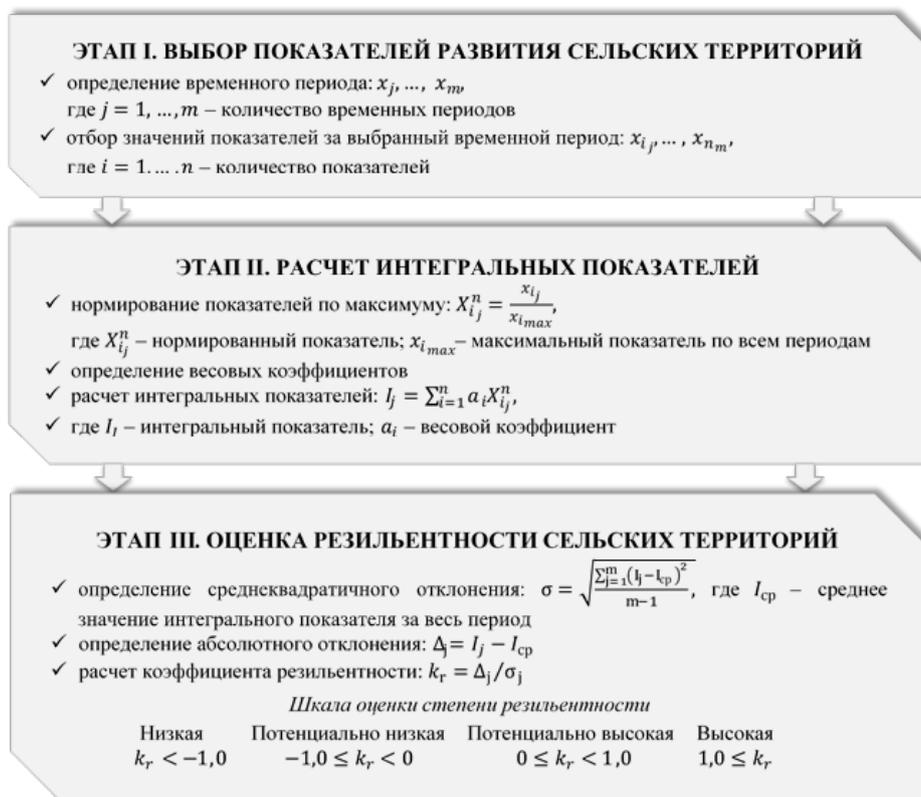


Рис. 1. Методика оценки резильентности сельских территорий.
Источник: авторская разработка

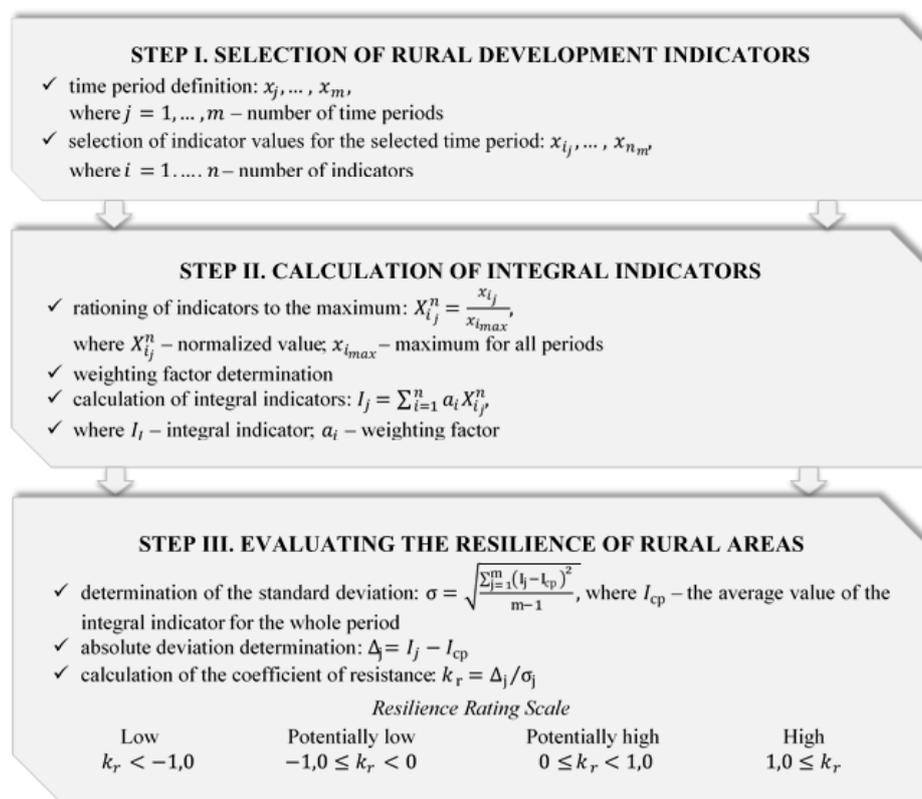


Fig. 1. Methodology for assessing the resilience of rural areas.
Source: author's elaboration.

Таблица 3
Показатели развития сельских территорий Пермского края в 2017–2021 гг.

Показатели	2017	2018	2019	2020	2021	БК*
Социальное направление						
Численность населения, тыс. чел.	634,9	630,0	626,3	621,7	616,4	0,40
Число культурно-досуговых организаций, шт.	687	675	646	602	612	0,20
Число библиотек, шт.	374	360	352	429	458	0,10
Ввод в действие жилых домов, тыс. м ²	1 101,1	1 081,2	1 172,8	1 214,8	1 317,0	0,30
Экономика						
Продукция сельского хозяйства, млн руб.	41 560,3	44 192,7	43 237,1	49 880,8	55 315,0	0,40
Парк тракторов в сельхозорганизациях, шт.	3 505	3 432	3 274	3 234	3 169	0,15
Посевные площади, тыс. га	753,6	754,5	739,5	733,3	723,3	0,25
Удельный вес площади с минеральными удобрениями, %	40,3	36,2	34,6	34,0	32,1	0,20
Экология						
Инвестиции в основной капитал на охрану земель, млн руб.	351,4	267,5	307,0	149,8	608,3	0,50
Особо охраняемые природные территории, тыс. га	1 541,3	1 649,1	1 809,4	1 809,4	1 683,1	0,15
Лесовосстановление, тыс. га	38,9	40,6	43,0	42,0	39,8	0,20
Биотехнические мероприятия по защите лесов, га	1 283,0	1 466,0	952,0	1 013,0	1 374,0	0,15

Примечание. *БК – весовой коэффициент.
Источник: составлено авторами по данным [22].

Table 3

Indicators of rural development in Perm Krai in 2017–2021

Indicators	2017	2018	2019	2020	2021	WF*
Social direction						
Population, thousand people	634.9	630.0	626.3	621.7	616.4	0.40
Number of cultural and leisure organizations, pcs.	687	675	646	602	612	0.20
Number of libraries, pcs.	374	360	352	429	458	0.10
Commissioning of residential buildings, thousand m ²	1 101.1	1 081.2	1 172.8	1 214.8	1 317.0	0.30
Economy						
Agricultural products, million rubles	41 560.3	44 192.7	43 237.1	49 880.8	55 315.0	0.40
Tractor fleet in agricultural organizations, units	3 505	3 432	3 274	3 234	3 169	0.15
Area under crops, thousand hectares	753.6	754.5	739.5	733.3	723.3	0.25
Share of area with mineral fertilizers, %	40.3	36.2	34.6	34.0	32.1	0.20
Ecology						
Investments in fixed capital for land protection, million rubles	351.4	267.5	307.0	149.8	608.3	0.50
Specially protected natural territories, thousand hectares	1 541.3	1 649.1	1 809.4	1 809.4	1 683.1	0.15
Reforestation, thousand hectares	38.9	40.6	43.0	42.0	39.8	0.20
Biotechnical measures to protect forests, hectares	1 283.0	1 466.0	952.0	1 013.0	1 374.0	0.15

Note. *WF – weighting factor.

Source: compiled by the authors according to [22].

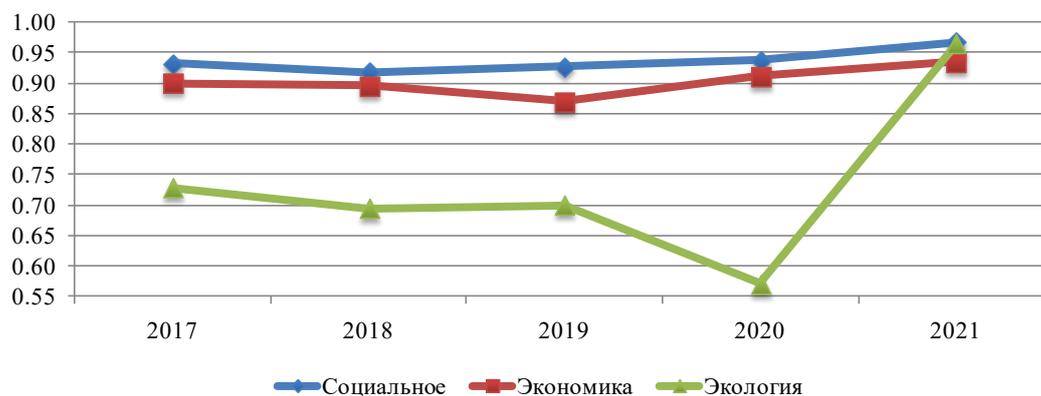


Рис. 2. Динамика интегральных показателей резильентности сельских территорий Пермского края по направлениям развития.

Источник: рассчитано авторами

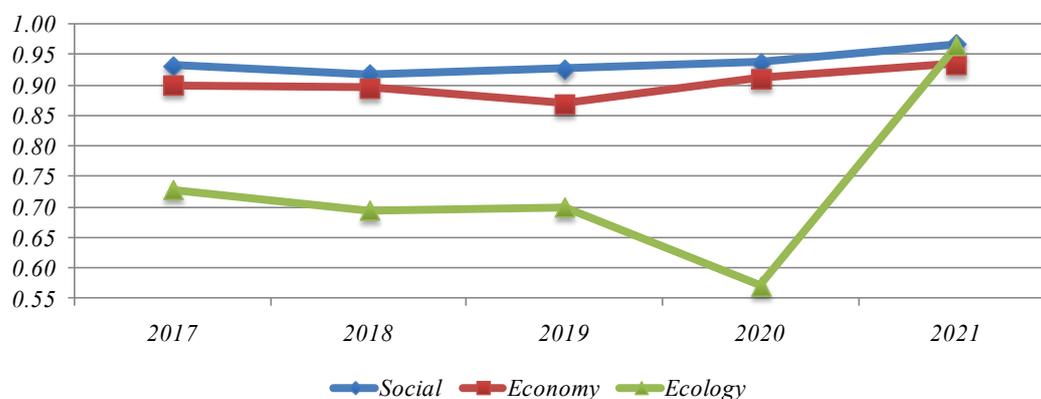


Fig. 2. Dynamics of the integral indices of resilience of rural areas of Perm Krai by direction of development.

Source: Calculated by the authors

Методика предусматривает оценку трех направлений развития сельских территорий региона: социального, экономического и экологического. Весовые коэффициенты показателей по направлениям развития установлены нами исходя из субъективного видения их значения и роли (таблица 3).

Далее по методике мы произвели нормирование показателей и рассчитали их интегральные значения по соответствующим направлениям (таблица 4).

Проведенные расчеты интегральных показателей резильентности сельских территорий региона по направлениям развития графически отображены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, на фоне относительной стабильности динамики социальной сферы и аграрной

экономики, финансовая поддержка которых в значительной степени осуществляется за счет субсидирования государственных и региональных программ устойчивого развития сельских территорий, экологическое направление наиболее пострадало от угроз и шоков. Нагляднее всего данный вывод подтверждает ситуация с лесовосстановлением, осуществляемым заготовщиками древесины, как правило, за счет собственных средств. В 2020 г. эпидемия коронавируса значительно отразилась на данных показателях деятельности лесопромышленного комплекса Пермского края. Естественным образом провалы в экологическом направлении за оцениваемый период повлияли на значения общего интегрального показателя резильентности сельских территорий Пермского края (рис. 3).

Таблица 4
Интегральные показатели резильентности сельских территорий Пермского края

Направление	2017	2018	2019	2020	2021
Социальное	0,932	0,918	0,927	0,937	0,967
Экономика	0,900	0,896	0,870	0,911	0,935
Экология	0,729	0,695	0,700	0,572	0,965
Пермский край	0,854	0,837	0,832	0,807	0,955

Источник: рассчитано авторами.

Table 4
Integral indices of resilience of rural areas of Perm Krai

Direction	2017	2018	2019	2020	2021
Social	0.932	0.918	0.927	0.937	0.967
Economy	0.900	0.896	0.870	0.911	0.935
Ecology	0.729	0.695	0.700	0.572	0.965
Perm Krai	0.854	0.837	0.832	0.807	0.955

Source: calculated by the authors.

Таблица 5
Оценка степени резильентности сельских территорий Пермского края

Направление	Среднее значение ИП	Среднеквадратичное отклонение	Абсолютное отклонение	Коэффициент резильентности	Степень резильентности
Социальное	0,936	0,016	0,030	1,84	Высокая
Экономика	0,902	0,021	0,032	1,53	Высокая
Экология	0,732	0,128	0,233	1,81	Высокая
Пермский край	0,857	0,0515	0,099	1,91	Высокая

Источник: рассчитано авторами.

Table 5
Assessment of the degree of resilience of rural areas of Perm Krai

Direction	The average value of the integral index	Standard deviation	Absolute deviation	Resistance coefficient	Degree of resistance
Social	0.936	0.016	0.030	1.84	High
Economy	0.902	0.021	0.032	1.53	High
Ecology	0.732	0.128	0.233	1.81	High
Perm Krai	0.857	0.0515	0.099	1.91	High

Source: calculated by the authors.

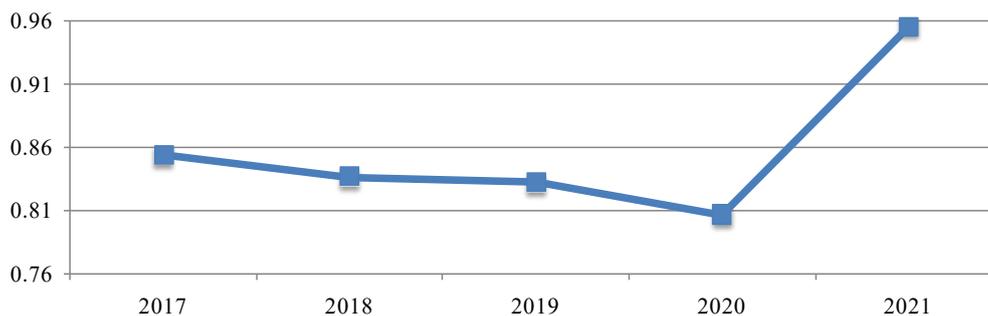


Рис. 3. Значения интегрального показателя резильентности сельских территорий Пермского края в 2017–2021 гг.

Источник: рассчитано авторами

Fig. 3. Values of the integral index of resilience of rural areas of Perm Krai in 2017–2021.

Source: calculated by the authors

Несмотря на описанные проблемы, по итогам 2021 г. сельские территории Пермского края в целом показали высокую степень восстановления (резильентности) от последствий шоков и угроз за анализируемый период по всем направлениям развития (таблица 5).

Предложенная нами методика позволяет достаточно объективно оценить степень резильентности сельских территорий региона, в том числе по составляющим направлениям развития, охарактеризовать их не только количественными параметрами, но и качественными. Методический инструментарий с учетом апробации в Пермском крае может быть востребованным в деятельности органов федеральной и региональной власти, использоваться при разработке стратегий и программ пространственного развития сельских территорий субъектов Российской Федерации, а также при прогнозировании на стратегическую перспективу с учетом факторов рисков, кризисов, шоков, природно-ресурсного потенциала и отраслевых возможностей.

По нашему мнению, далее в качестве обсуждения полученных результатов было бы уместно отметить популярные в научном сообществе две модели экономического роста, позволяющие преодолеть последствия рецессии в результате шоковых воздействий различной природы. Первая модель применительно к сельским территориям предполагает повышение резильентности за счет перемещения капитала из точек роста в точки запустения и обратного движения трудовых ресурсов. Вторая модель учитывает факторы имеющихся конкурентных преимуществ, потенциалов и ресурсов, позволяющих запускать процессы резильентности и достигать эффекты масштаба [23, с. 104].

Проведенная оценка резильентности сельских территорий Пермского края в условиях экономической неопределенности в 2017–2021 гг. позволяет утверждать о большей востребованности второй модели экономического роста в практике регионального управления. Так, коэффициент резильентности социального направления показы-

вает более высокие значения, чем коэффициенты экономического и экологического направления. Комплексный характер второй модели, учитывающий социальные и экологические факторы пространственного развития сельских территорий, объединяющий экономику, инфраструктуру и социум [24, с. 76], способствует преодолению шоковых воздействий и восстановлению общесистемной стабильности.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Подводя итоги исследования, можно сформулировать следующие выводы. Современная концепция резильентности сельских территорий основывается на междисциплинарном подходе и исходит из осмысления ключевых научных положений, развития понятийного аппарата и совершенствования методического инструментария. Сельские территории Российской Федерации и в частности Пермского края испытали значительные потрясения эпохи переходного периода по социальному, экономическому и экологическому направлениям пространственного развития. Всесторонний анализ трансформационных процессов необходим не только для восстановления утраченных позиций, но и для выработки и реализации оперативных мер резильентности с учетом постоянно возникающих рисков, угроз и шоков. Предпосылками резильентности сельских территорий в условиях современной экономической неопределенности выступают имеющийся ресурсный потенциал, отраслевая специфика, а также традиционный уклад региональной аграрной экономики. Результаты исследования, осуществленные на статистических показателях Пермского края, показали возрастающее значение социальной инфраструктуры и ее влияния на устойчивость аграрной экономики региона.

Затронутые в настоящей статье аспекты резильентности сельских территорий Российской Федерации и полученные результаты имеют определенный научный интерес, что обуславливает перспективность продолжения исследований в данном направлении.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН.

Библиографический список

1. Аквазба Е. О., Леонова Е. Ю. Феномен резильентности в современном российском обществе // *Russian Economic Bulletin*. 2021. Т. 4. № 5. С. 55–60.
2. Селиванова О. А., Быстрова Н. В., Дереча И. И., Мамонтова Т. С., Панфилова О. В. Изучение феномена резильентности: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] // *Мир науки. Педагогика и психология*. 2020. № 3. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/04PSMN320.pdf> (дата обращения: 01.08.2022).
3. Шевцов В. В. Развитие сельских территорий и концепция устойчивости // *Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева*. 2022. Т. 2. № 1 (49). С. 130–137. DOI: 10.51965/20767919_2022_2_1_130.
4. Фонтанари М., Траскевич А. Г. Концепция резильентности дестинаций и перспективы ее применения в отношении сельских дестинаций Беларуси // *Белорусский экономический журнал*. 2019. № 1 (86). С. 136–151.
5. Головина С. Г., Ручкин А. В., Миколайчик И. Н. Европейский опыт поддержки сельских территорий: рекомендации по внедрению в отечественную практику // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 02 (217). С. 71–81. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-71-81.
6. Никулкина И. В., Гордячкова О. В., Калаврий Т. Ю., Вандерлинден Ж.-П. Резильентность социально-экономических систем: методологический аспект // *Вопросы инновационной экономики*. 2022. Т. 12. № 1. С. 659–668. DOI: 10.18334/vinec.12.1.114087.
7. Полушкина Т. М., Акимова Ю. А., Коваленко Е. Г. Социальные стандарты и инклюзивная модель развития сельских территорий // *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2022. № 2. С. 359–383. DOI: 10.14515/monitoring.2022.2.1929.
8. Смородинская Н. В., Катук Д. Д. Резильентность экономических систем в эпоху глобализации и внезапных шоков // *Вестник Института экономики Российской академии наук*. 2021. № 5. С. 93–115. DOI: 10.52180/2073-6487_2021_5_93_115.
9. Высоцкий С. Ю. Статистическая оценка экономической резильентности регионов республики Беларусь // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки*. 2021. № 14. С. 30–35. DOI: 10.52928/2070-1632-2021-59-14-30-35.
10. Корезин А. С., Мурашов С. Б. Резильентность социальных систем: сущность концепта и его применимость на разных уровнях социума // *Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований*. 2021. № 1. С. 17–22. DOI: 10.51692/1994-3776_2021_1_17.
11. Меренкова И. Н., Новикова И. И., Гаврилова З. В. Когнитивное моделирование диверсифицированного развития сельской экономики в условиях цифровизации // *Russian Economic Bulletin*. 2022. Т. 5. № 3. С. 82–87.
12. Никулкина И. В., Гордячкова О. В., Герарди Ж. Факторы, определяющие резильентность социально-экономических систем арктических поселений // *Экономика, предпринимательство и право*. 2020. Т. 10. № 12. С. 2977–2988. DOI: 10.18334/erp.10.12.111478.
13. Семин А. Н., Третьяков А. П., Лылов А. С. Сельские территории: проблемы и перспективы развития. Москва: ООО «КОЛ ЛОК», 2021. 224 с.
14. Ковалев В. Е., Семин А. Н. Резильентность агропродовольственного рынка России в условиях таможенных дисбалансов евразийской интеграции // *Journal of New Economy*. 2021. Т. 22. № 3. С. 28–43. DOI: 10.29141/2658-5081-2021-22-3-2.
15. Lamine C., Magda D., Amiot M.-J. Crossing sociological, ecological, and nutritional perspectives on agrifood systems transitions: towards a transdisciplinary territorial approach // *Sustainability*. 2019. No. 11. Pp. 1–18.
16. Mantino F., Vanni F. The role of localized agri-food systems in the provision of environmental and social benefits in peripheral areas: Evidence from two case studies in Italy // *Agriculture (Switzerland)*. 2018. No. 8 (8). DOI: 10.3390/agriculture8080120.
17. Алтухов А. И. Пространственное развитие сельского хозяйства и сельских территорий страны – основа обеспечения национальной продовольственной безопасности // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 3. С. 86–93.
18. Мирошниченко Т. А., Подгорская С. В. Оценка инклюзивного развития сельских территорий регионов России // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 03 (218). С. 83–94. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-83-94.
19. Авдеева Т. Т., Лаврова Т. Г. Современные тенденции дифференциации социально-экономического развития сельских территорий в региональном пространстве // *Modern Economy Success*. 2022. № 2. С. 192–200.

20. Закшевский В. Г., Меренкова И. Н., Новикова И. И., Кусмагамбетова Е. С. Методический инструмент диагностики диверсификации сельской экономики // Экономика региона. 2019. Т. 15. № 2. С. 520–533. DOI: 10.17059/2019-2-16.
21. Агибалов А. В., Запорожцева Л. А., Ткачева Ю. В. Формирование методики оценки качества устойчивости развития сельских территорий // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 1. С. 54–66. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10130.
22. Пермский край в цифрах. 2022: Краткий статистический сборник. Пермь: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю, 2022. 195 с.
23. Шамин А. Е., Зуева С. В. Устойчивое развитие сельских территорий в региональной экономике страны // Вестник НГИЭИ. 2022. № 1 (128). С. 101–111. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-1-101-111.
24. Яркова Т. М. Развитие сельских территорий: социально-экономический аспект // Продовольственная политика и безопасность. 2022. Т. 9. № 1. С. 67–78. DOI: 10.18334/ppib.9.1.114341.

Об авторах:

Людмила Егоровна Красильникова¹, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и финансов, ORCID 0000-0002-9725-9187, AuthorID 690793; +7 902 835-06-01, krasilnikova@pgsha.ru

Ольга Александровна Рущицкая², доктор экономических наук, доцент, директор института экономики, финансов и менеджмента, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; +7 (343) 221-40-45, olgaru-arbitr@mail.ru

Дмитрий Аркадьевич Баландин³, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7862-3617, AuthorID 752195; +7 912 881-17-83, balandin.da@uiec.ru

Светлана Сергеевна Федосеева³, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3721-315X, AuthorID 518612; +7 951 956-77-73, fedoseeva.ss@uiec.ru

¹Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³Пермский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия

Resilience assessment of the rural territorial space

L. E. Krasilnikova¹✉, O. A. Rushchitskaya², D. A. Balandin³, S. S. Fedoseeva³

¹Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Praynishnikov, Perm, Russia

²Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

³Perm branch of Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

✉E-mail: krasilnikova@pgsha.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the resilience of territorial space of rural areas in modern conditions. **The hypothesis** is the assumption that the preconditions for the resilience of rural areas in the conditions of modern economic uncertainty are the existing resource potential, industry specifics, as well as the traditional way of the regional agrarian economy. **The aim** is to study the phenomenon of resilience in relation to rural areas. **Objectives:** to consider current trends in the development of rural areas at the regional level; to develop a methodology and assess the resilience of rural areas. **Methods:** scientific analysis and synthesis, analytical interpretation of official statistical data and horizontal analysis, factor aggregation, additive analysis. **Scientific novelty.** On the basis of generalization of theoretical provisions and development of methodological tools the author's approach to the assessment of operational resilience of rural areas in social, economic and environmental directions was proposed. **Results.** The interdisciplinary nature of resilience is considered, the review of scientific works of scientists specializing in the spatial development of regional economy, sustainable development of rural areas, state and municipal administration, agroindustrial activity is carried out, the main trends in the development of rural areas under the transformation of social relations of the Russian Federation are considered. The conclusion is formulated that the analysis of transformation processes is necessary not only to restore the lost positions of rural

areas of regional space, but also to develop and implement operational measures of resilience taking into account the constantly emerging risks, threats and shocks. The results of the study carried out on statistical indicators of Perm Krai have shown the increasing importance of social infrastructure and its impact on the sustainability of the agrarian economy of the region. **The scientific contribution** is the approbation of the author's methodology for assessing the operational resilience of rural areas during the instability of hydrocarbon and fuel prices, fluctuations in the national currency and tightening sanctions, the pandemic of coronavirus infection and its consequences. The directions for future research are to determine the trajectories of resilience of the territorial space of the country in the context of federal districts and constituent entities of Russia.

Keywords: resilience, rural areas, region, spatial development, directions of development, agrarian economy, economic uncertainty, assessment of operational resilience.

For citation: Krasilnikova L. E., Rushchitskaya O. A., Balandin D. A., Fedoseeva S. S. Otsenka rezil'entnosti sel'skogo territorial'nogo prostranstva [Resilience assessment of the rural territorial space] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 78–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-78-90. (In Russian.)

Date of paper submission: 08.08.2022, **date of review:** 25.08.2022, **date of acceptance:** 09.09.2022.

References

1. Akvazba E. O., Leonova E. Yu. Fenomen rezil'yentnosti v sovremennom rossiyskom obshchestve [The phenomenon of resistance in contemporary Russian society] // Russian Economic Bulletin. 2021. Vol. 4. No. 5. Pp. 55–60. (In Russian.)
2. Selivanova O. A., Bystrova N. V., Derecha I. I., Mamontova T. S., Panfilova O. B. Izucheniye fenomena rezil'yentnosti: problemy i perspektivy [Study of the Resilience Phenomenon: Problems and Prospects] [e-resource] // World of Science. Pedagogy and Psychology. 2020. No. 3. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/04PSMN320.pdf> (date of reference: 01.08.2022). (In Russian.)
3. Shevtsov V. V. Razvitiye sel'skikh territoriy i kontseptsiya ustoychivosti [Rural Development and the Concept of Sustainability] // Vestnik of Volzhsky University named after V. N. Tatishchev. 2022. Vol. 2. No. 1 (49). Pp. 130–137. DOI: 10.51965/20767919_2022_2_1_130. (In Russian.)
4. Fontanari M., Traskevich A. G. Kontseptsiya rezil'yentnosti destinatsiy i perspektivy eye primeneniya v otoshenii sel'skikh destinatsiy Belarusi [The concept of destination resilience and prospects for its application to rural destinations in Belarus] // Belarusian Economic Journal. 2019. No. 1 (86). Pp. 136–151. (In Russian.)
5. Golovina S. G., Ruchkin A. V., Mikolaychik I. N. Evropeyskiy opyt podderzhki sel'skikh territoriy: rekomendatsii po vnedreniyu v otechestvennyuyu praktiku [European experience in supporting rural areas: recommendations for implementation in domestic practice] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 02 (217). Pp. 71–81. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-71-81. (In Russian.)
6. Nikulkina I. V., Gordyachkova O. V., Kalavrii T. Y., Vanderlinden J.-P. Rezil'yentnost' sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: metodologicheskii aspekt [Resilience of socio-economic systems: a methodological aspect] // Russian Journal of Innovation Economics. 2022. Vol. 12. No. 1. Pp. 659–668. DOI: 10.18334/vinec.12.1.114087. (In Russian.)
7. Polushkina T. M., Akimova Y. A., Kovalenko E. G. Sotsial'nyye standarty i inklyuzivnaya model' razvitiya sel'skikh territoriy [Social standards and an inclusive model of rural development] // Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes. 2022. No. 2. Pp. 359–383. DOI: 10.14515/monitoring.2022.2.1929. (In Russian.)
8. Smorodinskaya N. V., Katukov D. D. Rezil'yentnost' ekonomicheskikh sistem v epokhu globalizatsii i vnezapnykh shokov [Resilience of economic systems in an era of globalization and sudden shocks] // The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences. 2021. No. 5. Pp. 93–115. DOI: 10.52180/2073-6487_2021_5_93_115. (In Russian.)
9. Vysotskiy S. Yu. Statisticheskaya otsenka ekonomicheskoy rezil'yentnosti regionov respubliki Belarus' [Statistical evaluation of the economic resilience of the regions of the Republic of Belarus] // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. 2021. No. 14. Pp. 30–35. DOI: 10.52928/2070-1632-2021-59-14-30-35. (In Russian.)
10. Korezin A. S., Murashov S. B. Rezil'yentnost' sotsial'nykh sistem: sushchnost' kontsepta i ego primenimost' na raznykh urovnyakh sotsiuma [Resilience of social systems: the essence of the concept and its applicability at different levels of society] // Telescope: journal of sociological and marketing research. 2021. No. 1. Pp. 17–22. DOI: 10.51692/1994-3776_2021_1_17. (In Russian.)
11. Merenkova I. N., Novikova I. I., Gavrilova Z. V. Kognitivnoye modelirovaniye diversifitsirovannogo razvitiya sel'skoy ekonomiki v usloviyakh tsifrovizatsii [Cognitive modeling of diversified development of rural economy in the context of digitalization] // Russian Economic Bulletin. 2022. Vol. 5. No. 3. Pp. 82–87. (In Russian.)

12. Nikulkina I. V., Gordiachkova O. V., Gerardi J. Faktory, opredelyayushchiye rezil'yentnost' sotsial'no-ekonomicheskikh sistem arkticheskikh poseleniy // Journal of Economics, entrepreneurship and law. 2020. Vol. 10. No. 12. Pp. 2977–2988. DOI: 10.18334/epp.10.12.111478. (In Russian.)
13. Semin A. N., Tretiakov A. P., Lylov A. S. Sel'skiye territorii: problemy i perspektivy razvitiya [Rural areas: problems and prospects for development]. Moscow: OOO "KOL LOK", 2021. 224 p. (In Russian.)
14. Kovalev V. E., Semin A. N. Rezil'yentnost' agroproduktov'stvennogo rynka Rossii v usloviyakh tamozhennykh disbalansov evraziyskoy integratsii [Resilience of the Russian agro-food market in the context of customs imbalances of Eurasian integration] // Journal of New Economy. 2021. Vol. 22. No. 3. Pp. 28–43. DOI: 10.29141/2658-5081-2021-22-3-2. (In Russian.)
15. Lamine C., Magda D., Amiot M.-J. Crossing sociological, ecological, and nutritional perspectives on agrifood systems transitions: towards a transdisciplinary territorial approach // Sustainability. 2019. No. 11. Pp. 1–18.
16. Mantino F., Vanni F. The role of localized agri-food systems in the provision of environmental and social benefits in peripheral areas: Evidence from two case studies in Italy // Agriculture (Switzerland). 2018. No. 8 (8). DOI: 10.3390/agriculture8080120.
17. Altukhov A. I. Prostranstvennoye razvitiye sel'skogo khozyaystva i sel'skikh territoriy strany – osnova obespecheniya natsional'noy prodovol'stvennoy bezopasnosti [Spatial development of agriculture and rural areas of the country – the basis for national food security] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. No. 3. Pp. 86–93. (In Russian.)
18. Miroshnichenko T. A., Podgorskaya S. V. Otsenka inklyuzivnogo razvitiya sel'skikh territoriy regionov Rossii [Assessment of the inclusive development of rural areas of the regions of Russia] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 83–94. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-83-94. (In Russian.)
19. Avdeeva T. T., Lavrova T. G. Sovremennyye tendentsii differentsiatsii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya sel'skikh territoriy v regional'nom prostranstve [Current trends in the differentiation of socio-economic development of rural areas in the regional space] // Modern Economy Success. 2022. No. 2. Pp. 192–200. (In Russian.)
20. Zakshevsky V. G., Merenkova I. N., Novikova I. I., Kusmagambetova E. S. Metodicheskiy instrumentariy diagnostiki diversifikatsii sel'skoy ekonomiki [Methodological tools for diagnosing the diversification of the rural economy] // Economy of Region. 2019. Vol. 15. No. 2. Pp. 520–533. DOI: 10.17059/2019-2-16. (In Russian.)
21. Agibalov A. V., Zaporozhetseva L. A., Tkacheva Y. V. Formirovaniye metodiki otsenki kachestva ustoychivosti razvitiya sel'skikh territoriy [Formation of a methodology for assessing the quality of sustainable development of rural areas] // International Agricultural Journal. 2020. Vol. 63. No. 1. Pp. 54–66. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10130. (In Russian.)
22. Permskiy kray v tsifrakh. 2022: Kratkiy statisticheskiy sbornik [Perm Territory in Figures. 2022: Brief statistical digest]. Perm: Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Permskomu krayu, 2022. 195 p. (In Russian.)
23. Shamin A. E., Zueva S. B. Ustoychivoye razvitiye sel'skikh territoriy v regional'noy ekonomike strany [Sustainable development of rural areas in the regional economy of the country] // Bulletin NGIEI. 2022. No. 1 (128). Pp. 101–111. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-1-101-111. (In Russian.)
24. Yarkova T. M. Razvitiye sel'skikh territoriy: sotsial'no-ekonomicheskii aspekt [Rural Development: the Socio-Economic Aspect] // Food Policy and Security. 2022. Vol. 9. No. 1. Pp. 67–78. DOI: 10.18334/ppib.9.1.114341. (In Russian.)

Authors' information:

Lyudmila E. Krasilnikova¹, doctor of economic sciences, professor of accounting and finances department, ORCID 0000-0002-9725-9187, AuthorID 690793; +7 902 835-06-01, krasilnikova@pgsha.ru

Olga A. Rushchitskaya², doctor of economic sciences, director of the institute of economics, finance and management, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; +7 (343) 221-40-45, olgaru-arbitr@mail.ru

Dmitriy A. Balandin³, candidate of economic sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7862-3617, AuthorID 752195; +7 912 881-17-83, balandin.da@uiec.ru

Svetlana S. Fedoseeva³, research assistant, ORCID 0000-0003-3721-315X, AuthorID 518612; +7 951 956-77-73, fedoseeva.ss@uiec.ru

¹ Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

³ Perm branch of Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

Архитектура стратегического планирования развития аграрного сектора

М. А. Холодова¹✉

¹Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

✉E-mail: kholodovama@rambler.ru

Аннотация. Цель настоящего исследования – разработать архитектуру системы стратегического планирования развития аграрного сектора в условиях формирования нового мирохозяйственного уклада. **Методы.** В ходе исследования использовались следующие методы: абстрактно-логический, монографический, структурного и сравнительного анализа, а также такая форма абстрактного мышления, как индуктивное заключение. **Результаты и практическая значимость.** В работе изложены основные аспекты формирования нового мирохозяйственного уклада, стержнем которого выступает система стратегического планирования наряду с развитием рыночных механизмов хозяйствования. Обозначены роль и место стратегического планирования в системе государственного регулирования аграрного сектора. Представлена эволюция системы государственного регулирования аграрной экономики в условиях смены мирохозяйственных укладов. Обосновано, что фрагментарный характер системы стратегического планирования в аграрной сфере не позволяет отрасли перейти на формирование новой модели экономического развития. Индуктивное заключение авторских разработок позволило систематизировать концептуальные подходы к стратегическому целеполаганию в аграрной сфере, обосновать ключевые проблемы сложившегося управленческого цикла в отрасли. Отмечено, что важными компонентами системы стратегического планирования аграрного сектора в совокупности со стратегией развития сельского хозяйства выступают финансовая и бюджетная стратегии. Проведенный анализ позволил сформировать методический базис для последовательной практической разработки, увязывающей и согласования элементов системы стратегического планирования на всех уровнях управления. **Научная новизна.** Разработана конструкция современной системы стратегического планирования развития аграрного сектора, увязывающая в единый управленческий цикл ключевые элементы стратегирования: гипотеза – концепция – стратегия – прогноз – экономическое ориентирование – план – программа – проект.

Ключевые слова: стратегическое планирование, стратегия, прогноз, госпрограмма, нацпроект, аграрный сектор, новый мирохозяйственный уклад.

Для цитирования: Холодова М. А. Архитектура стратегического планирования развития аграрного сектора // Аграрный вестник Урала. 2022. № 10 (225). С. 91–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-91-102.

Дата поступления статьи: 07.07.2022, **дата рецензирования:** 25.07.2022, **дата принятия:** 10.08.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Современный структурный кризис глобальной экономики на фоне геополитических и геоэкономических противостояний России со странами Запада в борьбе за мировое лидерство не только существенно меняет социально-экономическую картину мира, но и способствует становлению нового мирохозяйственного уклада, стержень которого зародился в странах Юго-Восточной Азии. Контур новой конвергентной системы управления социально-экономическим развитием сочетает в себе идеологию государственного централизованного социалистического управления национальной экономикой Китая и демократические модели рыночной экономики, распространенные в Индии, Японии, Северной Корее, Вьетнаме. Фундаментальную основу фор-

мирующегося мирохозяйственного уклада составляет использование инструментов стратегического планирования и развития рыночной конкуренции, государственное регулирование кредитно-финансовой и производственной инфраструктуры, стимулирование предпринимательской инициативы.

Объединяя интересы различных социальных групп населения, государства Юго-Восточной Азии замыкают круг сплоченности и патриотизма нации для достижения приоритетной цели – повышения народного благосостояния на основе стратегии опережающего развития.

Концепция формирования нового мирохозяйственного уклада достаточно изучена в работах академика С. Ю. Глазьева при характеристике фундаментальных социально-экономических преобра-

зований мировой экономики [1–3]. Согласно взглядам С. Ю. Глазьева, новая долгосрочная модель развития глобальной экономики предполагает симбиоз культурно-национальных ценностей и интересов различных государств, реализацию суверенного равенства и национализма во внешней политике, формирование общего рынка с поливалютной системой денежных отношений.

В ядре Азиатского цикла накопления капитала ключевым инструментом стратегического планирования и стимулирования экономической активности выступает денежно-кредитная политика государства. При этом банковский сектор ориентирован на рост инвестиций в реальный сектор экономики для достижения приоритетных целей социально-экономического развития [3; 4].

Естественным акселератором формирования нового мирохозяйственного уклада выступает турбулентность глобальной экономики, побуждающая современные государства заниматься активным поиском способов адаптации к ней.

К наиболее важным проявлениям нестабильности современного мирового хозяйства следует отнести следующее:

1) геэкономические и геополитические противостояния в борьбе за лидерство на мировой арене не только порождают экономические, политические и военные конфликты, отвлекая колоссальные ресурсы на развитие военно-промышленного комплекса, но и обостряют проблему глобальной продовольственной безопасности;

2) пренебрежение базовыми принципами рыночной экономики на фоне роста цен на энергоресурсы масштабно трансформирует сложившийся спектр международной конкуренции и порождает необходимость перехода на новую длинную волну экономического роста, где экономика знаний становится ведущей производительной силой, обеспечивая перелив капитала в базисные производства нового технологического уклада, включающего в себе цифровые, био- и нанотехнологии, когнитивные, информационные и аддитивные технологии;

3) вследствие изменения расстановки сил в глобальной экономике наблюдаются тенденции к формированию новых мирохозяйственных систем, таких как валютно-финансовая и торгово-экономическая;

4) увеличивается потребность в государственном регулировании экономики с помощью инструментов стратегического планирования;

5) усиливается зависимость социально-экономического развития от институциональных реформ [1; 5; 6].

Исследования показали, что экономические реформы 90-х гг. XX в. в нашей стране, пропагандирующие принцип невмешательства государства в хозяйственную жизнь (принцип *laissez-faire*) и сводящие к минимуму государственную поддержку АПК, окончательно ликвидировали национальную

плановую экономику, поскольку их основу составила парадигма свободного рынка при условии, что в странах с развитыми рыночными отношениями стратегическое планирование посредством социально-экономических программ стало ключевым инструментом государственного регулирования экономики, с помощью которого успешно решаются задачи по реализации инновационного и реиндустриального курса.

По мере становления рыночных отношений в России возникла необходимость не только сохранения, но и усиления роли государственного регулирования экономики, особенно в приоритетных и жизненно важных сферах экономики, ключевым из которых является аграрный сектор.

Цель работы заключается в разработке архитектуры стратегического планирования развития аграрного сектора, отвечающей условиям формирования нового мирохозяйственного уклада.

Методология и методы исследования (Methods)

В связи с тем, что методология стратегического планирования предполагает систематизацию ключевых элементов системы, которые должны иметь четкое целеполагание и взаимоувязку как по времени, так и по последовательности разработки, располагать механизмами их межрегионального и межотраслевого согласования, в ходе исследования были использованы метод абстрактно-логического мышления и монографический метод.

Предметом исследования выступила конструкция современной системы стратегического планирования в рамках формирования нового мирохозяйственного уклада, объектом – аграрный сектор национальной экономики.

Применение в работе методов структурного и сравнительного анализа, а также приемов индуктивного заключения позволило определить контур современной системы стратегического планирования в рамках единого управленческого цикла, включающий в себя логически взаимосвязанную цепочку элементов стратегирования: гипотеза – концепция – стратегия – прогноз – экономическое ориентирование – план – программа – проект.

Результаты (Results)

Институциональные преобразования системы государственного регулирования аграрного сектора предполагают формирование новой модели развития аграрной экономики (рис. 1), имплементация которой в хозяйственную практику потребует разработки и реализации последовательной социально-экономической политики, обеспечивающей механизм сетевого (согласованного) взаимодействия государства, бизнеса и науки для достижения консенсуса в реализации стратегических приоритетов. Цель консенсуса интересов – получение синергетического интегрального эффекта от стремительных технологических обновлений на фоне формирования экономики знаний.

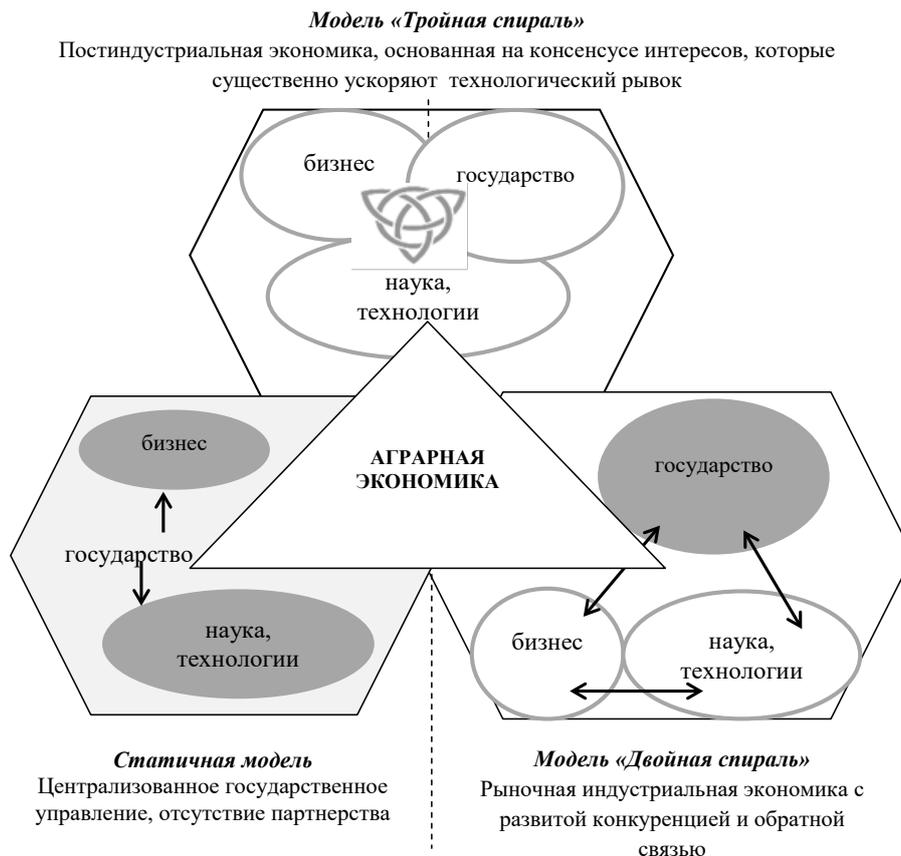


Рис. 1. Типологизированная схема государственного регулирования аграрной экономики в условиях смены мирохозяйственных укладов.

Источник: обобщено и составлено автором на основе материалов исследования

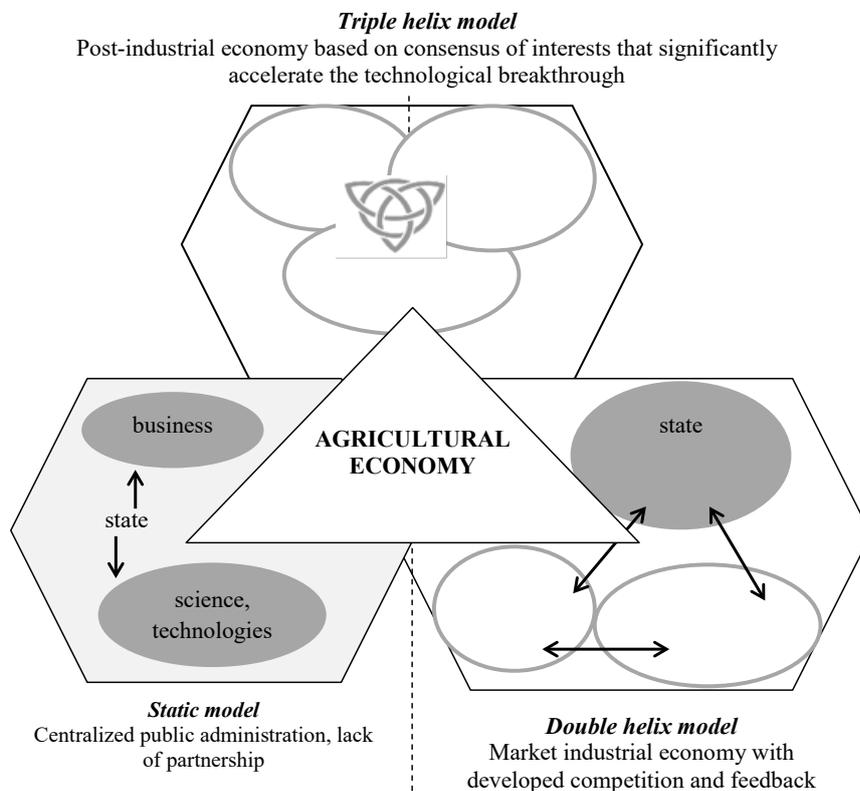


Fig. 1. Typologized scheme of state regulation of the agrarian economy in the conditions of changing world economic patterns.
 Source: summarized and compiled by the author on the basis of research materials

Условием обеспечения такого согласованного взаимодействия является высокоэффективное государственное регулирование, основанное на укреплении проектных начал национальной экономики, ядром которых должно выступать стратегическое планирование с активным использованием инструментов льготного кредитования, субсидирования, ценообразования, регулирования предпринимательской активности [1; 6; 7].

В современной отечественной практике государственного регулирования отрасли сельского хозяйства накоплен значительный опыт организации системы планирования в условиях рынка. В частности, основные задачи государственного регулирования аграрного сектора, заключающиеся в восстановлении и поддержании рыночного равновесия

отрасли, были закреплены в законе «О государственном регулировании агропромышленного производства» от 14 июля 1997 г. № 100-ФЗ, однако основные его положения не были воплощены на практике по причине отсутствия механизмов реализации. В то же время правильно расставленные акценты государства по конвертации бюджетных и административных ресурсов в приоритетные национальные проекты, среди которых нацпроект «Развитие АПК», послужили успешным классическим примером краткосрочного государственного отраслевого планирования. В последующем данный документ (в совокупности с принятым в 2006 г. законом «О развитии сельского хозяйства» № 264-ФЗ) сформировал фундаментальный базис для разработки и реализации механизмов современной агропродовольственной политики. Так,



Рис. 2. Методологический базис структурных элементов системы стратегического планирования аграрного сектора.

Источник: обобщено и составлено автором на основе материалов исследования

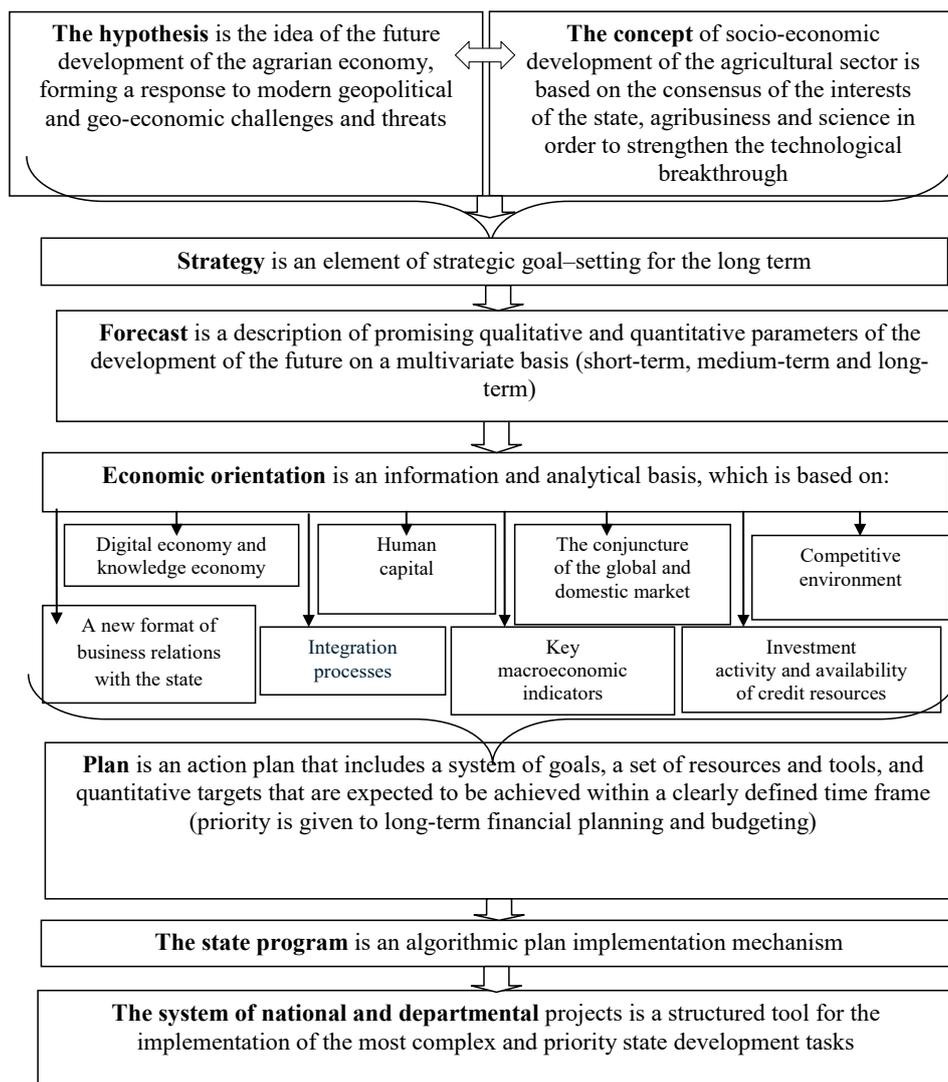


Fig. 2. Methodological basis of structural elements of the strategic planning system of the agricultural sector. Source: summarized and compiled by the author on the basis of research materials

впервые в России была подготовлена Госпрограмма развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на период 2008–2012 гг., а затем на период 2013–2020 гг. Кроме того, с 2013 г. все отрасли национальной экономики были переведены на программно-целевой подход государственного регулирования.

Становление отечественной системы стратегического планирования связывают с принятием в 2014 г. закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» № 172-ФЗ, определяющего нормативно-правовой базис плано-прогнозной деятельности на всех уровнях управления. Однако спустя 8 лет данный документ до конца не имплементирован в практику государственного регулирования, что значительно ограничивает возможности власти всех уровней достигать приоритетных целей социально-экономического развития страны. Разработанный базовый комплект документов стратегического планирования по укрупненным группам (в рамках целеполагания по отраслевому и террито-

риальному принципу, а также в рамках планирования и программирования) имеет ряд недостатков¹. Так, новый методологический базис не позволяет разработать и увязать в единую цепочку все элементы стратегического планирования (гипотеза – концепция – стратегия – прогноз – план – программа – проект) и реализовать их на практике [8].

Учитывая актуальность изложенной проблемы, анализ литературных источников [4; 5; 6; 8] позволил разработать и предложить авторскую архитектуру современной системы стратегического планирования аграрного сектора, состоящую из следующих звеньев: гипотеза – концепция – стратегия – прогноз – экономическое ориентирование – план – программа – проект (рис. 2).

¹ Указ Президента Российской Федерации от 8.11.2021 г. № 633 «Об утверждении Основ государственной политики в сфере стратегического планирования в Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111080023?index=1&rangeSize=1#print> (дата обращения: 18.04.2022).

Так, архитектурную цепочку элементов системы стратегического планирования в аграрной сфере целесообразно возглавить компонентами стратегического целеполагания, ключевым из которых выступает гипотеза. Гипотеза в данном случае представляет собой научное предположение, включающее в себя вероятностные закономерности поведения исследуемых объектов и процессов, их качественные оценки, характеризующие идею, «силует будущего».

Не менее важным архитектурным элементом системы стратегического планирования является концепция, на основе которой возможно формирование оптимального ответа на возникающие вызовы и угрозы национальной безопасности государства, в том числе становление нового мирохозяйственного и технологического укладов, выявление новых экономических центров, усиление глобальной конкуренции за человеческий капитал, усложнение условий международной торговли. Как показывает практика, концепция развития аграрного сектора должна содержать национальные приоритеты и строиться на достижении мультипликативного эффекта в обеспечении устойчивого экономического роста в отрасли на основе консенсуса интересов бизнеса, государства и науки, существенно ускоряющего технологический рывок. Примерами наиболее востребованных концепций в аграрном секторе России в настоящее время являются «Концепция развития отрасли молочного и мясного скотоводства», «Концепция развития овощеводства закрытого грунта», «Концепция развития продовольственного рынка», «Концепция развития сельских территорий» и прочие.

Как итог, гипотеза и концепция выступают отражением стратегии развития, обуславливающей решение приоритетных задач и обеспечивающей взаимозависимость документооборота стратегического планирования на всех уровнях. Важно отметить, что в настоящее время система стратегического целеполагания в аграрной сфере основывается на собственной отраслевой стратегии развития². Контур долгосрочных перспектив функционирования сельского хозяйства определяется преимущественно «майскими указами» Президента РФ, которые в настоящее время являются документом стратегического планирования^{3, 4}. Однако, Указы Президента не подкреплены четкими целевыми индикаторами и ресурсным обеспечением развития отрасли, обоснованными в планах, что противоречит основным принципам стратегического планирования: до-

стижимости, измеримости, преемственности, конкретизации. В связи с этим в условиях геополитических и геоэкономических противостояний бюджетная и финансовая стратегии развития РФ (наряду со стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов) на ближайшие 15 лет должны выступать действенным инструментом государственного регулирования аграрной сферы. Кроме того, существующие стратегии развития государства, среди которых «Стратегия национальной безопасности РФ», «Стратегия научно-технологического развития РФ» «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации» и прочие, в обязательном порядке должны быть увязаны между собой для осуществления объективного целеполагания и последующего планирования развития отраслей на всех уровнях управления. Отдельные положения национальных, отраслевых, региональных стратегий развития в обязательном порядке должны найти отражение в прогнозах социально-экономического развития на долгосрочную перспективу.

Однако частая трансформация целей социально-экономического развития в аграрной сфере и слабая проработанность их взаимосвязей на всех уровнях управления обуславливает низкий уровень востребованности в прогнозах, необходимых для выявления ориентиров развития отрасли на более отдаленную перспективу. Размытые формулировки целей социально-экономического развития сельскохозяйственного производства позволяют сохранять многовариантность и неустойчивый характер связей между ключевыми стейкхолдерами агробизнеса, что существенно снижает уровень инвестиционной активности в отрасли и замедляет темпы ее экономического роста.

Следующий элемент предлагаемого методологического базиса – прогноз, который применяется для поиска оптимального решения с основой на системе научных представлений о вероятных закономерностях развития аграрного производства в будущем. Он не ограничен четкими временными интервалами. Существующий расчетно-аналитический инструментарий прогнозирования в настоящее время позволяет расширить горизонт предвидения на 12–15 лет вперед с учетом управленческих, инвестиционных и инновационных циклов, что является эффективным условием организации системы стра-

² Распоряжение правительства Российской Федерации от 12.04.2020 № 993-р «Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: официальный сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564654448> (дата обращения: 21.05.2022).³

³ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сайт. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 21.05.2022).

⁴ Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сайт. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 21.05.2022)

тегического планирования. Прогноз имеет информационный многовариантный характер, что позволяет исследовать широкий спектр альтернативных возможностей планового развития и подготовить соответствующую информационную основу для формирования планов и программ. Следовательно, на современном этапе научное предвидение служит мощным инструментом разведывательного анализа по выявлению трендов развития аграрной сферы и обоснованию последствий ее социально-экономического развития отрасли в условиях становления нового мирохозяйственного уклада.

Решение задач, связанных с обеспечением объективности и достоверности долгосрочного прогнозирования, вызывает необходимость дополнить формирующийся каркас системы стратегического планирования аграрной сферы еще одним ключевым элементом – экономическим ориентированием, основное предназначение которого заключается в корректировке качественных и количественных показателей элементов стратегического планирования на основе информационно-аналитического подхода. Экономическое ориентирование в масштабах национальной экономики концентрируется на исследовании и решении структурных проблем развития отрасли, повышая ее устойчивость и снижая риск возможного негативного влияния факторов внешней конъюнктурной среды.

Промежуточная позиция экономического ориентирования между планом и прогнозом выступает индикатором, сигнализирующим о перспективных направлениях экономического развития, заблаговременно формирующим представление о трендах масштабных структурных изменений, драйвером которых выступает зависимость от инноваций и стремительного проникновения новых технологий в аграрную сферу, а также доступности кредитных ресурсов.

В отличие от прогноза, проявляющегося в познавательной, предсказательной функциях, план основывается на более конструктивном подходе. В то время как прогноз носит информационный характер, план дополняется интуитивными экспертными оценками развития перспективной динамики, учитывая факторы объективного и субъективного характера, которые не поддаются качественной и количественной оценке в процессе прогнозирования. Он определяет перспективные тенденции развития экономической системы, включая в себя систему целей, комплекс конкретных количественных обязательств для исполнения показателей, определенных во времени, ресурсы и источники их обеспечения, а также совокупность различных мероприятий (способы, средства, пути), направленных на достижение поставленных целей. План обязателен для исполнения. При разработке и обосновании планов социально-экономического развития аграрной

сферы приоритет следует отдать долгосрочному финансовому планированию и бюджетированию. В финансовом плане целесообразно отражать различные источники финансирования производственно-хозяйственной деятельности в сельском хозяйстве, не исключая как льготный банковский кредит, так и эмиссию денежных средств [3; 4; 8], с целью создания благоприятного инвестиционного климата в отрасли. Отсутствие четких целевых показателей развития отрасли в виде конкретных планов по источникам финансирования аграрной сферы усиливает декларативный и фрагментарный характер системы стратегического планирования.

Программа представляет собой документ, содержащий систему задач и социально-экономических показателей, во-первых, взаимоувязанных по срокам и ресурсам, во-вторых, обеспечивающих решение приоритетных задач. Основная цель разработки и реализации программ заключается в выявлении «точек роста» и определении организационно-экономических и технико-технологических условий для стабилизации сложившейся ситуации.

В современный период на фоне геополитической и геоэкономической конфронтации, порождающей новые вызовы и угрозы для функционирования глобальной экономики, в мировой практике система стратегического планирования дополнилась новым элементом – проектным управлением. Проект представляет собой уникальный инструмент реализации наиболее актуальных задач развития аграрной экономики, обоснованных в социально-экономических программах, ограниченный ресурсным потенциалом и временным интервалом. Поиск новых действенных инструментов государственного управления аграрной сферой, адекватно отвечающих современным условиям хозяйствования, обусловил необходимость перехода управления отраслью на проектные методы [4; 5; 9].

Таким образом, представленная совокупность взаимосвязанных элементов в рамках единой управленческой системы (гипотеза – концепция – стратегия – прогноз – экономическое ориентирование – план – программа – проект) представляет собой методологический базис современной архитектуры стратегического планирования аграрного сектора, который реализуется через проведение стратегического анализа, разработку взаимосвязанных планово-прогнозных документов, научно обоснованное утверждение и реализацию Госпрограмм и нацпроектов отраслевого развития [3; 6; 10; 11; 12].

Очень важным с методологической точки зрения является вопрос логической взаимоувязки всех элементов стратегического планирования отрасли в единую систему, подкрепленную ресурсным обеспечением, организационно-экономическим механизмом реализации, контроля и ответственности всех участников [13; 14].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В настоящее время стратегические приоритеты при выборе курса социально-экономического развития формируются Президентом РФ в виде ориентиров качественного характера без разработки основных элементов системы стратегирования, что не позволяет государству посредством прямых и косвенных методов воздействовать на ключевых участников производственно-хозяйственной деятельности и обеспечить достижение поставленных целей в полной мере [3; 10; 15].

В условиях возникающих вызовов и угроз государственное регулирование отрасли сводится к принятию управленческих решений, не выходящих за пределы среднесрочного планирования. На уровне исполнительной власти сложилось мнение, что в условиях турбулентности глобальной экономики повышается эффективность краткосрочных антикризисных мероприятий над стратегическими решениями. Макроэкономическая политика современной России продолжает строиться на поддержании макроэкономической стабильности в отраслях национальной экономики и бюджетной сбалансированности. Данная модель государственного регулирования предполагает, что современная бюджетная политика определяет темпы экономического развития, уровень материально-технической модернизации. При этом через государственный бюджет большая доля государственной поддержки аграрного сектора распределяется в пользу незначительной доли крупных интегрированных формирований и не обеспечивает непосредственного контроля и управления над значительной частью средних и мелких субъектов агробизнеса. Следовательно, результативность достижения стратегических целей сдерживается объемом государственных инвестиций. При этом роль стратегического планирования в решении структурных проблем развития отрасли уходит на второй план.

Кроме того, национальные проекты, среди которых «Экспорт продукции АПК», «Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации» в настоящее время не касаются вопросов пространственного развития и эффективного использования имеющегося ресурсного потенциала (как основы устойчивого экономического роста в сельском хозяйстве). По прогнозным оценкам экспертного сообщества Внешэкономбанка России, реализация нацпроектов за период 2020–2024 гг. позволит увеличить ежегодный прирост добавленной стоимости продукции в приоритетных отраслях, включая сельскохозяйственное производство, на 0,5–0,7 %, но при этом не обеспечит технологического рывка в аграрной сфере [16].

В заключении следует отметить, что при последовательной разработке цепочки документов стратегического планирования особое внимание целесообразно уделить технологии целеполагания,

включающей в классификации целей, выборе детерминант, определении вектора развития, отборе инструментов, обосновании желаемых результатов (рис. 3).

Так, детерминантами структурных изменений развития аграрного сектора должны стать новые технологии, инновации и инвестиции. Вектор развития должен быть направлен в сторону выявления «полосов роста» и возможностей реализации нового технологического уклада, базирующегося на цифровой трансформации. Инструментом достижения стратегических структурных целей могут выступить стратегические проектные инициативы.

Таким образом исследования показали, что в современной России стратегические инициативы сгенерированы в национальных проектах, которые Правительством РФ классифицированы по шести приоритетным направлениям: социальная сфера, строительство, экология, цифровая трансформация, технологический рынок и государство для граждан [17]. Аграрный сектор страны входит в самое крупное направление «Технологический рынок», реализация которого должна способствовать ускорению материально-технического обновления отраслей сельскохозяйственного производства с привлечением крупных инвесторов.

По словам министра экономического развития РФ М. Решетникова, потенциал влияния стратегических инициатив на аграрный сектор экономики заключается в ежегодном дополнительном росте добавленной стоимости продукции отрасли на 0,6 % в период с 2025–2030 гг. [18].

Следует отметить, что отсутствие сквозной взаимосвязки Стратегии научно-технологического развития РФ с документами стратегического планирования аграрной сферы в части направления ее «новой индустриализации», в условиях сокращения расходов по финансированию госпрограмм в период 2023–2025 гг. существенно затруднит переход аграрного сектора на новый технологический уклад, выступающий акселератором структурных изменений отрасли. Сложившийся фрагментарный характер стратегического планирования отрасли в долгосрочной перспективе не обеспечит ее прорывного научно-технологического развития, в связи с чем развертывание системы стратегического планирования аграрной сферы предполагает скорейшую имплементацию ее ключевых элементов в процесс формирования национальной агропродовольственной политики и их сквозной взаимосвязи с документами стратегического планирования национальной экономики для придания импульса устойчивого экономического роста в аграрной сфере и повышения качества жизни населения. Важно, что предлагаемая архитектура современной системы стратегического планирования аграрного сектора является универсальной и может быть применима для любых отраслей и органов власти всех уровней.



Рис. 3. Концептуальная модель стратегического целеполагания в аграрной сфере.
 Источник: разработано автором

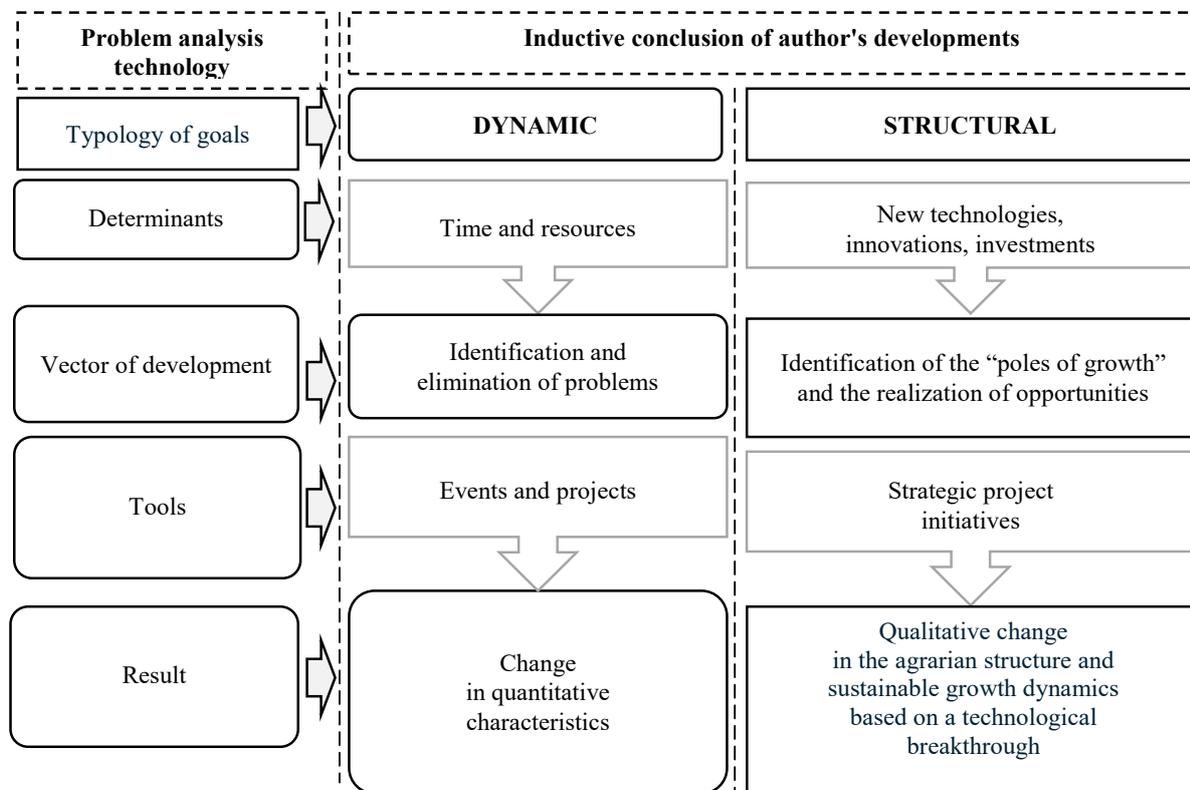


Fig. 3. Conceptual model of strategic goal-setting in the agricultural sector.
 Source: developed by the author

Библиографический список

1. Глазьев С. Ю. Новый мирохозяйственный уклад. Модель для сборки // Научные труды Вольного экономического общества России. 2018. Т. 201. № 2. С. 240–246.
2. Глазьев С. Ю. Методология опережающего развития экономики: как решить поставленную президентом России задачу рывка в экономическом развитии // Научные труды Вольного экономического общества России. 2019. Т. 218. № 4. С. 124–132.
3. Глазьев С. Ю. О проведении макроэкономической политики в соответствии с целями развития страны, поставленные Президентом России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Т. 221. № 1. С. 69–78.
4. Глазьев С. Ю. О создании систем стратегического планирования и управления научно-техническим развитием // Инновации. 2020. № 2 (256). С. 14–23.
5. Ленчук Е. Б., Филатов В. И. Стратегическое планирование – путь к устойчивому развитию экономики России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. № 11 (4). С. 35–47. DOI: 10.15838/esc.2018.4.58.2.
6. Ленчук Е. Б. Стратегическое планирование в России: проблемы и пути решения // Инновации. 2020. № 2 (256). С. 24–30.
7. Холодова М. А. Особенности становления системы стратегического планирования аграрного сектора экономики России // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2020. № 2 (41). С. 53–59.
8. Беспяхотный Г. В. Планирование развития АПК и кооперации // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2019. № 2. С. 10–16.
9. Семкин А. Г., Быков В. Г., Алпатов А. В. Формирование элементов стратегического управления и специализации субъектов сельскохозяйственного бизнеса // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 6 (63). С. 20–30. DOI: 10.33938/206-20.
10. Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Russian agriculture: Growth and institutional challenges // Land Use Policy. 2019. Vol. 83. Pp. 475–487. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.02.018.
11. Lerman Z. The establishment of family farms in the post-soviet region: expectations, progress and obstacles // ICAE Conference: International Conference of Agricultural Economists. 2021 [e-resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/354544558_The_establishment_of_family_farms_in_the_post-Soviet_region_Expectations_progress_and_obstacles (date of reference: 30.06.2022). DOI: 10.13140/RG.2.2.26642.38087.
12. Yulek M. Economic planning and industrial policy in the globalizing economy: concepts, experience and prospects. London, Springer, 2015. 344 p. DOI: 10.1007/978-3-319-06474-1.
13. Usenko L. N., Usenko A. M., Uryadova T. N., Bashkatova T. A., Belyaeva S. V. Monitoring methodology for socio-economic development of a region (through the example of the south of Russia regions) // Espacios. 2017. Vol. 38. No. 23. Pp. 24–29.
14. Gorlov I. F., Usenko L. N., Kholodov O. A., Kholodova M. A. et al. Conceptual approaches to planning and forecasting agricultural production transformed by digitalization [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. Article number 32022. URL: https://www.researchgate.net/publication/350097644Conceptual_approaches_to_planning_and_forecasting_agricultural_production_ransformed_by_digitalization (date of reference: 30.06.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032022.
15. Aliyeva L. Z., Huseynova S. A., Babayeva S. J., Huseynova V. A., Nasirova O. A., Hasanzade F. Food security and optimal government intervention level in agriculture (comparative analysis) // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. No. 25 (2). Pp. 12–20.
16. Прогноз экономического развития России на 2019–2024 годы. ВЭБ РФ Институт исследований и экспертизы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.inveb.ru/ru/products/product-02/109-medium-term-prognoz-2019-4> (дата обращения: 30.06.2022).
17. Правительство утвердило 42 стратегические инициативы развития России [Электронный ресурс]. Правительство России: официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/43451/> (дата обращения: 30.06.2022).
18. Брифинг министра экономического развития М. Решетникова «Стратегические инициативы Правительства России» [Электронный ресурс] // Правительство России: официальный сайт. URL: <http://government.ru/news/43456> (дата обращения: 30.06.2022).

Об авторе:

Марина Александровна Холодова¹, кандидат экономических наук, доцент, заведующая отделом аграрной экономики и нормативов, ORCID 0000-0001-9808-8263, AuthorID 517993; +7 906 183-90-31, kholodovama@rambler.ru

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

Strategic planning architecture development of the agricultural sector

M. A. Kholodova¹✉

¹ Federal Rostov Agricultural Research Center, Rassvet, Russia

✉E-mail: kholodovama@rambler.ru

Abstract. Purpose. To develop the architecture of the system of strategic planning of the agricultural sector in the context of the formation of a new world economic structure. **Methods.** The following methods were used in the course of the study: abstract-logical, monographic, structural and comparative analysis, inductive conclusion. **Results and practical significance.** The paper outlines the main aspects of the formation of a new world economic order, the core of which is the system of strategic planning along with the development of market mechanisms of management. The role and place of strategic planning in the system of state regulation of the agricultural sector are outlined. The evolution of the system of state regulation of the agrarian economy in the conditions of changing world economic patterns is presented. It is proved that the fragmentary nature of the strategic planning system in the agricultural sector does not allow the industry to switch to the formation of a new model of economic development. The inductive conclusion of the author's developments made it possible to systematize conceptual approaches to strategic goal-setting in the agricultural sector, to substantiate the key problems of the current management cycle in the industry. It is noted that financial and budgetary strategies are important components of the strategic planning system of the agricultural sector in conjunction with the agricultural development strategy. The conducted analysis made it possible to form a methodological basis for the sequence of practical development, interconnection and coordination of elements of the strategic planning system. **Scientific novelty.** A modern architecture of strategic planning of the agricultural sector has been developed, which is understood as the design of a system that links the key elements of strategizing into a single management cycle: hypothesis – concept – strategy – forecast – economic orientation – plan – program – project.

Keywords: strategic planning, strategy, forecast, state program, national project, agricultural sector, new world economic structure.

For citation: Kholodova M. A. [Strategic planning architecture development of the agricultural sector] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 10 (225). Pp. 91–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-91-102. (In Russian.)

Date of paper submission: 07.07.2022, **date of review:** 25.07.2022, **date of acceptance:** 10.08.2022.

References

1. Glaz'ev S. Yu. Novyy mirokhoz'yaystvennyy uklad. Model' dlya sborki [New world economic structure. Model to build] // Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii. 2018. Vol. 201. No. 2. Pp. 240–246. (In Russian.)
2. Glaz'ev S. Yu. Metodologiya operezhayushchego razvitiya ekonomiki: kak reshit postavlennuyu prezidentom Rossii zadachu ryvka v ekonomicheskom razvitiy [Methodology of advanced economic development: how to solve the task set by the President of Russia of a breakthrough in economic development] // Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii. 2019. Vol. 218. No. 4. Pp. 124–132. (In Russian.)
3. Glaz'ev S. Yu. O provedenii makroekonomicheskoy politiki v sootvetstvii s tselyami razvitiya strany, postavlennyye Prezidentom Rossii [On the implementation of macroeconomic policy in accordance with the country's development goals set by the President of Russia] // Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii. 2020. Vol. 221. No. 1. Pp. 69–78. (In Russian.)
4. Glaz'ev S. Yu. O sozdanii sistem strategicheskogo planirovaniya i upravleniya nauchno-tekhnicheskim razvitiyem [About creation of systems of strategic planning and management of scientific and technical development] // Innovations. 2020. Vol. 2 (256). Pp. 14–23. (In Russian.)
5. Lenchuk E. B., Filatov V. I. Strategicheskoe planirovanie – put' k ustoychivomu razvitiyu ekonomiki Rossii [Strategic planning – the way to sustainable development of the Russian economy] // Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2018. Vol. 11 (4). Pp. 35–47. DOI: 10.15838/esc.2018.4.58.2. (In Russian.)
6. Lenchuk E. B. Strategicheskoe planirovanie v Rossii: problemy i puti resheniya [Strategic planning in Russia: problems and solutions] // Innovations. 2020. Vol. 2 (256). Pp. 24–30. (In Russian.)
7. Kholodova M. A. Osobennosti stanovleniya sistemy strategicheskogo planirovaniya agrarnogo sektora ekonomiki Rossii [Features of the formation of the system of strategic planning of the agricultural sector of the Rus-

sian economy] // Vector of Science of Togliatti State University. Series: Economics and Management. 2020. No. 2 (41). Pp. 53–59. (In Russian.)

8. Bepakhotnyy G. V. Planirovanie razvitiya APK i kooperatsii [Planning of agro-industrial complex development and cooperation] // Fundamental and applied research studies of the economics cooperative sector. 2019. Vol. 2. Pp. 10–16. (In Russian.)

9. Semkin A. G., Bykov V. G., Altapov A. V. Formirovanie elementov strategicheskogo upravleniya i spetsializatsii sub'yektov sel'skokhozyaystvennogo biznesa [Formation of elements of strategic management and specialization of agricultural business entities] // Economics, labor, management in agriculture. 2020. No. 6(63). Pp. 20–30. DOI: 10.33938/206-20. (In Russian.)

10. Uzun V., Shagaida N., Lerman Z. Sel'skoye khozyaystvo Rossii: rost i institutsional'nyye problemy [Russian agriculture: Growth and institutional challenges] // Land Use Policy. 2019. Vol. 83. Pp. 475–487. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.02.018.

11. Lerman Z. Sozdaniye semeynykh ferm na postsovetском prostranstve: ozhidaniya, progress i prepyatstviya [The establishment of family farms in the post-soviet region: expectations, progress and obstacles] // ICAE Conference: International Conference of Agricultural Economists. 2021 [e-resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/354544558_The_establishment_of_family_farms_in_the_post-Soviet_region_Expectations_progress_and_obstacles (date of reference: 30.06.2022). DOI: 10.13140/RG.2.2.26642.38087.

12. Yulek M. Ekonomicheskoye planirovaniye i promyshlennaya politika v usloviyakh globalizatsii ekonomiki: kontseptsii, opyt i perspektivy [Economic planning and industrial policy in the globalizing economy: concepts, experience and prospects]. London, Springer, 2015. 344 p. DOI: 10.1007/978-3-319-06474-1.

13. Usenko L. N., Usenko A. M., Uryadova T. N., Bashkatova T. A., Belyaeva S. V. Metodologiya monitoringa sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona (na primere regionov yuga Rossii) [Monitoring methodology for socio-economic development of a region (through the example of the south of Russia regions)] // Espacios. 2017. Vol. 38. No. 23. Pp. 24–29.

14. Gorlov I. F., Usenko L. N., Kholodov O. A., Kholodova M. A. et al. Kontseptual'nyye podkhody k planirovaniyu i prognozirovaniyu sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva, transformirovannyye tsifrovizatsiyey [Conceptual approaches to planning and forecasting agricultural production transformed by digitalization] [e-resource] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. Article number 32022. URL: https://www.researchgate.net/publication/350097644Conceptual_approaches_to_planning_and_forecasting_agricultural_production_ransformed_by_digitalization (date of reference: 30.06.2022). DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032022.

15. Aliyeva L. Z., Huseynova S. A., Babayeva S. J., Huseynova V. A., Nasirova O. A., Hasanzade F. Prodovol'stvennaya bezopasnost' i optimal'nyy uroven' gosudarstvennogo vmeshatel'stva v sel'skoye khozyaystvo (sravnitel'nyy analiz) [Food security and optimal government intervention level in agriculture (comparative analysis)] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. No. 25 (2). Pp. 12–20.

16. Prognoz ekonomicheskogo razvitiya Rossii na 2019–2024 gody. VEB RF Institut issledovaniy i ekspertizy [Forecast of Russia's economic development for 2019–2024. VEB RF Institute of Research and Expertise] [e-resource]. URL: <http://www.inveb.ru/ru/products/product-02/109-medium-term-prognoz-2019-4> (date of reference: 30.06.2022). (In Russian.)

17. Pravitel'stvo utverdilo 42 strategicheskoye iniciativy razvitiya Rossii [The Government has approved 42 strategic initiatives for the development of Russia] [e-resource] // Government of Russia: official website. URL: <http://government.ru/docs/43451> (date of reference: 30.06.2022). (In Russian.)

18. Brifing Ministra ekonomicheskogo razvitiya M. Reshetnikova “Strategicheskoye iniciativy Pravitel'stva Rossii” [Briefing by the Minister of Economic Development M. Reshetnikov “Strategic initiatives of the Government of Russia”] [e-resource] // Government of Russia: official website. URL: <http://government.ru/news/43456> (date of reference: 30.06.2022). (In Russian.)

Author's information:

Marina A. Kholodova¹, candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of agrarian economics and regulations, ORCID 0000-0001-9808-8263, AuthorID 517993; +7 906 183-90-31, kholodovama@rambler.ru

¹ Federal Rostov Agricultural Research Center, Rassvet, 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:

А. В. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

О. А. Багрецова – ответственный редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Дата выхода в свет: 28.10.2022 г. Усл. печ. л. 11,8. Авт. л. 10,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

