



ISSN 0370-8799 (Print)  
ISSN 2658-462X (Online)

Том 52 № 6 2022

# Сибирский вестник СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE



№ 6  
TOM 52

НОЯБРЬ • ДЕКАБРЬ 2022



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
**СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ**  
*SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI*

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Том 52, № 6 (289)

DOI: 10.26898



2022

ноябрь – декабрь

**Главный редактор** – Донченко Александр Семенович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, руководитель научного направления Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

**Заместитель главного редактора** – Ломбанина Татьяна Александровна, начальник редакционно-издательского отдела Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

**Редакционная коллегия:**

|                 |  |
|-----------------|--|
| В.В. Азаренко   | д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, Минск, Беларусь               |
| В.В. Альт       | академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия                              |
| О.С. Афанасенко | академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия                          |
| Б. Бямбаа       | д-р вет. наук, академик Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия           |
| А.Н. Власенко   | академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия                              |
| Н.Г. Власенко   | академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                              |
| К.С. Голохваст  | член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                    |
| О.В. Голуб      | д-р техн. наук, Новосибирск, Россия  |
| Н.П. Гончаров   | академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                              |
| М.И. Гулюкин    | академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия                                    |
| В.Н. Делягин    | д-р техн. наук, Новосибирск, Россия  |
| С.А. Джохари    | профессор, PhD, Санандадж, Иран  |
| И.М. Донник     | академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия                                   |
| Н.А. Донченко   | член-корреспондент РАН, д-р вет. наук, Новосибирск, Россия                     |
| Н.М. Иванов     | член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия                    |
| А.Ю. Измайлов   | академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия                                   |
| Н.И. Кашеваров  | академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия                              |
| В.И. Кирюшин    | академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия                                   |
| С.Н. Магер      | д-р биол. наук, Новосибирск, Россия  |
| К.Я. Мотовилов  | член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                    |
| О.К. Мотовилов  | д-р техн. наук, Новосибирск, Россия  |
| А.М. Наметов    | д-р вет. наук, член-корреспондент НАН Республики Казахстан, Уральск, Казахстан |
| В.С. Николов    | д-р вет. наук, София, Болгария   |
| С.П. Озорнин    | д-р техн. наук, Чита, Россия   |
| В.Л. Петухов    | д-р биол. наук, Новосибирск, Россия  |
| Р.И. Полудина   | д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия  |
| М.И. Селионова  | д-р биол. наук, Москва, Россия   |
| В.А. Солошенко  | академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия                              |
| Н.А. Сурин      | академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия                               |
| И.Ф. Храмов     | академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия                                     |
| С. Эркисли      | профессор, PhD, Эрзурум, Турция  |
| С.Х. Янг        | профессор, PhD, Кванджу, Корея   |



[www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Язунова*. Корректор *В.Е. Селянина*. Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*. Переводчик *М.Ш. Гаценко*. Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

**Издатель: Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук**  
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463  
Тел./факс (383)348-37-62 e-mail: [sibvestnik@sfscs.ru](mailto:sibvestnik@sfscs.ru), [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru); <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 27.12.2022. Формат 60 × 84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 17,75.

Уч-изд. л. 18. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2022

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2022



**СОДЕРЖАНИЕ**

**CONTENTS**

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ  
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE  
AND CHEMICALIZATION*

**Дьяченко Е.Н.** Минеральные удобрения, известь и сидерация в плодосменном севообороте в условиях Прибайкалья

**5 Djachenko E.N.** Mineral fertilizers, lime and green manuring in crop rotation under conditions of the Baikal region

*РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ*

*PLANT GROWING AND BREEDING*

**Гурова Т.А., Чесноченко Н.Е.** Флуоресценция хлорофилла листьев пшеницы при инфицировании *Bipolaris sorokiniana*, хлоридном засолении и гипертермии семян

**12 Gurova T.A., Chesnochenko N.E.** Chlorophyll fluorescence of wheat leaves when infected with *Bipolaris sorokiniana*, chloride salinity and seed hyperthermia

**Аппаев С.П., Кагермазов А.М., Хачидогов А.В., Бижоев М.В.** Оценка новых гибридов кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии

**29 Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev M.V.** Evaluation of new corn hybrids in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria

**Лепехов С.Б., Петин В.А., Валекжанин В.С., Коробейников Н.И.** Изучение мягкой пшеницы по снижению температуры полога в условиях Алтайского края

**36 Lepekhov S.B., Petin V.A., Valekzhanin V.S., Korobeinikov N.I.** Study of soft wheat by the canopy temperature depression under Altai territory conditions

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ  
PLANT PROTECTION

## PLANT PROTECTION

- Волкова Г.В., Яхник Я.В., Жуковский А.Г.** Чувствительность северокавказской и белорусской популяций *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & hallet к фунгицидам **42** **Volkova G.V., Yakhnik Ya.V., Zhukovsky A.G.** Sensitivity of the North Caucasian and Belarusian populations of *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & hallet to fungicides
- Сырмолот О.В., Ластушкина Е.Н., Кочева Н.С.** Использование биологических препаратов в посевах сои **51** **Syrmolot O.V., Lastushkina E.N., Kocheva N.S.** The use of biological products in soybean crops

ЗООТЕХНИЯ  
И ВЕТЕРИНАРИЯZOOTECHNICS  
AND VETERINARY MEDICINE

- Гончаренко Г.М., Ким С.А.** Исторические аспекты пороодообразования свиней в Сибири (обзор) **59** **Goncharenko G.M., Kim S.A.** Historical aspects of pig breeding in Siberia (review)
- Разумовская Е.С.** Исследование влияния процесса дегидратации на качество и безопасность кормов животного происхождения **70** **Razumovskaya E.S.** Study of the effect of the dehydration process on the quality and safety of animal feed
- Афонюшкин В.Н., Фуди Ян, Миронова Т.Е., Нефедова Е.В., Кильп А.С., Коптев В.Ю., Донченко Н.А.** Использование *Bacillus subtilis* в качестве носителя оральной вакцины против *Streptococcus suis* **78** **Afonyushkin V.N., Fudi Y., Mironova T.E., Nefedova E.V., Kilp A.S., Koptev V.Yu., Donchenko N.A.** Using *Bacillus subtilis* as an oral vaccine carrier against *Streptococcus suis*
- Игнатович Л.С.** Фитобиотики в рационах кур-несушек различных кроссов, влияние генотипа на оплату корма **85** **Ignatovich L.S.** Phytobiotics in the diets of laying hens of various crosses, influence of the genotype on the payment of forage
- Петров П.Л., Протодьяконова Г.П.** Влияние агроклиматических условий на заболеваемость бруцеллезом северных оленей в арктических районах Якутии **94** **Petrov P.L., Protodyakonova G.P.** Effect of agro-climatic conditions on the incidence of brucellosis of reindeer in the arctic regions of Yakutia

*МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ*

*MECHANISATION, AUTOMATION,  
MODELLING AND DATAWARE*

- Кукаев Х.С., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Абдюкаева А.Ф., Наумов Д.В.** Теоретическое исследование энергоэффективности измельчителя роторного типа **103** **Kukaev Kh.S., Asmankin E.M., Ushakov Yu.A., Abdyukaeva A.F., Naumov D.V.** Theoretical study of the energy efficiency of a rotary grinder

*ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ*

*PROBLEMS. SOLUTIONS*

- Ермохин В.Г., Солошенко В.А., Соловьев К.А.** Эффективность использования пшеницы в органическом животноводстве **111** **Ermokhin V.G., Soloshenko V.A., Soloviev K.A.** Efficiency of wheat use in organic animal husbandry

*ИЗ ИСТОРИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ*

*FROM THE HISTORY  
OF AGRICULTURAL SCIENCE*

- Донченко А.С., Папков С.А., Самоловова Т.Н., Донченко Н.А.** Наркомы земледелия первого советского правительства и начало революционных аграрных преобразований в России (1917–1920 гг.) **122** **Donchenko A.S., Papkov S.A., Samolovova T.N., Donchenko N.A.** People's commissars for agriculture of the first Soviet government and the beginning of the revolutionary agrarian transformations in Russia (1917–1920)



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-1>

УДК: 631.821:631.8:631.445.25:631:874

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

## МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ИЗВЕСТИ И СИДЕРАЦИЯ В ПЛОДОСМЕННОМ СЕВООБОРОТЕ В УСЛОВИЯХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

✉ Дьяченко Е.Н.

*Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Иркутская область, с. Пивовариха, Россия

✉ e-mail: agrohim\_170@mail.ru

Представлены результаты исследований по влиянию длительного применения минеральных удобрений, извести и сидерации на кислотность почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур. Эксперимент проведен в длительном (2017–2020 гг.) стационарном полевом опыте в пятой ротации четырехпольного плодосменного севооборота: кукуруза, ячмень + клевер, клевер, яровая пшеница. Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая. Изучали следующие варианты: без удобрений,  $N_{90}P_{60}$ ,  $P_{60}K_{90}$ ,  $N_{90}K_{90}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{90}$  на двух фонах – без известкования и с внесением извести по 0,5 Нг (5,7 т/га). Установлено, что пятикратное применение мелиоранта способствовало снижению кислотности серой лесной почвы:  $pH_{KCl}$  по сравнению с исходным показателем (4,5–4,9) увеличился на 0,9–1,5, гидролитическая кислотность снизилась на 6,1–8,3 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 20,0–25,5%. За счет применения сидерации в севообороте  $pH_{KCl}$  возрос на 0,4–0,6, гидролитическая кислотность снизилась на 2,3–4,1 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 9,2–13,3%. Минеральные удобрения в применяемых дозах не оказывали влияния на изменение кислотности почвы, как на непроизвесткованном, так и на произвесткованном фонах. Продуктивность севооборота по вариантам опыта увеличилась на 0,23–0,69 т зерновых единиц/га (т з. ед./га) (7–21%) и была наибольшей при совместном действии полного минерального удобрения ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) и извести. Окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений сельскохозяйственной продукцией составила 6,1–11,5 кг зерна, 1 т извести – 2,5–3,2 ц зерна.

**Ключевые слова:** серая лесная почва, кислотность, плодосменный севооборот, известкование, минеральные удобрения, сидерация

## MINERAL FERTILIZERS, LIME AND GREEN MANURING IN CROP ROTATION UNDER CONDITIONS OF THE BAIKAL REGION

✉ Dijachenko E.N.

*Irkutsk Research Institute of Agriculture*

Pivovarikha, Irkutsk region, Russia

✉ e-mail: agrohim\_170@mail.ru

The results of research on the effect of long-term application of mineral fertilizers, lime and green manuring on soil acidity and crop productivity are presented. The experiment was conducted in a long-term (2017-2020) stationary field experiment in the fifth rotation of a four-field crop rotation: corn, barley + clover, clover, spring wheat. The soil of the experimental plot is gray forest heavy loam. The following variants were studied: without fertilizers,  $N_{90}P_{60}$ ,  $P_{60}K_{90}$ ,  $N_{90}K_{90}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{90}$  on two backgrounds - without liming and with the introduction of 0.5 Ng of lime (5.7 t/ha). It was found that 5 times use of ameliorant helped to decrease acidity of gray forest soil:  $pH_{KCl}$  increased by 0,9-1,5 in comparison with the initial indicator (4,5-4,9), hydrolytic acidity decreased by 6,1-

8,3 mg-eq./100 g, the degree of base saturation increased by 20,0-25,5%. Due to the use of green manuring in the crop rotation,  $pH_{KCl}$  grew by 0.4-0.6; hydrolytic acidity fell by 2.3-4.1 mg-eq./100 g of soil, the degree of base saturation raised by 9.2-13.3%. The mineral fertilizers at the applied rates had no effect on changing the soil acidity, both on non-lime- and lime-fertilized backgrounds. The productivity of crop rotations by experiment variants increased by 0.23-0.69 tons of grain units per hectare (tgru/ha) (7-21%) and was the greatest with the combined effect of total mineral fertilizer ( $N_{90}P_{60}K_{90}$ ) and lime. The recoument of 1 kg rate of application of mineral fertilizers to agricultural products was 6.1-11.5 kg of grain, 1 ton of lime - 2.5-3.2 kg of grain.

**Keywords:** gray forest soil, acidity, crop rotation, liming, mineral fertilizers, green manuring

**Для цитирования:** Дьяченко Е.Н. Минеральные удобрения, известь и сидерация в плодосменном севообороте в условиях Прибайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 5–11. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-1>

**For citation:** Dijachenko E.N. Mineral fertilizers, lime and green manuring in crop rotation under conditions of the Baikal region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 5–11. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-1>

**Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

**Благодарность**

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования (проект № 0806-2019-0004).

**Acknowledgments**

This work was performed within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education (Project No. 0806-2019-0004).

## ВВЕДЕНИЕ

К глобальной проблеме, оказывающей негативное влияние на доходы и продовольственную безопасность населения всего мира, относится деградация почв и земельных ресурсов [1, 2]. В Российской Федерации с конца XX в. отмечается повсеместное снижение почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения, что сопровождается отрицательным балансом элементов питания [3] и общим ухудшением агрохимической характеристики всех типов и разновидностей почв [4, 5], включая и серые лесные подтипы [6]. Среди этих почв преобладают сильнокислые и среднекислые, которые характеризуются невысоким содержанием гумуса и подвижными формами элементов питания.

Устранив избыточную кислотность путем внесения извести и восполнив недостаток питательных веществ с помощью минеральных и органических удобрений, можно

улучшить агрохимические свойства серой лесной почвы для создания благоприятных условий возделывания сельскохозяйственных культур [7, 8].

Известкование и систематическое применение минеральных удобрений способствуют их эффективному использованию и получению стабильных урожаев<sup>1</sup> [9–10]. Комплексное влияние систематического применения минеральных удобрений, извести и сидерации на снижение кислотности почвы в настоящее время недостаточно изучено. Результаты исследований за четыре ротации плодосменного севооборота показали положительное влияние известкования на снижение кислотности серой лесной почвы и продуктивность культур [11, 12].

Цель исследования – изучить изменение показателей кислотности серой лесной почвы при длительном использовании извести, минеральных удобрений и сидерации по завершении пяти ротаций плодосменного севооборота.

<sup>1</sup>Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Изменение плодородия почвы и продуктивности севооборота при длительном применении минеральных удобрений с известкованием // Плодородие. 2021. № 1. С. 27–29. DOI: 10.25680/S9948603.2021.118.08.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводили в 2020 г. на опытном поле Иркутского научно-исследовательского института сельского хозяйства (НИИСХ) в Иркутском районе Иркутской области в конце пятой ротации плодосменного севооборота, заложенного в 2001 г. В севооборот входили следующие культуры: кукуруза (на силос) – ячмень + клевер – клевер (на сидерат) – яровая пшеница. Эксперимент проведен на двух фонах – без извести и известь, внесенная по 0,5 Нг (5,7 т/га). Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса – 4,5–4,8%, общего азота – 0,17–0,21%,  $pH_{\text{сол}}$  – 3,9–4,4; гидролитическая кислотность (Нг) – 9,1–10,6 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями (V) – 68,4–72,1%,  $P_2O_5$  – 100–120,  $K_2O$  – 80–100 мг/кг почвы (по Кирсанову). Изучали следующие системы применения удобрений: 1) без удобрений, 2) NP, 3) PK, 4) NK, 5) NPK. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, калий хлористый) вносили под кукурузу (гибрид Катерина СВ) в первой и второй ротациях в дозе  $N_{90}P_{40}K_{90}$ , под ячмень (сорт Биом) с подсевом клевера (сорт Родник Сибири) –  $N_{40}P_{40}K_{40}$ . Учитывая положительное действие сидерации на урожайность культур за две ротации севооборота, начиная с третьей ротации (2009 г.) дозы минеральных удобрений были снижены на 30%, они в результате составили  $N_{60}P_{30}K_{60}$  (под кукурузу) и  $N_{30}P_{30}K_{30}$  (под ячмень).

Известняковую муку (содержание  $CaCO_3$  – 85%) вносили весной перед посевом кукурузы (норма высева – 200 тыс. зерен/га, или 60 кг/га) поверхностно с последующей заделкой дисковой бороной в два следа на глубину 12–15 см. Ячмень с подсевом клевера высевали после ранневесеннего боронования с последующим прикатыванием (норма высева: ячмень – 6,5 млн всхожих зерен/га, клевер – 4 млн всхожих зерен/га.

На второй год жизни клевер использовался в качестве сидеральной культуры. Замыкающей культурой в севообороте высевали яровую пшеницу (сорт Бурятская остистая) с нормой высева 7 млн всхожих зерен/га. Площадь посевной деланки 122,5 м<sup>2</sup>, учетной – 96,3 м<sup>2</sup>. Повторность 4-кратная, расположение деланок однорядное, последовательное.

Учет урожая зерновых проведен поделаночно прямым комбайнированием «Сампо-500», кормовых культур – вручную. Исследования состояли из проведения фенологических наблюдений, отбора почвенных образцов, учета урожайности культур севооборота, выполнения агрохимических анализов в лаборатории. Для изучения динамики изменения кислотности почвы осенью отбирали образцы из слоя 0–20 см в первом поле севооборота, в которых  $pH_{KCl}$  определяли потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85)<sup>2</sup>, гидролитическую кислотность – по методу Каппена, степень насыщенности основаниями – расчетным способом<sup>3</sup>. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью пакета прикладных программ Snedecor<sup>4</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Длительное применение извести в плодосменном севообороте оказало существенное влияние на снижение кислотности серой лесной почвы. К концу пятой ротации севооборота на удобренных вариантах  $pH_{KCl}$  по сравнению с исходным показателем (4,5–4,9) pH увеличился на 1,1–1,5, гидролитическая кислотность снизилась на 7,1–8,3 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 22,8–25,5%. В варианте без удобрений эти показатели составили 0,9; 6,1 мг-экв./100 г почвы и 20% соответственно (см. табл. 1).

Отмечено снижение кислотности почвы на фоне без внесения извести. В варианте без внесения удобрений  $pH_{KCl}$  возрос на 0,4, гидролитическая кислотность снизилась на

<sup>2</sup>ГОСТ 26483–85. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М., 1985. 7 с.

<sup>3</sup>Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Колос, 1979. 416 с.

<sup>4</sup>Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

**Табл. 1.** Влияние извести и минеральных удобрений на показатели кислотности серой лесной почвы в слое 0–20 см**Table 1.** The effect of lime and mineral fertilizers on acidity parameters of gray forest soil in a layer of 0-20 cm

| Вариант  | рН <sub>KCl</sub> |         | Нг, мг-экв./100 г |         | V, %    |         |
|--|-------------------|---------|-------------------|---------|---------|---------|
|  | 2001 г.           | 2020 г. | 2001 г.           | 2020 г. | 2001 г. | 2020 г. |
| Без удобрений  | 4,0               | 4,4     | 10,1              | 7,8     | 68,7    | 77,9    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>                                  | 3,9               | 4,3     | 11,1              | 7,7     | 68,2    | 78,1    |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,8               | 4,4     | 11,4              | 7,6     | 65,7    | 78,6    |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,9               | 4,5     | 11,4              | 7,3     | 66,3    | 79,6    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                  | 3,8               | 4,3     | 11,9              | 8,4     | 65,9    | 76,5    |
| Без удобрений + известь 0,5 Нг                                   | 4,8               | 5,7     | 8,8               | 2,7     | 73,2    | 93,2    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + известь 0,5 Нг                 | 4,6               | 6,1     | 8,7               | 1,6     | 73,1    | 95,9    |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 4,9               | 6,0     | 9,8               | 1,5     | 70,5    | 96,0    |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 4,5               | 6,0     | 9,8               | 1,7     | 70,8    | 95,2    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг | 4,9               | 6,1     | 8,8               | 1,6     | 72,7    | 95,7    |
| HCP <sub>05</sub> общая  | 0,2               | 0,2     | 0,5               | 0,4     | 0,7     | 1,1     |
| HCP <sub>05</sub> извести  | 0,3               | 0,3     | 0,9               | 0,8     | 1,2     | 2,0     |
| HCP <sub>05</sub> удобрений                                      | 0,5               | 0,4     | 0,4               | 1,2     | 0,9     | 3,2     |

2,3 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями увеличилась на 9,2%. В вариантах с использованием минеральных удобрений значение рН<sub>KCl</sub> увеличилось по сравнению с исходной (3,8–3,9) на 0,4–0,6, гидролитическая кислотность снизилась на 3,4–4,1, степень насыщенности основаниями увеличилась на 9,9–13,3%. Мы полагаем, что на снижение кислотности почвы на неизвесткованном фоне оказало влияние использование зеленой массы клевера на сидерат. Аналогичные результаты получены в исследованиях других ученых [13]. Нейтрализующее действие сидеральной бобовой культуры на почвенную кислотность установил В.Н. Прокошев [14]. Л.П. Галеева отмечает уменьшение гидролитической кислотности выщелоченных черноземов при применении сидерации [15]. Исследованиями Ш.К. Хуснидинова в нашем регионе установлено, что применение козлятника восточного в качестве сидеральной культуры снижает величину гидролитической кислотности почвы [16]. Исследования показали, что внесение минеральных удобрений в применяемых дозах не оказывало суще-

ственного влияния на изменение кислотности почвы.

Агрономическая эффективность применения удобрений и мелиорантов определяется прибавкой урожая, окупаемостью единицы внесенных туков зерном или в зерновых единицах и долей участия удобрений в формировании урожая. В плодосменном севообороте в среднем за четыре года достоверная прибавка урожая получена во всех вариантах опыта на обоих фонах. Продуктивность севооборота в пятой ротации по вариантам опыта повысилась на неизвесткованном фоне на 0,25–0,61 т з. ед./га (9–21%), на известкованном – на 0,23–0,69 т з. ед./га (7–21%) (см. табл. 2).

Наиболее продуктивным был вариант с внесением N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Прибавка урожая на неизвесткованном фоне составила 0,61 т з. ед./га, или 21%, на известкованном – 0,69 т з. ед./га, или 21%, и была наибольшей в опыте при максимальной окупаемости 1 кг д.в. удобрений – 10,2 и 11,5 кг з. ед. соответственно. В варианте с двойным сочетанием азота и фосфора на известкованном фоне отмечена наимень-

**Табл. 2.** Влияние удобрений и извести на продуктивность севооборота и их окупаемость сельскохозяйственной продукцией (в среднем за 2017–2020 гг.)

**Table 2.** The effect of fertilizers and lime on crop rotation productivity and their payback by agricultural products (averaged for 2017-2020)

| Внесено удобрений за севооборот, кг д.в./га                      | Продуктивность севооборота, т з. ед./га | Прибавка продуктивности, т з. ед./га |         | Окупаемость продукцией        |                      |
|--|---|--------------------------------------|---------|-------------------------------|----------------------|
|  |   | удобрений                            | извести | 1 кг д.в. удобрений, кг зерна | 1 т извести, ц зерна |
| Без удобрений  | 2,84                                    | –                                    | –       | –                             | –                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>                                  | 3,09                                    | 0,25                                 | –       | 6,6                           | –                    |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,12                                    | 0,28                                 | –       | 7,4                           | –                    |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>                                  | 3,27                                    | 0,43                                 | –       | 9,5                           | –                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>                  | 3,45                                    | 0,61                                 | –       | 10,2                          | –                    |
| Без удобрений + известь 0,5 Нг                                   | 3,22                                    | –                                    | 0,38    | –                             | 2,7                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> + известь 0,5 Нг                 | 3,45                                    | 0,23                                 | 0,36    | 6,1                           | 2,5                  |
| P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 3,55                                    | 0,33                                 | 0,43    | 8,8                           | 3,0                  |
| N <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг                 | 3,71                                    | 0,49                                 | 0,44    | 10,9                          | 3,1                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + известь 0,5 Нг | 3,91                                    | 0,69                                 | 0,46    | 11,5                          | 3,2                  |
| НСП <sub>05</sub> общая  | 0,15                                    |                                      |         |                               |                      |
| НСП <sub>05</sub> извести  | 0,07                                    |                                      |         |                               |                      |
| НСП <sub>05</sub> удобрений                                      | 0,11                                    |                                      |         |                               |                      |

Примечание. Доля влияния: извести – 0,589, удобрений – 0,405.

шая прибавка продуктивности, которая составила 0,23 т з. ед./га при наименьшей окупаемости 1 кг д.в. удобрений (6,1 кг з. ед.).

Применение извести позволило повысить продуктивность севооборота на 0,36–0,46 т з. ед./га (12–14%). Окупаемость 1 т извести сельскохозяйственной продукцией в зависимости от варианта опыта составила 2,5–3,2 ц и была наибольшей при совместном внесении комплексного минерального удобрения и мелиоранта. Результаты дисперсионного анализа показали довольно высокую степень влияния изучаемых факторов в формировании продуктивности пашни. Доля влияния извести составила 0,589, минеральных удобрений – 0,405.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании девятнадцатилетних исследований в пятой ротации плодосменного севооборота установлено, что применение извести в дозе 0,5 Нг и клеверного пара обеспечило снижение кислотности серой лесной почвы. После завершения пяти ротаций плодосменного севооборота и пятикратного

внесения извести серую лесную почву можно отнести в разряд близких к нейтральным и нейтральным (рН<sub>KCl</sub> 5,7–6,1, Нг – 1,5–2,7 мг-экв./100 г почвы, V – 93,2–96,0%). Применение минеральных удобрений способствовало увеличению продуктивности севооборота на 0,23–0,69 т з. ед./га, извести – на 0,36–0,46 т з. ед./га. Окупаемость 1 кг д.в. внесенных удобрений в среднем за ротацию составила 6,1–11,5 кг зерна, 1 т извести – 2,7–3,2 ц зерна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Le Q.B., Nkonya E., Mirzabaev A.* Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots // *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*, 2016. P. 55. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3\_4.
2. *Pender J., Mirzabaev A., Kato E.* Economic Analysis of Sustainable Land Management Options in Central Asia // *Final Report for the ADB. IFPRI/CARDA*. 2009. Vol. 168. URL: <https://msri.ucentralasia.org/>

3. Кудеяров В.Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России // *Агрохимия*. 2018. № 10. С. 3–11.
4. Сычев В.Г., Лунев М.И., Павлихина А.В. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России // *Плодородие*. 2012. № 4. С. 5–7.
5. Аканова Н.И., Шильников И.А. Проблема химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации // *Плодородие*. 2018. № 2. С. 9–11.
6. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации (по состоянию на 1 января 2010 года). Реестр плодородия почв. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент растениеводства, химизации и защиты растений, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. М.: ВНИИА, 2013. 208 с.
7. Некрасов Р.В., Аканова Н.И., Шкуркин С.И. Агроэкологическая и социально-экономическая перспектива химической мелиорации почв // *Плодородие*. 2021. № 3. С. 52–55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.09
8. Сискевич Р.Ю., Корчагин Е.В., Косикова Н.А. Химическая мелиорация земель сельскохозяйственного назначения // *Земледелие*. 2021. № 2. С. 14–17. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10203.
9. Гладышева О.В., Пестряков А.М., Свирина В.А. Влияние известкования на физико-химические свойства темно-серой лесной почвы и продуктивность возделываемых культур // *Плодородие*. 2015. № 6. С. 17–19.
10. Кирюшин В.И., Иванов А.Л., Ильин Л.И., Окорков В.В. Системы воспроизводства плодородия в зоне серых лесных почв // *Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии*. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 2013. С. 32–91.
11. Гамзиков Г.П., Дмитриев Н.Н., Мальцев В.Т., Дьяченко Е.Н. Длительное применение удобрений и известки в плодосменном севообороте на серой лесной почве Прибайкалья // *Плодородие*. 2014. № 6. С. 25–26.
12. Дьяченко Е.Н., Шевелев А.Т. Изменение агрохимических свойств серой лесной почвы при систематическом применении минеральных, известковых удобрений и сидерации // *Агрохимический вестник*. 2019. № 4. С. 35–38. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10056.
13. Лашков В.Г. Севооборот и плодородие почвы: монография. М.: Издательство ВНИИА, 2015. 512 с.
14. Яговенко Л.Л., Такунов И.П., Яговенко Г.Л. Влияние люпина на свойства почвы при его запашке на сидерацию // *Агрохимия*. 2003. № 6. С. 71–80.
15. Галеева Л.П. Физико-химические свойства и фосфатный режим черноземов выщелоченных Приобья при внесении сидератов // *Агрохимия*. 2009. № 5. С. 22–28.
16. Хуснидинов Ш.К., Дмитриев Н.Н., Такаландзе Г.О., Замациков Р.В. Сидеральная система земледелия Предбайкалья: монография. М.: Перо, 2014. 232 с.

## REFERENCES

1. Le Q.B., Nkonya E., Mirzabaev A. Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots. *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*, 2016. pp. 55. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3\_4.
2. Pender J., Mirzabaev A., Kato E. Economic Analysis of Sustainable Land Management Options in Central Asia. *Final Report for the ADB. IFPRI/CARDA*. 2009, vol. 168. URL: <https://msri.ucentralasia.org/>
3. Kudeyarov V.N. The balance of nitrogen, phosphorus and potassium in agriculture of Russia. *Agrohimia = Agrochemistry*, 2018, no. 10, pp. 3–11. (In Russian).
4. Sychev V.G., Lunev M.I., Pavlikhina A.V. Current state and dynamics of arable land fertility in Russia. *Plodorodie = Plodorodie*, 2012, no. 4, pp. 5–7. (In Russian).
5. Akanova N.I., Shilnikov I.A. On the problem of chemical reclamation of soils in the agriculture of the Russian Federation. *Plodorodie = Plodorodie*, 2018, no. 2, pp. 9–11. (In Russian).
6. *Agrochemical characteristics of farmlands in Russian Federation (at the date of January 1, 2010). Register of soil fertility*. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Department of Crop Production, Chemicalization and Plant Protection, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry. Moscow, ARRIAC, 2013, 208 p. (In Russian).
7. Nekrasov R.V., Akanova N.I., Shkurkin S.I. Agroecological and socioeconomic perspec-

- tive of chemical soil reclamation. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 3, pp. 52–55. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.09.
8. Siskevich R. Yu., Korchagin E. V., Kosikova N. A. Chemical reclamation of agricultural land. *Zemledelie = Zemledelie*, 2021, no. 2, pp. 14–17. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10203.
  9. Gladysheva O. V., Pestryakov A. M., Svirina V. A. Effect of liming on the physicochemical properties of clay loamy dark gray forest soil and the productivity of crops. *Plodorodie = Plodorodie*, 2015, no. 6, pp. 17–19. (In Russian).
  10. Kiryushin V. I., Ivanov A. L., Il'in L. I., Okorkov V. V. Fertility reproduction systems in the belt of gray forest soils. *Scientific bases of prevention of degradation of soils (lands) of farmlands of Russia and formation of systems of their fertility reproduction in adaptive landscape arable farming*, Moscow, Soil Institute named after V. V. Dokuchayev Publ., 2013, pp. 32–91. (In Russian).
  11. Gamzikov G. P., Dmitriev N. N., Maltsev V. T., D'yachenko E. N. Long-term application of fertilizers and lime in a crop rotation on gray forest soil in Cisbaikalia. *Plodorodie = Plodorodie*, 2014, no. 6, 2014, pp. 25–26. (In Russian).
  12. Dijachenko E. N., Shevelev A. T. Changing in agrochemical properties of gray forest soil with systematic application of mineral fertilizers, lime and green manuring. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*, 2019, no. 4, pp. 35–38. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10056.
  13. Lashkov V. G. *Crop rotation and soil fertility*. Moscow, VNIIA Publ., 2015, 512 p. (In Russian).
  14. Yagovenko L. L., Takunov I. P., Yagovenko G. L. The effect of plowed-down lupin green manure of soil properties. *Agrohimia = Agrochemistry*, 2003, no. 6, pp. 71–80. (In Russian).
  15. Galeeva L. P. Effect of green manure application on the physicochemical properties and phosphate status of leached chernozems in the Ob' region. *Agrohimia = Agrochemistry*, 2009, no. 5, pp. 22–28. (In Russian).
  16. Husnidinov Sh. K., Dmitriev N. N., Takalandze G. O., Zamaschikov R. V. *Green manuring system of arable farming in Predbaikalie*. Moscow, Pero Publ., 2014, 232 p. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Дьяченко Е.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 664511, Иркутская область, Иркутский район, с. Пивовариха, ул. Дачная, 14; e-mail: agrohim\_170@mail.ru

#### AUTHOR INFORMATION

✉ Evgeniya N. Dijachenko, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head; **address:** 14, Dachnaya St., Pivovarikha, Irkutsk District, Irkutsk Region, 664511, Russia; e-mail: agrohim\_170@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 23.06.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 23.08.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022



## ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ХЛОРОФИЛЛА ЛИСТЬЕВ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИНФИЦИРОВАНИИ *BIPOLARIS SOROKINIANA*, ХЛОРИДНОМ ЗАСОЛЕНИИ И ГИПЕРТЕРМИИ СЕМЯН

✉ Гурова Т.А., Чесноченко Н.Е.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: guro-tamara@yandex.ru

Представлены результаты измерения и сравнение информативности параметров флуоресценции хлорофилла (ФлХ) 10-суточных проростков яровой пшеницы в лабораторных условиях при раздельном и совместном действии стрессоров. Исследования проводили в 2020, 2021 гг. Установлено, что раздельное и совместное действие хлоридного засоления (1,3%), инфицирования возбудителем корневой гнили злаков *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (5000 конидий на зерно) подавляло световые и темновые реакции фотосинтеза. Обнаружено достоверное снижение эффективного квантового выхода  $Y(II)$ , коэффициента фотохимического тушения  $qP$  и скорости электронного транспорта  $ETR$  у обоих сортов, наибольшее – в варианте совместного действия стрессоров (до 62,7%). Максимальный фотохимический квантовый выход ФС II  $Fv / Fm$  оказался менее информативным, достоверных изменений параметра не обнаружено. Ингибирование светозависимых реакций сопровождалось достоверным увеличением значений параметров нефотохимического тушения ФлХ – коэффициента  $qN$  и квантового выхода регулируемого нефотохимического тушения ФлХ  $Y(NPQ)$  от 24,1 до 72,1% у обоих сортов, наиболее выраженным у сорта Сибирская 12. Параметр  $Y(NO)$  – квантовый выход нерегулируемого нефотохимического тушения ФлХ – изменялся недостоверно относительно контроля у обоих сортов. Выявлен положительный эффект предварительной гипертермии семян (43 °С) на функциональную активность фотосинтетического аппарата проростков – достоверное ( $p \leq 0,05$ ) увеличение значений параметров  $Y(II)$ ,  $qP$ ,  $ETR$  (на 18,0–59,0%) и снижение значений параметров  $Y(NPQ)$ ,  $Y(NO)$  и  $qN$  (на 18,8–35,1%) при последующем действии инфицирования и хлоридного засоления у обоих сортов, преимущественно у сорта Омская 18. Установлена информативность параметров ФлХ для оценки стрессоустойчивости сортов. Достоверные межсортовые различия (от 1,2–6,2 раза) выявлены практически по всем параметрам (кроме  $Fv / Fm$ ,  $Y(NO)$ ,  $Fv$ ) по всем вариантам опыта. Установлена сортоспецифичность – наименьшие изменения параметров ФлХ относительно контроля были у устойчивого сорта Омская 18 во всех вариантах опыта. Предложенный подход позволит разработать неинвазивный метод ранней диагностики стрессоустойчивости (фенотипирования) новых генотипов пшеницы к действию биотических и абиотических стрессоров.

**Ключевые слова:** пшеница, сорт, устойчивость, стрессоры, фотосинтез, параметры флуоресценции хлорофилла

## CHLOROPHYLL FLUORESCENCE OF WHEAT LEAVES WHEN INFECTED WITH *BIPOLARIS SOROKINIANA*, CHLORIDE SALINITY AND SEED HYPERTHERMIA

✉ Gurova T.A., Chesnochenko N.E.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

✉ e-mail guro-tamara@yandex.ru

Results of chlorophyll fluorescence parameters (ChlF) informativity measurement and comparison of 10-d-old spring wheat seedlings under laboratory conditions under separate and combined stressors action are presented. It was found that separate and combined action of chloride salinity (1,3%), infection with cereal root rot pathogen *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (5000 conidia per grain) suppressed light and dark reactions of photosynthesis. The effective quantum yield  $Y(II)$ , photochemical quenching  $qP$  and electron transport  $ETR$  decreased significantly in both cultivars, most significantly in the co-activated version (up to 62,7%). The maximum photochemical quantum yield of FS II  $Fv / Fm$  was less informative, no significant changes in the parameter were found. Inhibition of light-dependent reactions was accompanied by a significant increase in the values of the parameters of non-photochemical quenching ChlF - coefficient  $qN$  and quantum yield of regulated non-photochemical quenching ChlF  $Y(NPQ)$  from 24.1 to 72.1% in both varieties, most pronounced in the variety Sibirskaya 12. The parameter  $Y(NO)$ , the quantum yield of unregulated non-photochemical quenching of ChlF, changed insignificantly relative to the control in both varieties. The positive effect of seed pre-heating (43 °C) on the functional activity of photosynthetic apparatus of seedlings - the reliable ( $p \leq 0,05$ ) increase of the parameter  $Y(II)$ ,  $qP$ ,  $ETR$  (by 18,0-59,0%) and decrease of the parameter  $Y(NPQ)$ ,  $Y(NO)$  and  $qN$  (by 18,8-35,1%) at further infection and chloride salinization in both sorts, mainly in the variety Omskaya 18 was revealed. The informativeness of the parameters ChlF for assessment of varieties stress tolerance was established. Significant inter-variety differences (from 1.2-6.2 times) were revealed for almost all parameters (except for  $Fv / Fm$ ,  $Y(NO)$ ,  $Fv$ ) for all variants of experiment. The varietal specificity was established - the least changes in ChlF parameters relative to the control were in the stable variety Omskaya 18 in all variants of the experiment. The proposed approach will make it possible to develop a non-invasive method for early diagnosis of stress tolerance (phenotyping) of new wheat genotypes to biotic and abiotic stressors.

**Keywords:** wheat, variety, resistance, stressors, photosynthesis, chlorophyll fluorescence parameters

**Для цитирования:** Гурова Т.А., Чесноченко Н.Е. Флуоресценция хлорофилла листьев пшеницы при инфицировании *Bipolaris sorokiniana*, хлоридном засолении и гипертермии семян // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 12–28. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-2>

**For citation:** Gurova T.A., Chesnochenko N.E. Chlorophyll fluorescence of wheat leaves when infected with *Bipolaris sorokiniana*, chloride salinity and seed hyperthermia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 12–28. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-2>

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Неблагоприятные условия окружающей среды, почвенное засоление, патогенные микроорганизмы приводят к стрессовым состояниям растений, что ограничивает сельскохозяйственное производство пшеницы во всем мире. По современным прогнозам, стрессовые взаимодействия между абиотическими и биотическими факторами среды станут еще более распространенными в связи с наблюдаемыми и прогнозируемыми изменениями климата [1, 2]. Одним из путей снижения отрицательного действия комплекса стрессоров и получения высоких и стабильных урожаев зерна яровой пшеницы является обоснованный выбор устойчивых к стрессорам сортов [3, 4]. В связи с этим в программах по созданию стрессоустойчивых сортов сельскохозяйственных культур важная роль отводится разработке методов отбора, позволяющих ускорить скрининг устойчивых генотипов к стрессовым воздействиям на ранних этапах развития растений. Таким требованиям соответствуют биофизические методы диагностики. При этом в качестве диагностических показателей используются интегральные показатели состояния растительного организма, такие как энергетический статус (интенсивность фотосинтеза, окислительное фосфорилирование), устойчивость клеточных мембран (проницаемость), электрические параметры (потенциал действия), спектральные характеристики и др. [5–7].

Фотосинтез – один из чувствительных к стрессу процессов растительной клетки [8, 9]. При фотосинтезе вся поглощенная молекулами хлорофилла световая энергия затрачивается на фотохимические реакции (фотохимическое тушение), тепловую диссипацию (нефотохимическое тушение) и флуоресценцию, процессы, конкурирующие в дезактивации возбужденных состояний пигментов фотосистемы II (ФС II) [10]. Изменение эффективности одного из них ведет к противоположно направленному изменению двух других. Нарушение фотосинтетической активности растений можно оценить методом регистрации флуоресценции хло-

рофилла (ФлХ), позволяющим определить общий биоэнергетический статус растительного организма, т.е. его способность к фотосинтетическому преобразованию энергии [11, 12]. ФлХ – это вторичное излучение световой энергии, поглощенной молекулой хлорофилла, мера энергии квантов света, которые не были использованы в процессе фотосинтеза. ФлХ испускается в основном молекулами хлорофилла  $\alpha$  в антенных комплексах ФС II и связана не только с процессами в пигментной матрице и реакционных центрах (РЦ) фотосистемы II (ФС II), но и с окислительно-восстановительными реакциями на донорной и акцепторной сторонах и даже во всей цепи переноса электронов. Она определяется в режиме записи темновых индукционных кривых с импульсным анализом насыщения во времени [13]. Измеряя характеристики ФлХ, можно оценить работу фотосинтетического аппарата, в том числе долю энергии, используемую в фотохимии [14].

Использование измерения ФлХ при изучении фотосинтетических характеристик и стресса у растений в настоящее время широко распространено в физиологических и экофизиологических исследованиях. Это произошло из-за развития понимания взаимосвязи между параметрами ФлХ и процессами фотосинтетического электронного транспорта в электрон-транспортной цепи (ЭТЦ), определяющими изменение интенсивности флуоресценции, а также коммерческой доступности ряда флуориметров [15, 16].

Метод является неразрушающим, высокочувствительным и позволяет получить информацию об эффективности фотосинтеза и целостности фотосинтетического аппарата на самых ранних стадиях развития стресса [13, 17]. В частности, он используется для оценки устойчивости пшеницы к температурному стрессу, засухе, повышенной кислотности, засолению и гербицидам [7, 18–20], сортов и форм яблони к пестицидам [21], земляники садовой к болезням и вредителям [22, 23], а также для диагностики минерального питания [24, 25].

Регистрация ФЛХ осуществляется с помощью чувствительных фотодиодов, используемых отдельно или в составе флуориметров. Наиболее перспективными и распространенными являются РАМ-флуориметры, измеряющие ФЛХ методом пульс-амплитудной модуляции (Pulse-Amplitude-Modulation). Путем модуляции амплитуды измеряющего светового пучка (микросекундный диапазон импульсов) и параллельного обнаружения возбуждаемой ФЛХ можно определить относительный выход фотохимии<sup>1</sup> [14]. Регистрация ФЛХ осуществляется *in vivo*, не требует пробоподготовки исследуемых объектов и происходит в присутствии света с любым спектральным составом, а также солнечного света в полевых условиях [16].

Наше исследование направлено на оценку фотосинтетической активности проростков пшеницы в условиях раздельного и совместного действия солевого стресса, инфицирования возбудителем корневой гнили злаков *Bipolaris sorokiniana* Shoem. и повышенной температуры (прогрев семян). Данные стрессоры относятся к факторам, негативно влияющим на рост и развитие пшеницы в основных зерносеющих районах мира, включая Западно-Сибирский регион<sup>2</sup> [26, 27]. Эти факторы могут нарушать нормальный метаболизм растений пшеницы, негативно влияя на ключевые физиологические процессы, в том числе на фотосинтез [6, 28].

Цель работы – исследовать влияние раздельного и совместного действия хлоридного засоления, обыкновенной корневой гнили и повышенной температуры (прогрев семян) на параметры ФЛХ проростков мягкой яровой пшеницы для выявления информативных параметров оценки стрессоустойчивости сортов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа выполнена в лаборатории изучения физических процессов в агрофитоценозах Сибирского физико-технического института аграрных проблем СФНЦА РАН.

Для выявления информативных параметров ФЛХ проводили вегетационные опыты (водные культуры) в лабораторных условиях при раздельном и совместном действии хлорида натрия, возбудителя обыкновенной корневой гнили злаков и повышенной температуры (прогрев семян) на проростки районированных сортов яровой пшеницы: Сибирская 12 (относительно неустойчивый) селекции СибНИИРС – ИЦиГ СО РАН и Омская 18 (относительно устойчивый) селекции Омского АНЦ.

Варианты опытов:

- контроль (семена без прогрева) и повышенная температура (прогрев семян при 43 °С);
- семена без прогрева + инфицирование *B. sorokiniana* (5000 конидий на зерно);
- семена без прогрева + хлоридное засоление 1,3%;
- семена без прогрева + инфицирование *B. sorokiniana* (5000 конидий на зерно) + хлоридное засоление 1,3%;
- прогрев семян при 43 °С + инфицирование *B. sorokiniana* (5000 конидий на зерно);
- прогрев семян при 43 °С + хлоридное засоление 1,3%;
- прогрев семян при 43 °С + инфицирование *B. sorokiniana* (5000 конидий на зерно) + хлоридное засоление 1,3%.

Уровни стрессовых нагрузок – конидиальная суспензия *B. sorokiniana* 5000 конидий на зерно и концентрация хлорида натрия (NaCl) 1,3% – определены нами в специально проведенных вегетационных опытах как позволяющие дифференцировать сорта пшеницы сибирской селекции при оценке их устойчивости к данным стрессовым фак-

<sup>1</sup>Каталог продукции немецкой компании «Хайнц Вальц ГмбХ» («Heinz Walz GmbH»). <http://www.heinzwalz.ru/>

<sup>2</sup>Гольятин В.Я., Мишуков Н.П., Федоренко В.Ф., Голубев И.Г., Балабанов В.И., Петухов Д.А. Цифровые технологии для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения беспилотными летательными аппаратами: аналитический обзор. М.: Росинформгротех, 2020. 88 с.

торам по биометрическим показателям и проницаемости клеточных мембран<sup>3,4</sup> [29].

Семена пшеницы предварительно стерилизовали 96%-м этиловым спиртом в течение 2 мин с последующим трехкратным промыванием дистиллированной водой. Прогрев семян проводили в течение 20 мин в горячей воде на водяной бане по методике ВИР<sup>5</sup>. После остывания семена раскладывали в чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой и проращивали в термостате при температуре 22 °С в течение трех суток. Одновременно проращивали замоченные пробы семян без прогрева. На третьи сутки культивирования проводили инфицирование семян конидиальной суспензией смеси среднепатогенных изолятов *B. sorokiniana*, приготовленной на 0,1%-м водном агаре (по одной капле на зерно).

Далее проростки выращивали в климатической камере «Биотрон-7» в рулонной культуре на водопроводной воде (варианты – контроль и инфицирование *B. sorokiniana*) и хлориде натрия при фотопериоде «день – ночь» 16 и 8 ч соответственно, освещенности 20 000 и 0 лк (день – ночь), температуре 22 и 18 °С (день – ночь), влажности 60%.

Кинетику и параметры ФлХ ФС II регистрировали с помощью флуориметра Dual-PAM-100/F (Heinz Walz GmbH, Германия) методом амплитудно-импульсной модуляции в режиме записи медленной кинетики темновых индукционных кривых с анализом импульса насыщения (Slow Kinetics). Время задержки записи индукционных кривых после определения минимальной и максимальной ФлХ  $\alpha$  равно 40 с, что достаточно для полного повторного окисления акцепторов («открытия» реакционных центров). Интервал между импульсами насыщения при записи индукционных кривых 20 с, время регистрации данных 4 мин. Возбуждение молекул хлорофилла  $\alpha$  производилось «синим» светодиодом с длиной волны 460 нм, детектирова-

ние ФлХ – «красным» фотодиодом с длиной волны 680 нм. Управление работой флуориметра осуществлялось с помощью специализированного программного обеспечения. Перед измерением ФлХ 10-дневные проростки пшеницы адаптировали к темноте в камере для образцов 30 мин для достижения полностью окисленного состояния акцепторов ФС II (все реакционные центры ФС II «открыты»). Для регистрации параметров ФлХ закрепляли лист проростка на штативе с оптическим держателем и запускали программу записи индукционных кривых ФлХ.

Получали следующие параметры флуоресценции:  $F_0$ ,  $F_m$  – минимальный и максимальный уровень ФлХ, вызванный импульсом света после адаптации листьев к темноте;  $F_0'$ ,  $F_m'$  – минимальный и максимальный уровень ФлХ, вызванный импульсом света после адаптации листьев к свету;  $F_v / F_m$  – максимальный фотохимический квантовый выход ФС II;  $Y(II)$  – эффективный фотохимический квантовый выход ФС II после адаптации листьев к свету;  $Y(NPQ)$  – квантовый выход регулируемого нефотохимического тушения ФлХ;  $Y(NO)$  – квантовый выход нерегулируемого нефотохимического тушения ФлХ;  $qP$  – коэффициент фотохимического тушения ФлХ;  $qN$  – коэффициент нефотохимического тушения ФлХ;  $ETR$  – скорость электронного транспорта. Рассчитывали переменную (вариабельную) ФлХ:  $F_v = F_m - F_0$ .

Реакцию сорта определяли по относительному изменению измеряемых параметров проростков после экспозиции растений на стрессорах. Чем меньше изменения параметров, тем выше устойчивость в исследуемой группе сортов. Повторности опытов аналитическая и биологическая – 6- и 3-кратные. Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel 2000 с использованием стандартного пакета анализа данных. Анализировали параметры

<sup>3</sup>Пат. RU 2446671 МПК А01G7/00, А01Н1/04. Способ определения относительной устойчивости сортов мягкой яровой пшеницы к хлоридному засолению / Т.А. Гурова, В.Ю. Березина, Н.С. Куцерубова. Опубл. 10.04.2012.

<sup>4</sup>Пат. RU 2625027 МПК А01С12N 1/14, А01Н 5/12. Способ определения относительной устойчивости сортов мягкой яровой пшеницы к возбудителю обыкновенной корневой гнили злаков / Т.А. Гурова, В.В. Альт, О.С. Луговская. Опубл. 11.07.2017.

<sup>5</sup>Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: метод. рекомендации / под. ред. Г.В. Удовенко. Л., 1988. 228 с.

ФлХ, зарегистрированные в течение 4 мин. Ошибка среднего не превышала 3–5%. Проведено три серии экспериментов. Для определения значимости различий средних значений использовали *t*-критерий Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Параметры ФлХ, изменение которых отражает структурные и функциональные характеристики фотосинтетического аппарата растений, оценивали у проростков двух сортов пшеницы при инфицировании возбудителем обыкновенной гнили, хлоридном засолении и предварительном прогреве семян с возможностью диагностирования стрессоустойчивости сортов. РАМ – измерения ФлХ генерируют различные параметры, которые в основном являются производными от пяти взаимно независимых уровней ФлХ: минимального (фонового)  $F_0$  и максимального выходов флуоресценции  $F_m$  в адаптированном к темноте состоянии; стационарного  $F_s$ ; минимального (фонового)  $F_0'$  и максимального выходов флуоресценции  $F_m'$  в адаптированном к свету состоянии образцов соответственно.

*Переменная (вариабельная) ФлХ после темновой адаптации листьев –  $F_v$ .* Параметр зависит от максимального квантового выхода ФС II. Снижение значения этого параметра указывает на ослабление фотосинтетической активности и рассеивание энергии в виде тепла. Значение  $F_v$  снижается при стрессах, которые вызывают повреждение тилакоидов [13]. Стрессовые факторы в условиях нашего эксперимента замедляли активность фотосинтетического аппарата проростков обоих сортов, что выражалось в достоверном ( $p \leq 0,05$ ) снижении значений параметра  $F_v$  во всех вариантах опыта (от 14,0 до 42,4%), наибольшее – в варианте совместного действия стрессоров по сравнению с контролем (см. таблицу).

Нами установлено, что предварительный прогрев семян повышал устойчивость проростков (по типу кросс-адаптации) к последующему действию патогена и засолению [30]. Кросс-адаптация – процесс повышения устойчивости организма к кон-

кретному стрессовому фактору в результате адаптации к фактору иной природы. Можно предположить, что в нашем эксперименте предварительный прогрев семян активизирует защитные механизмы растений и поддерживает их длительное время в активном состоянии. Последующее действие патогена и засоления повышает уровень сигнальных молекул и уже активизированные защитные системы пытаются предотвратить развитие стресса.

Протекторный эффект гипертермии отмечен в варианте инфицирования у сорта Сибирская 12 – достоверное ( $p \leq 0,05$ ) снижение ингибирования  $F_v$  на 13,3%, а также в вариантах совместного действия стрессоров у сорта Сибирская 12 на 34,6% и у сорта Омская 18 на 41,7%. В варианте засоления после прогрева семян наблюдали повышение ингибирующего действия стрессора – снижение параметра  $F_v$  в 2 раза, наиболее выраженное у сорта Сибирская 12.

Параметр переменной ФлХ можно рассматривать как информативный при исследовании влияния стрессовых факторов (инфицировании возбудителем обыкновенной гнили, хлоридном засолении и предварительном прогреве семян) на фотосинтетическую активность проростков пшеницы. Однако достоверных межсортовых различий в условиях нашего эксперимента по данному параметру не выявлено.

*Максимальный фотохимический квантовый выход ФС II –  $F_v / F_m$ .* Этот параметр является одной из основных характеристик работы фотосистем. Он оценивает максимальную фотохимическую активность ФС II и определяется как соотношение количества квантов света, используемых в разделении зарядов ФС II, к общему числу квантов, поглощенных антенным комплексом этой фотосистемы [16]. Регистрируется параметр сразу после темновой адаптации растительных тканей. Достоверного влияния стрессовых факторов и связанного с ними в условиях нашего эксперимента замедления активности фотосинтетического аппарата проростков обоих сортов, выраженного изменениями параметра  $F_v / F_m$  во

Изменение значений параметров флуоресценции хлорофилла проростков пшеницы при раздельном и совместном действии стрессоров (отн. ед.)  
 Changing values of chlorophyll fluorescence parameters of wheat seedlings under separate and combined stressors (relative units)

| Сорт                     | Вариант                      | Показатель |            |            |            |            |              |            |             |             |             |
|--------------------------|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|                          |                              | Y(II)      | Y(NPQ)     | Y(NO)      | qP         | qN         | ETR          | Fo         | Fm          | Fv          | Fv/Fm       |
| <i>Без нагрева семян</i> |                              |            |            |            |            |            |              |            |             |             |             |
| Сибирская 12             | Контроль                     | 4,1 ± 0,2  | 2,9 ± 0,1  | 3,0 ± 0,1  | 6,3 ± 0,3  | 5,3 ± 0,2  | 204,7 ± 9,1  | 7,6 ± 0,4  | 22,9 ± 1,4  | 15,3 ± 0,2  | 0,67 ± 0,02 |
|                          | <i>B. sorokiniana</i>        | 3,3 ± 0,1* | 3,6 ± 0,2* | 3,1 ± 0,1  | 5,1 ± 0,2* | 5,9 ± 0,2  | 159,9 ± 7,3* | 6,8 ± 0,3  | 20,0 ± 1,3* | 13,2 ± 0,2* | 0,66 ± 0,02 |
|                          | NaCl                         | 2,8 ± 0,1* | 3,8 ± 0,1* | 3,4 ± 0,2  | 4,3 ± 0,1* | 5,8 ± 0,1  | 133,5 ± 4,0* | 6,2 ± 0,2* | 19,4 ± 0,3* | 13,2 ± 0,2* | 0,68 ± 0,02 |
| Омская 18                | <i>B. sorokiniana</i> + NaCl | 1,8 ± 0,1* | 4,8 ± 0,2* | 3,4 ± 0,1  | 3,0 ± 0,1* | 6,7 ± 0,3* | 77,5 ± 1,7*  | 6,1 ± 0,2* | 16,2 ± 0,2* | 10,1 ± 0,1* | 0,63 ± 0,03 |
|                          | Контроль                     | 3,3 ± 0,1  | 3,2 ± 0,1  | 3,5 ± 0,2  | 4,9 ± 0,2  | 5,4 ± 0,1  | 161,0 ± 7,8  | 6,3 ± 0,2  | 20,7 ± 0,5  | 14,4 ± 0,3  | 0,70 ± 0,03 |
|                          | <i>B. sorokiniana</i>        | 3,0 ± 0,1  | 4,1 ± 0,2  | 2,9 ± 0,1  | 4,7 ± 0,1  | 6,5 ± 0,3* | 155,4 ± 5,1  | 7,5 ± 0,3* | 22,6 ± 0,6  | 15,1 ± 0,3  | 0,67 ± 0,02 |
|                          | NaCl                         | 2,0 ± 0,1* | 4,7 ± 0,2  | 3,3 ± 0,1  | 3,2 ± 0,1* | 6,5 ± 0,3* | 87,6 ± 1,9*  | 6,2 ± 0,2  | 18,1 ± 0,3  | 11,9 ± 0,2* | 0,66 ± 0,02 |
|                          | <i>B. sorokiniana</i> + NaCl | 1,8 ± 0,1* | 5,1 ± 0,3  | 3,1 ± 0,1  | 3,1 ± 0,1* | 7,0 ± 0,3* | 80,9 ± 1,6*  | 4,9 ± 0,1* | 13,2 ± 0,2* | 8,3 ± 0,1*  | 0,63 ± 0,01 |
|                          | <i>Нагрев семян 43°C</i>     |            |            |            |            |            |              |            |             |             |             |
| Сибирская 12             | Контроль                     | 4,3 ± 0,2  | 2,2 ± 0,1  | 3,5 ± 0,2  | 6,2 ± 0,3  | 4,3 ± 0,2  | 214,5 ± 10,5 | 7,9 ± 0,4  | 26,4 ± 0,9  | 18,5 ± 0,5  | 0,70 ± 0,06 |
|                          | <i>B. sorokiniana</i>        | 3,5 ± 0,1* | 2,9 ± 0,1* | 3,3 ± 0,1  | 5,2 ± 0,2* | 5,0 ± 0,2* | 171,3 ± 8,1* | 7,6 ± 0,4  | 23,9 ± 0,5  | 16,3 ± 0,3  | 0,68 ± 0,05 |
|                          | NaCl                         | 2,7 ± 0,1* | 3,8 ± 0,2* | 3,5 ± 0,2  | 4,2 ± 0,2* | 5,8 ± 0,2* | 127,9 ± 3,2* | 6,6 ± 0,3* | 19,9 ± 0,4* | 13,3 ± 0,2* | 0,67 ± 0,04 |
| Омская 18                | <i>B. sorokiniana</i> + NaCl | 2,3 ± 0,1* | 3,6 ± 0,2* | 4,1 ± 0,2* | 3,7 ± 0,1* | 5,4 ± 0,2* | 107,9 ± 2,1* | 6,7 ± 0,2* | 21,1 ± 0,6* | 14,4 ± 0,2* | 0,68 ± 0,02 |
|                          | Контроль                     | 3,5 ± 0,2  | 2,9 ± 0,1  | 3,6 ± 0,1  | 4,4 ± 0,2  | 4,7 ± 0,1  | 173,3 ± 5,4  | 7,3 ± 0,4  | 23,9 ± 0,7  | 16,6 ± 0,3  | 0,69 ± 0,03 |
|                          | <i>B. sorokiniana</i>        | 2,8 ± 0,1* | 4,1 ± 0,2* | 3,1 ± 0,1* | 4,6 ± 0,2  | 6,4 ± 0,3* | 147,2 ± 2,9* | 6,5 ± 0,3  | 19,4 ± 0,5* | 12,9 ± 0,2* | 0,67 ± 0,03 |
|                          | NaCl                         | 2,3 ± 0,1* | 3,8 ± 0,1* | 3,9 ± 0,2  | 3,6 ± 0,1* | 6,0 ± 0,3* | 106,6 ± 1,9* | 5,9 ± 0,2* | 18,4 ± 0,5* | 12,5 ± 0,1* | 0,68 ± 0,04 |
|                          | <i>B. sorokiniana</i> + NaCl | 1,9 ± 0,1* | 4,0 ± 0,2* | 4,1 ± 0,2* | 3,0 ± 0,1* | 5,7 ± 0,2* | 85,2 ± 1,4*  | 6,9 ± 0,3  | 19,4 ± 0,6* | 12,5 ± 0,2* | 0,65 ± 0,02 |

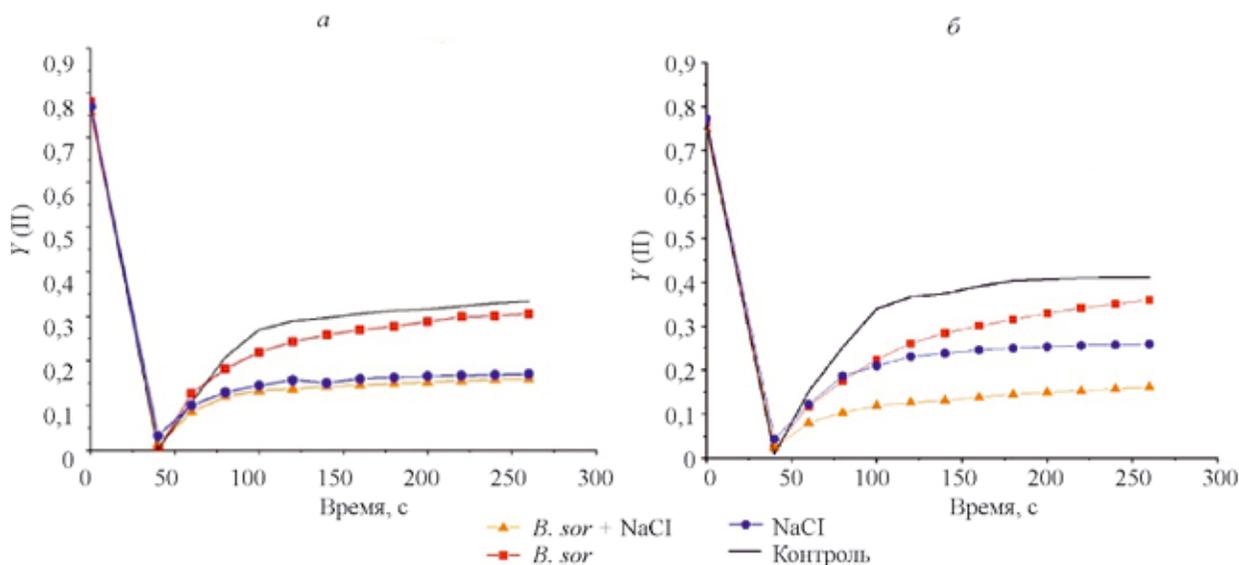
\*Различия с контролем достоверны на уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

всех вариантах опыта не установлено (см. таблицу). При этом значения фоновой  $F_0$  и максимальной  $F_m$  ФЛХ в условиях нашего эксперимента достоверно снижались у обоих сортов практически во всех вариантах. Стрессовые факторы оказывали влияние на антенный комплекс, т.е. происходили потери энергии при ее миграции и флуоресценция возбуждалась. При этом установлены недостоверные изменения  $F_0$  у сорта Сибирская 12 в варианте инфицирования с нагревом семян и у сорта Омская 18 в вариантах совместного стресса и засоления с нагревом и без нагрева семян. Показатель  $F_m$  недостоверно изменялся у обоих сортов в вариантах инфицирования без нагрева и с нагревом семян. Максимальный фотохимический квантовый выход является достаточно часто применяемым параметром при оценке влияния экологических стрессоров на фотосинтетический аппарат растений, однако в исследованиях по оценке фитотоксических состояний ряски также отмечается недостаточная чувствительность и неинформативность данного параметра [31].

*Эффективный фотохимический квантовый выход ФС II на свету* –  $Y(II)$ .  $Y(II) = (F_m' - F_s) / F_m'$ . Параметр отражает ту часть световой энергии, которая потенциально может быть использована в фотохимических реакциях. Измеряется после адаптации растительных тканей к свету при «закрытых» РЦ ФС II, когда первичные акцепторы пластохиноны находятся в восстановленном состоянии. Нами установлено, что инфицирование проростков пшеницы *B. sorokiniana*, хлоридное засоление и их совместное действие оказывают негативное влияние на эффективность фотохимического тушения ФЛХ, что приводит к снижению интенсивности фотосинтеза. Действие стрессоров связано с нарушением акцептирования электронов РЦ ФС II [14]. В условиях наших экспериментов  $Y(II)$  достоверно ( $p \leq 0,05$ ) снижался от 18,6 до 56,6% у проростков обоих сортов во всех вариантах опыта по сравнению с контролем, в наибольшей степени – в варианте совместного действия стрессоров (см. таблицу).

Предварительный прогрев семян с последующим наложением инфицирования и хлоридного засоления влиял в разной степени на параметр  $Y(II)$ . Достоверное ( $p \leq 0,05$ ) повышение параметра наблюдали у сорта Омская 18 в варианте засоления на 28,0%, у сорта Сибирская 12 – в вариантах совместного действия стрессоров и инфицирования на 18,0 и 59,6% соответственно, т.е. выявлен положительный эффект предварительной гипертермии семян на функциональную активность ФС II. Аналогичные результаты о защитной роли температурного фактора в поддержании стабильности фотосинтетических мембран получены при гипертермии и инфицировании *B. sorokiniana* проростков ячменя [32]. В наименьшей степени относительно контроля параметр  $Y(II)$  изменялся у проростков сорта Омская 18. Межсортовые различия по всем вариантам опытов составляли 1,2–2,0 раза с достоверностью различий на уровне  $p \leq 0,05$ . Наибольшие различия в варианте инфицирования с прогревом и без прогрева семян –1,7–2,0 раза. На рис. 1 представлены изменения параметра  $Y(II)$  при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления без предварительного прогрева семян.

*Квантовый выход регулируемого нефотохимического тушения ФЛХ* –  $Y(NPQ)$ .  $Y(NPQ) = 1 - Y(II) - 1 / (NPQ + 1 + qL (F_m / F_0 - 1))$ . Параметр отражает энергозависимую тепловую диссипацию энергии возбужденного хлорофилла ФС II [13]. Регулируемое нефотохимическое тушение ФЛХ действует как защитный механизм против избыточной энергии возбуждения, т.е. рассеивает ее в безопасное тепло. Это позволяет избежать повреждения РЦ ФС II светом, интенсивность которого превышает возможности электронного транспорта [33]. Регулируемое рассеяние тепла стимулируется циклом ксантофилла [14, 34]. Нами установлено, что при действии *B. sorokiniana*, хлоридного засоления и гипертермии семян происходит активизация процессов диссипации части энергии возбуждения хлорофилла ФС II в тепло. Параметр  $Y(NPQ)$  достоверно ( $p \leq 0,05$ ) увеличивался у обоих



**Рис. 1.** Усредненные значения эффективного квантового выхода фотохимического превращения световой энергии  $Y(II)$  проростков яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления:

*a* – сорт Омская 18; *б* – сорт Сибирская 12

**Fig. 1.** Average values of effective quantum yield of photochemical conversion of light energy  $Y(II)$  of spring wheat seedlings under the action of *B. sorokiniana* and chloride salinity:

*a* - variety Omskaya 18; *б* - variety Sibirskaya 12

сорт во всех вариантах опыта от 24,1 до 72,7%, в большей степени у сорта Сибирская 12, особенно в вариантах засоления и совместного действия стрессоров с предварительным прогревом семян – 72,7 и 63,6% соответственно (см. таблицу).

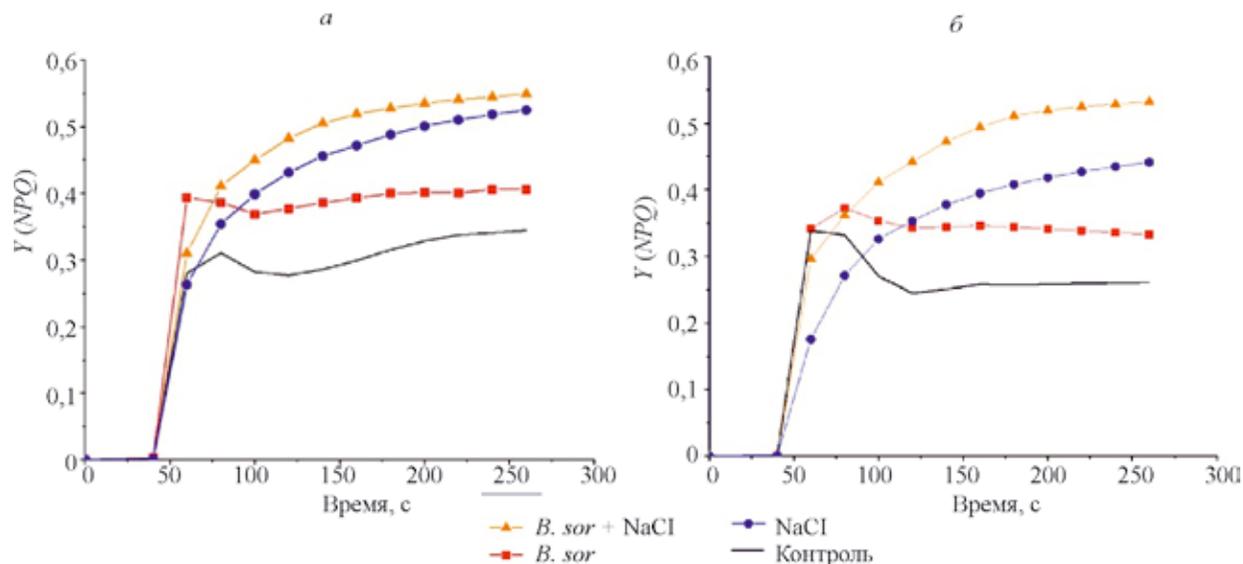
Протекторный эффект гипертермии отмечен только у сорта Омской 18 при совместном действии стрессоров и хлоридном засолении – достоверное ( $p \leq 0,05$ ) снижение параметра на 35,1 и 18,8%. У сорта Сибирская 12 наблюдали снижение параметра на 24,1% в контрольном варианте по сравнению с контролем без прогрева семян.

Межсортные различия по всем вариантам опытов составляли 1,2–1,7 раза с достоверностью различий на уровне  $p \leq 0,05$ . Наибольшие различия в варианте засоления без прогрева и с прогревом семян – 1,5–1,7 раза.

На рис. 2 представлены изменения параметра  $Y(NPQ)$  при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления без предварительного прогрева семян.

*Квантовый выход нерегулируемого нефотохимического тушения ФЛХ –  $Y(NO)$ .  $Y(NO) = 1 / (NPQ + 1 + qL (Fm/Fo - 1))$ . Па-*

раметр связан с тепловыми потерями, возникающими в результате «закрытия» РЦ ФС II в результате блокирования переноса электронов по электрон-транспортной цепи [14]. Побочные реакции при этом связаны с формированием активных кислородных радикалов. Увеличение показателя означает, что фотохимическое превращение энергии и защитные регулирующие механизмы неэффективны. Очень высокое значение показателя указывает не только на блокировку РЦ ФС II, но также и на нарушение протонного градиента тилакоидных мембран [35]. В условиях наших экспериментов установлены недостоверные изменения показателя у сорта Сибирская 12 во всех вариантах опыта (см. таблицу). У сорта Омская 18 в варианте инфицирования *B. sorokiniana* отмечено стимулирующие действие гипертермии семян – снижение показателя на 13,9% относительно контроля при недостоверных его изменениях во всех вариантах опыта, кроме варианта совместного действия стрессоров с прогревом семян – увеличение  $Y(NO)$  на 13,8%. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности защитных регу-



**Рис. 2.** Усредненные значения квантового выхода регулируемого нефотохимического тушения ФлХ –  $Y(NPQ)$  проростков яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления: а – сорт Омская 18; б – сорт Сибирская 12

**Fig. 2.** Average values of quantum yield of regulated non-photochemical quenching ChlF -  $Y(NPQ)$  of spring wheat seedlings under the action of *B. sorokiniana* and chloride salinity: а – variety Omskaya 18; б – variety Sibirsкая 12

лирующих механизмов фотосинтетических реакций у проростков данных сортов с преимуществом сорта Омская 18. На рис. 3 представлены изменения параметра  $Y(NQ)$  при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления без предварительного прогрева семян.

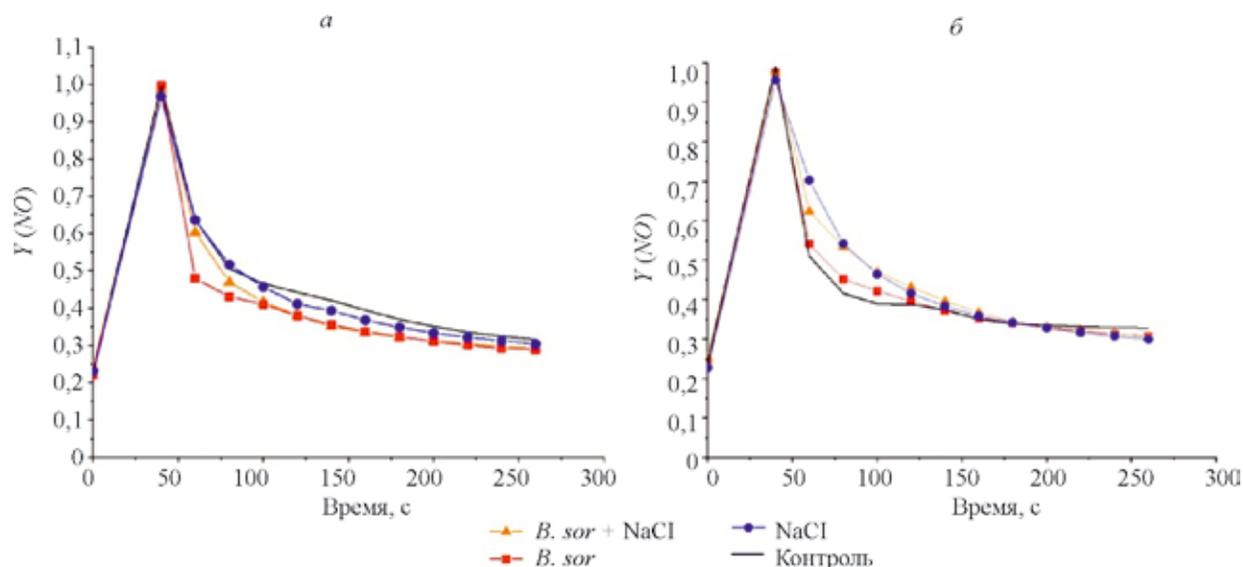
*Коэффициент фотохимического тушения ФлХ –  $qP$ .*  $qP = (Fm' - Fs) / (Fm' - Fo')$ . Параметр оценивает долю комплексов ФС II с окисленным первичным акцептором  $Q_A$  в момент до применения вспышки насыщающего света. Показывает долю световой энергии, потребляемой «открытыми» РЦ ФС II. Нами установлено достоверное ( $p \leq 0,05$ ) снижение параметра  $qP$  во всех вариантах опыта у обоих сортов в диапазоне от 16,1 до 52,4%, в большей степени у сорта Сибирская 12 (см. таблицу). У сорта Омская 18 в варианте инфицирования достоверных изменений параметра не установлено. Все стрессовые факторы уменьшали количество комплексов ФС II с окисленным первичным акцептором  $Q_A$ , что привело к нарушению фотохимического тушения ФлХ.

Протекторный эффект гипертермии установлен в варианте совместного действия стрессоров у сорта Сибирская 12 и в вари-

антах засоления и совместного действия стрессоров у сорта Омская 18 – достоверное ( $p \leq 0,05$ ) повышение параметра  $qP$  на 23,1; 47,6 и 13,6% соответственно. Анализ данных эксперимента показывает совпадение динамики коэффициента фотохимического тушения  $qP$  с динамикой эффективного фотохимического квантового выхода ФС II на свету  $Y(II)$ . Межсортные различия по всем вариантам опытов составляли 1,3–4,7 раза с достоверностью различий на уровнях  $p \leq 0,05$  и  $p \leq 0,01$ . Наибольшие различия в вариантах инфицирования с прогревом и без прогрева семян – 3,4–4,7 раза.

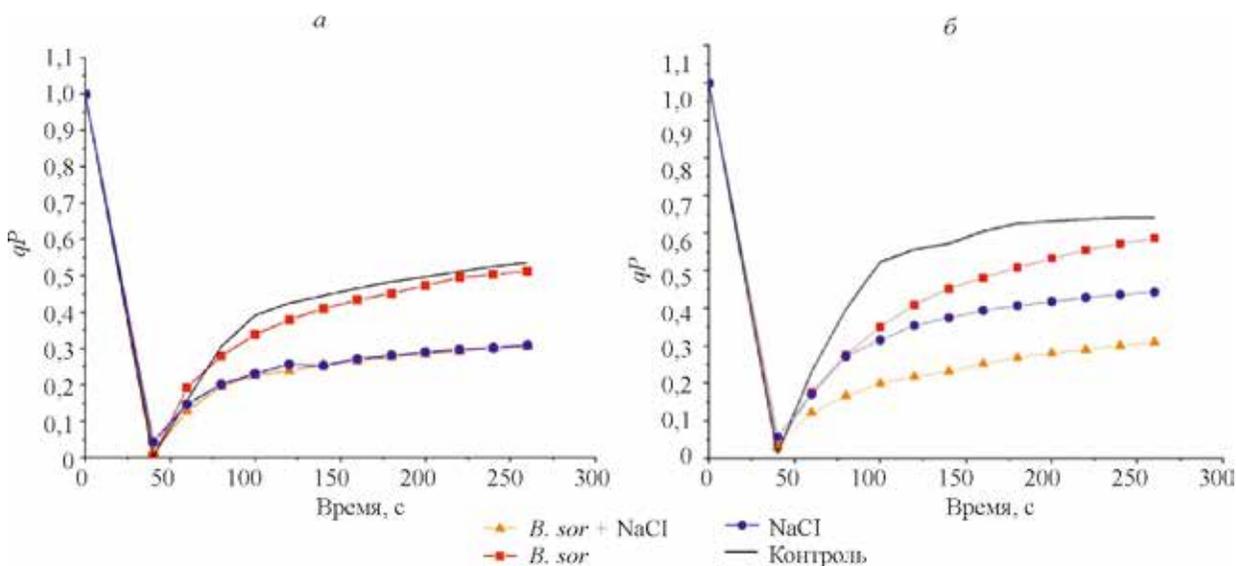
На рис. 4 представлены изменения параметра  $qP$  при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления без предварительного прогрева семян.

*Коэффициент нефотохимического тушения ФлХ –  $qN$ .*  $qN = (Fm - Fm') / (Fm - Fo')$ . Параметр связан с процессами преобразования в тепло части энергии, поглощенной в световой фазе фотосинтеза. Увеличивается в растениях, подверженных стрессу [11, 12]. В наших условиях  $qN$  повышался достоверно ( $p \leq 0,05$ ) во всех вариантах опыта у обоих сортов от 16,3 до 36,2%, в меньшей степени



**Рис. 3.** Усредненные значения квантового выхода нерегулируемого нефотохимического тушения ФлХ –  $Y(NO)$  проростков яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления: а – сорт Омская 18; б – сорт Сибирская 12

**Fig. 3.** Average values of quantum yield of unregulated non-photochemical quenching ChlF -  $Y(NO)$  of spring wheat seedlings under the action of *B. sorokiniana* and chloride salinity: а - variety Omskaya 18; б - variety Sibirskaya 12



**Рис. 4.** Усредненные значения коэффициента фотохимического тушения флуоресценции хлорофилла –  $qP$  проростков яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления: а – сорт Омская 18; б – сорт Сибирская 12

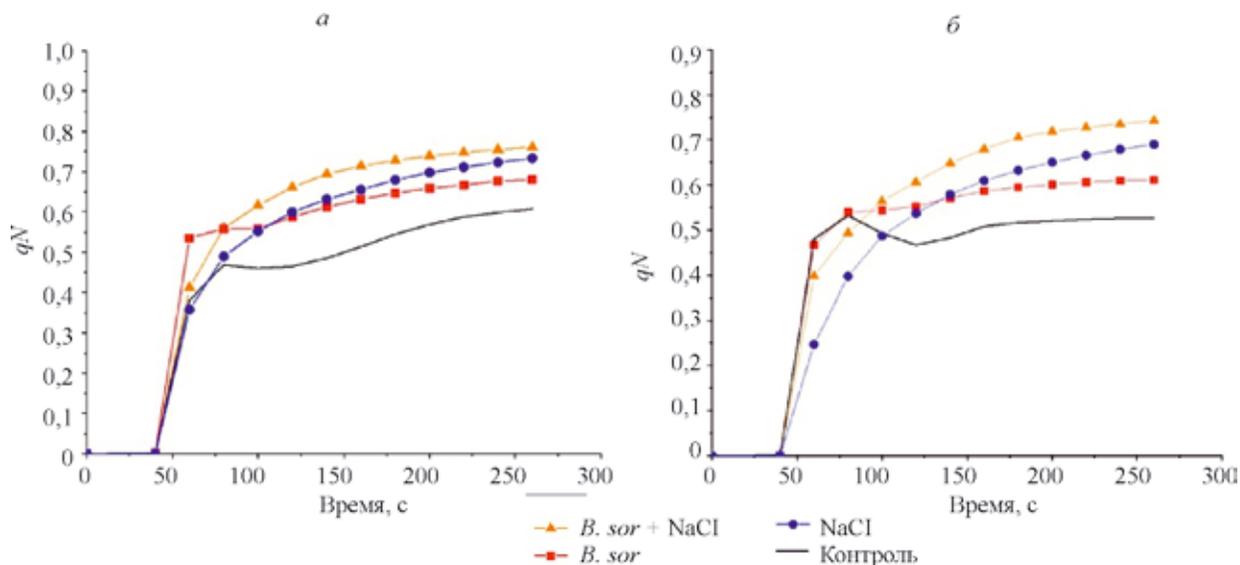
**Fig. 4.** Average values of photochemical quenching coefficient of chlorophyll fluorescence -  $qP$  of spring wheat seedlings under the action of *B. sorokiniana* and chloride salinity: а - variety Omskaya 18; б - variety Sibirskaya 12

у сорта Сибирская 12 в вариантах инфицирования и хлоридного засоления без прогрева семян (см. таблицу). Однако предварительный прогрев семян привел к повышению теплового рассеивания у обоих сортов, наиболее выраженного у сорта Сибирская 12 (до 3,5 раза

в варианте засоления). При этом наблюдали и протекторный эффект гипертермии. Так, у сорта Омская 18 установлено снижение значений параметра  $qN$  в варианте совместного действия стрессоров и контроля на 28,1 и 27,7% соответственно. У сорта Сибирская 12

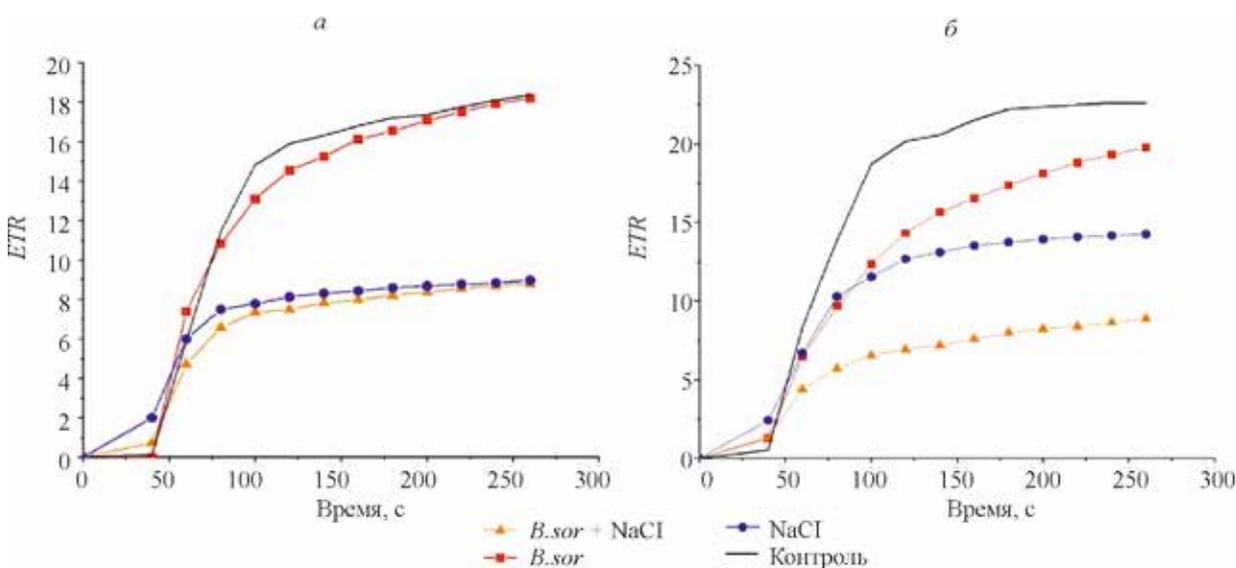
параметр  $qN$  снижался только в контрольном варианте на 23,3%. Поскольку фотохимическое и нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла являются конкурентоспособными, то чем выше  $qP$ , тем ниже  $qN$ . Анализ полученных данных подтвердил этот факт

(см. рис. 5, 6). Межсортовые различия по всем вариантам опытов составляли 1,2–2,3 раза с достоверностью различий на уровне  $p \leq 0,05$  и  $p \leq 0,01$ . Наибольшие различия в варианте засоления без прогрева и инфицирования с прогревом семян – 2,2–2,3 раза.



**Рис. 5.** Усредненные значения коэффициента нефотохимического тушения ФлХ –  $qN$  проростков яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления: а – сорт Омская 18; б – сорт Сибирская 12

**Fig. 5.** Averaged values of non-photochemical quenching coefficient ChlF -  $qN$  of spring wheat seedlings under the action of *B. sorokiniana* and chloride salinity: а – variety Omskaya 18; б – variety Sibirskaya 12



**Рис. 6.** Усредненные значения скорости электронного транспорта через фотосистемы –  $ETR$  проростков яровой пшеницы при действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления: а – сорт Омская 18; б – сорт Сибирская 12

**Fig. 6.** Average values of electron transport rate through photosystems -  $ETR$  of spring wheat seedlings under the action of *B. sorokiniana* and chloride salinity: а - variety Omskaya 18; б - variety Sibirskaya 12

Скорость электронного транспорта через фотосистемы –  $ETR$ .  $ETR = Y(II) \times 0,84 \times 0,50 \times PPFD$ . Параметр показывает скорости разделения зарядов в РЦ ФС II. При стрессах скорость электронного транспорта уменьшается [12, 13]. Нами установлено, что стрессовые факторы *B. sorokiniana*, хлоридное засоление и гипертермия семян достоверно ( $p \leq 0,05$ ) снижали скорость электронного транспорта у проростков пшеницы обоих сортов во всех вариантах опыта в диапазоне от 15,2 до 62,7%, особенно у сорта Сибирская 12 (см. таблицу). Наибольшее снижение значений параметра  $ETR$  по сравнению с контролем наблюдали в варианте совместного действия стрессоров – 62,1% (Сибирская 12) и 49,8% (Омская 18). Патоген в меньшей степени влиял на скорость электронного транспорта. У сорта Сибирская 12 параметр  $ETR$  снижался на 21,9%, у сорта Омская 18 – недостоверные изменения по сравнению с контролем (см. рис. 6).

Протекторный эффект гипертермии семян наблюдали у сорта Сибирская 21 – достоверное ( $p \leq 0,05$ ) увеличение  $ETR$  на 20,7% в варианте совместного действия стрессоров и у сорта Омская 18 в варианте засоления на 36,7%. Межсортовые различия по всем вариантам опытов составили 1,2–6,2 раза с достоверностью различий на уровнях  $p \leq 0,05$  и  $p \leq 0,01$ . Наибольшие различия в варианте инфицирования без прогрева семян – 6,2 раза.

Таким образом, установлена сортоспецифичность и информативность всех применяемых параметров ФЛХ при исследовании влияния совместного действия возбудителя обыкновенной корневой гнили, хлоридного засоления и гипертермии семян на проростки сортов яровой пшеницы.

## ВЫВОДЫ

1. Раздельное и совместное действие хлоридного засоления (1,3%), инфицирования возбудителем корневой гнили злаков *B. sorokiniana* (5000 конидий на зерно) подавляло световые и темновые реакции фотосинтеза. Обнаружено достоверное ( $p \leq 0,05$ ) снижение эффективного квантового выхода  $Y(II)$ , коэффициента фотохимического тушения  $qP$  и скорости электронного транспорта

$ETR$  у обоих сортов, наибольшее – в варианте совместного действия стрессоров (до 62,7%). Максимальный фотохимический квантовый выход ФС II  $Fv / Fm$  оказался менее информативным, достоверных изменений параметра не обнаружено.

2. Ингибирование светозависимых реакций сопровождалось достоверным ( $p \leq 0,05$ ) увеличением значений параметров нефотохимического тушения ФЛХ – коэффициента  $qN$  и квантового выхода регулируемого нефотохимического тушения ФЛХ  $Y(NPQ)$  от 24,1 до 72,1% у обоих сортов, наиболее выраженного у сорта Сибирская 12, особенно в вариантах засоления и совместного действия стрессоров. Параметр  $Y(NO)$  – квантовый выход нерегулируемого нефотохимического тушения ФЛХ изменялся недостоверно относительно контроля у обоих сортов.

3. Выявлен положительный эффект предварительной гипертермии семян на функциональную активность фотосинтетического аппарата проростков – достоверное ( $p \leq 0,05$ ) увеличение значений параметров  $Y(II)$ ,  $qP$ ,  $ETR$  (на 18,0–59, 0%) и снижение значений параметров  $Y(NPQ)$ ,  $Y(NO)$  и  $qN$  (на 18,8–35,1%) при последующем действии инфицирования и хлоридного засоления у обоих сортов, преимущественно у сорта Омская 18.

4. Установлена информативность параметров ФЛХ для оценки стрессоустойчивости сортов. Достоверные межсортовые различия (от 1,2–6,2 раза) выявлены практически по всем параметрам (кроме  $Fv / Fm$ ,  $Y(NO)$ ,  $Fv$ ) по всем вариантам опыта. Установлена сортоспецифичность – наименьшие изменения параметров относительно контроля были у устойчивого сорта Омская 18 во всех вариантах опыта.

5. Исследованные параметры фотохимического и нефотохимического тушения ФЛХ могут применяться как информативные для диагностики фотосинтетической активности и оценки устойчивости сортов пшеницы при действии хлоридного засоления, инфицирования и гипертермии семян. Предложенный подход позволит разработать неинвазивный метод ранней диагностики стрессоустойчивости (фенотипирования) новых генотипов к действию биотических и абиотических стрессоров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kissoudis C., Chowdhury R., Van Heusden S., Van de Wiel C., Finkers R., Visser R.G., Bai Y., Van der Linden G. Combined biotic and abiotic stress resistance in tomato // *Euphytica*. 2015. Vol. 202. N 2. P. 317–332. DOI: 10.1007/s10681-015-1363-x.
2. Atkinson N.J., Lilley C.J., Urwin P.E. Identification of genes involved in the response of *Arabidopsis* to simultaneous biotic and abiotic stresses // *Plant Physiology*. 2013. Vol. 162. P. 2028–2041. DOI: 10.1104/pp.113.222372.
3. Власенко Н.Г. Основные методологические принципы формирования современных систем защиты растений // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30. № 4. С. 25–29.
4. Кононенко Н.В., Диловарова Т.А., Канавский Р.В., Лебедев С.В., Баранова Е.Н., Федореева Л.И. Оценка морфологических и биохимических параметров устойчивости различных генотипов пшеницы к хлоридному засолению // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство*. 2019. Т. 14. № 1. С. 18–39. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-18-39.
5. Гурова Т.А., Осипова Г.М. Инструментальные методы и программно-аппаратные средства при решении проблемы стрессоустойчивости в растениеводстве // *Вычислительные технологии*. 2016. Т. 21. Спец. вып. 1. С. 65–74.
6. Hattugai N., Katagiri F. Quantification of Plant Cell Death by Electrolyte Leakage Assay // *Bio-protocol*. 2018. Vol. 8 (5). DOI: 10.21769/BioProtoc.2758.
7. Ступко В.Ю., Зобова Н.В., Сидоров А.В., Гавевский Н.А. Перспективные способы оценки яровой мягкой пшеницы на чувствительность к эдафическим стрессам // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 10. С. 45–50.
8. Jian-Kang Zhu I. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants // *Cell*. 2016. Vol. 167 (2). P. 313–324. DOI: 10.1016/j.cell.2016.08.029.
9. Лысенко В.С., Вардуни Т.В., Сойер В.Г., Краснов В.П. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4. С. 112–121.
10. Pérez-Bueno M.L., Pineda M., Barón M. Phenotyping Plant Responses to Biotic Stress by Chlorophyll Fluorescence Imaging // *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 1135. DOI: 10.3389/fpls.2019.01135.
11. Kalaji H.M., Schansker G., Brestic M. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel // *Photosynthesis Research*. 2017. Vol. 132. Is. 1. P. 13–66.
12. Qian Xia, Jinglu Tan, Shengyang Cheng, Yongnian Jiang, Ya Guo. Sensing Plant Physiology and Environmental Stress by Automatically Tracking Fj and Fi Features in PSII Chlorophyll Fluorescence Induction // *Photochemistry and Photobiology*. 2019. Vol. 95. Iss. 6. P. 1495–1503.
13. Гольцев В.Н., Каладжи Х.М., Паунов М., Баба В., Хорачек Т., Мойски Я., Коцел Х., Аллахвердиев С.И. Использование переменной флуоресценции хлорофилла для оценки физиологического состояния фотосинтетического аппарата растений // *Физиология растений*. 2016. Т. 63. № 6. С. 881–907.
14. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла: монография. Киев: Альтерпрес, 2002. 188 с.
15. Baker N.R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo // *Annual review of plant biology*. 2008. Vol. 59. P. 89–113. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759.
16. Смоликова Г.Н., Лебедев В.Н., Лопатов В.Е., Тимощук В.А., Медведев С.С. Динамика фотохимической активности фотосистемы II при формировании семян *Brassica L.* // *Вестник Санкт-Петербургского университета*. 2015. Серия 3. Вып. 3. С. 53–65.
17. Нестеренко Т.В., Шухов В.Н., Тихомиров А.А. Флуоресцентный метод определения реактивности фотосинтетического аппарата листьев растений // *Журнал общей биологии*. 2019. Т. 80. № 3. С. 187–199.
18. Sherstneva O., Khlopkov A., Gromova E., Yudin L., Vetrova Y., Pecherina A., Kuznetsova D., Krutova E., Sukhov V., Vodeneev V. Analysis of chlorophyll fluorescence parameters as predictors of biomass accumulation and tolerance to heat and drought stress of wheat (*Triticum aestivum*) plants // *Functional Plant Biology*. 2021. Vol. 49 (2). P. 155–169. DOI: 10.1071/FP21209.
19. Saddiq M.S., Iqbal S., Hafeez M.B., Ibrahim A.M.H., Raza A., Fatima E.M., Baloch H., Jahanzaib, Woodrow P., Ciarmiello L.F. Effect of Salinity Stress on Physiological Changes in Winter and Spring Wheat // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. P. 1193. DOI: 10.3390/agronomy11061193.
20. Todorova D., Aleksandrov V., Anev S., Sergiev I. Photosynthesis Alterations in Wheat Plants In-

- duced by Herbicide, Soil Drought or Flooding // *Agronomy* 2022. Vol. 12. P. 390. DOI: 10.3390/agronomy12020390.
21. Пимкин М.Ю. Оценка токсического действия пестицидов на сорта и формы яблони методом индуцированной флуоресценции хлорофилла // *Плодоводство и ягодоводство*. 2013. Т. 36. № 2. С. 78–84.
  22. Алейников А.Ф., Минеев В.В. Изменение флуоресценции хлорофилла земляники садовой при воздействии гриба *Ramularia tulasnei* Sacc // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. № 2. С. 94–102.
  23. Попов С.Я., Пономаренко Е.К., Гинс М.С., Байков А.А. Анализ различных параметров флуоресценции хлорофилла в листьях земляники садовой при повреждении атлантическим паутиным клещом *Tetranychus atlanticus* McGregor // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2016. Т. 46. С. 323–329.
  24. Магомедова М.Х., Алиева М.Ю. Флуоресцентная реакция растений на различия в минеральном питании // *Известия Дагестанского государственного педагогического университета*. 2010. № 3 (12). С. 60–64.
  25. Ерошенко Ф.В., Сторчак И.Г., Чернова И.В. Оценка состояния растений методами экспресс-диагностики // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 7 (186). С. 19–25.
  26. Васильева Н.В., Синецких В.Е. Причины усиления распространения корневых гнилей всходов яровой пшеницы в лесостепи Приобья // *Вестник НГАУ*. 2016. № 4 (41). С. 13–18.
  27. Rios J.A., Aucique-Pérez C.E., Debona D., Cruz Neto L.B.M., Rios V.S., Rodrigues F.A. Changes in leaf gas exchange, chlorophyll a fluorescence and antioxidant metabolism within wheat leaves infected by *Bipolaris sorokiniana*. // *Annals of Applied Biology*. 2017. Vol. 170. Iss. 2. P. 189–203. DOI: 10.1111/aab.12328.
  28. Маторин Д.Н., Тимофеев Н.П., Глинушкин А.П., Братковская Л.Б., Заядан Б.К. Исследование влияния грибковой инфекции *Bipolaris sorokiniana* на световые реакции фотосинтеза пшеницы с использованием флуоресцентного метода // *Вестник Московского университета*. Серия 16. Биология. 2018. Т. 73. № 4. С. 247–253.
  29. Гурова Т.А., Луговская О.С., Свежинцева Е.А. Адаптивные реакции проростков пшеницы, дифференцирующие сорта при гипертермии // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. № 3. С. 31–40. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-4.
  30. Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е. Адаптация сортов пшеницы при гипертермии, хлоридном засолении и инфицировании *Bipolaris sorokiniana* Shoem // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. № 6. С. 12–25. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-2.
  31. Oláh V., Hepp A., Irfan M., Mészáros I. Chlorophyll Fluorescence Imaging-Based Duckweed Phenotyping to Assess Acute Phytotoxic Effects // *Plants*. 2021. Vol. 10. P. 2763. DOI: 10.3390/plants10122763.
  32. Абрамчик Л.М., Сердюченко Е.В., Паишевич Л.В., Макаров В.Н., Зеневич Л.А., Кабашикова Л.Ф. Стрессовые реакции зеленых проростков ячменя в условиях инфицирования патогенным грибом *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem и повышенной температуры // *Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі*. 2015. № 2. С. 38–43.
  33. Lichtenthaler H.K., Buschmann C., Knapp M. How to Correctly Determine the Different Chlorophyll Fluorescence Parameters and the Chlorophyll Fluorescence Decrease Ratio RfD of Leaves with the PAM Fluorometer // *Photosynthetica*. 2005. Vol. 43. P. 379–393.
  34. Roháček K., Soukupová J., Barták M. Chlorophyll fluorescence: a wonderful tool to study plant physiology and plant stress. // *Plant Cell Compartments. Selected Topics* / ed. Schoefs B. Kerala: Research Signpost. 2008. P. 41–104.
  35. Kramer D.M., Johnson G., Kiirats O., Edwards G.E. New flux parameters for the determination of Q<sub>A</sub> redox state and excitation fluxes // *Photosynthesis Research*. 2004. Vol. 79. P. 209–218.

## REFERENCES

1. Kissoudis C., Chowdhury R., Van Heusden S., Van de Wiel C., Finkers R., Visser R.G., Bai Y., Van der Linden G. Combined biotic and abiotic stress resistance in tomato. *Euphytica*, 2015, vol. 202, no. 2, pp. 317–332. DOI: 10.1007/s10681-015-1363-x.
2. Atkinson N.J., Lilley C.J., Urwin P.E. Identification of genes involved in the response of Arabidopsis to simultaneous biotic and abiotic stresses. *Plant Physiology*, 2013, vol. 162, pp. 2028–2041. DOI: 10.1104/pp.113.222372.
3. Vlasenko N.G. Main methodological principles of formation of modern principles of plant protection. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, vol. 30, no. 4, pp. 25–29. (In Russian).

4. Kononenko N.V., Dilovarova T.A., Kanavskii R.V., Lebedev S.V., Baranova E.N., Fedoreeva L.I. Evaluation of morphological and biochemical resistance parameters to chloride salination in different wheat genotypes. *Vestnik Rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 18–39. (In Russian). DOI: 10.22363/2312-797Kh-2019-14-1-18-39.
5. Gurova T.A., Osipova G.M. Instrumental methods, hardware and software tools to solve the problems related to the resistance to stress in plant growing. *Vychislitel'nye tekhnologii = Computational Technologies*, 2016, vol. 21, release 1, pp. 65–74. (In Russian).
6. Hatsugai N., Katagiri F. Quantification of Plant Cell Death by Electrolyte Leakage Assay. *Bio-protocol*, 2018, vol. 8 (5). DOI: 10.21769/Bio-Protoc.2758.
7. Stupko V.Yu., Zobova N.V., Sidorov A.V., Gaevskii N.A. Promising methods for assessing spring common wheat for sensitivity to edaphic stress. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 10, pp. 45–50. (In Russian).
8. Jian-Kang Zhu. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. *Cell*, 2016, vol. 167 (2), pp. 313–324. DOI: 10.1016/j.cell.2016.08.029.
9. Lysenko V.S., Varduni T.V., Soier V.G., Krasnov V.P. Plant chlorophyll fluorescence as an environmental stress characteristic: a theoretical basis of the method application. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*, 2013, no. 4, pp. 112–121. (In Russian).
10. Pérez-Bueno M.L., Pineda M., Barón M. Phenotyping Plant Responses to Biotic Stress by Chlorophyll Fluorescence Imaging. *Frontiers in Plant Science*, 2019, vol. 10, pp. 1135. DOI: 10.3389/fpls.2019.01135.
11. Kalaji H.M., Schansker G., Brestic M. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. *Photosynthesis Research*, 2017, vol. 132, is. 1, pp. 13–66.
12. Qian Xia, Jinglu Tan, Shengyang Cheng, Yongnian Jiang, Ya Guo. Sensing Plant Physiology and Environmental Stress by Automatically Tracking Fj and Fi Features in PSII Chlorophyll Fluorescence Induction. *Photochemistry and Photobiology*, 2019, vol. 95, is. 6, pp. 1495–1503.
13. Gol'tsev V.N., Kaladzi Kh.M., Paunov M., Baba V., Khorachek T., Moiski Ya., Kotsel Kh., Alakhverdiev S.I. Using variable chlorophyll fluorescence to assess the physiological state of the photosynthetic apparatus of plants. *Fiziologiya rastenii = Russian Journal of Plant Physiology*, 2016, vol. 63, no. 6, pp. 881–907.
14. Korneev D.Yu. *Information capabilities of the chlorophyll fluorescence induction method*. Kiev, Al'terpres Publ., 2002, 188 p. (In Ukraine).
15. Baker N.R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annual review of plant biology*, 2008, vol. 59, pp. 89–113. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759.
16. Smolikova G.N., Lebedev V.N., Lopatov V.E., Timoshchuk V.A., Medvedev S.S. Dynamics of the photosystem II photochemical activity in the developing *Brassica Nigra* L. seeds. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta = Vestnik of Saint-Petersburg University*, 2015, seriya 3, is. 3, pp. 53–65. (In Russian).
17. Nesterenko T.V., Shikhov V.N., Tihomirov A.A. The fluorescence method for determining of photosynthetic apparatus reactivity in plant leaves. *Zhurnal obshchei biologii = Biology Bulletin Reviews*, 2019, vol.80, no. 3. pp. 187–199. (In Russian).
18. Sherstneva O., Khlopkov A., Gromova E., Yudin L., Vetrova Y/, Pecherina A., Kuznetsova D., Krutova E., Sukhov V., Vodeneev V. Analysis of chlorophyll fluorescence parameters as predictors of biomass accumulation and tolerance to heat and drought stress of wheat (*Triticum aestivum*) plants. *Functional Plant Biology*, 2021, vol. 49 (2), pp. 155–169. DOI: 10.1071/FP21209.
19. Saddiq M.S., Iqbal S., Hafeez M.B., Ibrahim A.M.H., Raza A., Fatima E.M., Baloch H., Jahanzaib, Woodrow P., Ciarmiello L.F. Effect of Salinity Stress on Physiological Changes in Winter and Spring Wheat. *Agronomy*, 2021, vol. 11, pp. 1193. DOI: 10.3390/agronomy11061193.
20. Todorova D., Aleksandrov V., Anev S., Sergeev I. Photosynthesis Alterations in Wheat Plants Induced by Herbicide, Soil Drought or Flooding. *Agronomy*, 2022, vol. 12, pp. 390. DOI: 10.3390/agronomy12020390.
21. Pimkin M.Yu. Assessment of pesticide toxic effects on apple varieties and forms by induced chlorophyll fluorescence. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2013, vol. 36, no. 2, pp. 78–84. (In Russian).
22. Aleinikov A.F., Mineev V.V. Effect of the fungus of *Ramularia tulasnei* Sacc on chlorophyll fluorescence in garden strawberry. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 2, pp. 94–102. (In Russian).

23. Popov S.Ya, Ponomarenko E.K., Gins M.S., Baikov A.A. Analysis of various parameters of chlorophyll fluorescence in strawberry leaves damaged by Atlantic spider mite *Tetranychus atlanticus* McGregor. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2016, vol. 46, pp. 323–329. (In Russian).
24. Magomedova M.Kh., Alieva M.Yu. Fluorescence response of plants to differences in mineral nutrition. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo yuniversiteta = Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences*, 2010, no. 3 (12), pp. 60–64. (In Russian).
25. Eroshenko F.V., Storchak I.G., Chernova I.V. Assessment of plant condition by express-diagnostic methods. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2019, no. 7 (186), pp. 19–25. (In Russian).
26. Vasil'eva N.V., Sineshchekov V.E. The reasons of widespread spring wheat root rot in Western Siberia. *Vestnik NGAU) = Bulletin of NSAU*, 2016, no. 4 (41), pp. 13–18. (In Russian).
27. Rios J.A., Aucique-Pérez C.E., Debona D., Cruz Neto L.B.M., Rios V.S., Rodrigues F.A. Changes in leaf gas exchange, chlorophyll a fluorescence and antioxidant metabolism within wheat leaves infected by *Bipolaris sorokiniana*. *Annals of Applied Biology*, 2017, vol. 170, is. 2, pp. 189–203. DOI: 10.1111/aab.12328.
28. Matorin D.N., Timofeev N.P., Glinushkin A.P., Bratkovskaya L.B., Zayadan B.K. Effect of fungal infection with *Bipolaris sorokiniana* on photosynthetic light reactions in wheat analyzed by fluorescence spectroscopy. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya = Herald of Moscow University. Series 16. Biology*, 2018, vol. 73, no. 4, pp. 247–253. (In Russian).
29. Gurova T.A., Lugovskaya O.S., Svezhintseva E.A. Adaptive reactions of wheat seedlings differentiating varieties under hyperthermia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 31–40. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-4.
30. Gurova T.A., Svezhintseva E.A., Chesnochenko N.E. Adaptation of wheat varieties to hyperthermia, chloride salinity and *Bipolaris sorokiniana* Shoem. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, no. 6, pp. 12–25. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-2.
31. Oláh V., Hepp A., Irfan M., Mészáros I. Chlorophyll Fluorescence Imaging-Based Duckweed Phenotyping to Assess Acute Phytotoxic Effects. *Plants*, 2021, vol. 10, pp. 2763. DOI: 10.3390/plants10122763.
32. Abramchik L.M., Serdyuchenko E.V., Pashkevich L.V., Makarov V.N., Zenevich L.A., Kabashnikova L.F. Stress reactions of barley green seedlings under the conditions of infecting by *Bipolaris sorokiniana* Shoem and increased temperature. *Vestsi natsyyanal'naiakademii navuk Belarusi = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2015, no. 2, pp. 38–43. (In Russian).
33. Lichtenthaler H.K., Buschmann C., Knapp M. How to Correctly Determine the Different Chlorophyll Fluorescence Parameters and the Chlorophyll Fluorescence Decrease Ratio RFd of Leaves with the PAM Fluorometer. *Photosynthetica*, 2005, vol. 43, pp. 379–393.
34. Roháček K., Soukupová J., Barták M. Chlorophyll fluorescence: a wonderful tool to study plant physiology and plant stress. *Plant Cell Compartments. Selected Topics* / ed. Schoefs B. Kerala: Research Signpost, 2008, pp. 41–104.
35. Kramer D.M., Johnson G., Kierats, O., Edwards G.E. New flux parameters for the determination of QA redox state and excitation fluxes. *Photosynthesis Research*, 2004, vol. 79, pp. 209–218.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Гурова Т.А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: guro-tamara@yandex.ru

Чесноченко Н.Е., научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ Tamara A. Gurova, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; address: PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: guro-tamara@yandex.ru

Nikolai E. Chesnochenko, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.09.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.10.2022  
Дата публикации / Published 17.12.2022

## ОЦЕНКА НОВЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

✉ **Аппаев С.П., Кагермазов А.М., Хачидогов А.В., Бижоев М.В.**

*Институт сельского хозяйства – филиал Федерального научного центра*

*«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»*

Кабардино-Балкарская Республика, Нальчик, Россия

✉ e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Представлены результаты создания гибридов кукурузы с урожайностью не ниже 8–11 т/га, обладающих хорошей влагоотдачей в период созревания, с достаточно хорошей полегаемостью и устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды. Научно-практическая работа выполнена в 2020, 2021 гг. на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства раннеспелой кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики. Проведена оценка гибридных комбинаций различных групп спелости: раннеспелые с индексом скороспелости ФАО 170–220 и среднеспелые – ФАО 220–300. Закладку опытов в контрольном питомнике и изучение экспериментальных гибридных комбинаций по основным хозяйственным значениям проводили согласно общепринятым методическим рекомендациям. Гибриды изучены по основным хозяйственно ценным признакам: уборочная влажность зерна, выход зерна, урожайность зерна при 14%-й влажности. В группе спелости ФАО 170–220 по уборочной влажности отмечено 8 гибридов, по выходу зерна – 6, по урожаю зерна – 7 комбинаций. В варианте ФАО 220–300 выделены по уборочной влажности 5 гибридных комбинаций, по выходу зерна – 7, по урожаю зерна – 3 гибридные комбинации. Данная работа по оценке гибридов кукурузы в контрольном питомнике проведена в соответствии с планом научно-исследовательской работы. Все выделенные в научно-практической работе гибриды превышали достоверно (по оцененным показателям) стандартные значения в своих группах спелости.

**Ключевые слова:** кукуруза, гибриды, группа спелости, уборочная влажность, урожай зерна, контрольный питомник, результаты испытаний

## EVALUATION OF NEW CORN HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF THE FOOTHILL ZONE OF KABARDINO-BALKARIA

✉ **Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev M.V.**

*Institute of Agriculture - Branch of the Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"*

Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

✉ e-mail: kbniish2007@yandex.ru

The results of creating corn hybrids with yields no lower than 8-11 t/ha, with good water-yielding capacity during ripening, with good enough lodging and resistance to biotic and abiotic environmental factors are presented. Scientific and practical work was carried out in 2020, 2021 in the experimental field of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Early-Maturing Corn in the Foothill Zone of the Kabardino-Balkarian Republic. Evaluation of hybrid combinations of different ripeness groups: early-ripening with an index of early maturity FAO 170-220 and medium-ripening - FAO 220-300 was conducted. Planting experiments in the control nursery and the study of experimental hybrid combinations on the main economic values were carried out according to generally accepted methodological recommendations. The hybrids were studied for the main economically valuable traits: harvest grain moisture, grain yield, grain yield at 14% moisture. In the ripeness group FAO 170-220 by harvesting moisture 8 hybrids were noted, by grain yield - 6, by grain yield - 7 combinations. In the variant FAO 220-300, 5 hybrid combinations were selected for harvesting moisture content, 7 hybrid combinations for grain output, 3 hybrid combinations for grain yield. This work on the evaluation of corn hybrids in the control nursery was carried out in accordance with the plan of research work. All hybrids selected in the scientific and practical work exceeded reliably (according to the evaluated indicators) the standard values in their ripeness groups.

**Keywords:** corn, hybrids, ripeness group, harvesting humidity, grain yield, control nursery, test results

**Для цитирования:** Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev M.V. Оценка новых гибридов кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 29–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-3>

**For citation:** Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev M.V. Evaluation of new corn hybrids in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 29–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-3>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение роста производства зерновых, в том числе кукурузы, и создание на этой основе сбалансированной кормовой базы – один из главных приоритетов обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации [1]. Кукуруза – важная зерновая и кормовая культура. Ее широкое распространение обусловлено высокой потенциальной урожайностью. Валовой сбор зерна этой культуры достигает 800 млн т, что составляет 34% общего количества зерна, производимого в мире. В России производство зерна кукурузы составляет около 5 млн т, отмечается тенденция его роста. Почти во всех кукурузосеющих странах кукурузу выращивают на зерно, которое используется на продовольственные, кормовые и технические цели. Для пищевой промышленности кукурузное зерно является сырьем для производства крупы, муки, масла, крахмала, спирта (этанол), сиропа [2, 3].

Благодаря своим свойствам кукуруза в России используется как зерновая и кормовая культура, которая в основном идет на корм скоту и птице. Зеленую массу кукурузы используют для приготовления силоса, а зерно добавляют в комбикорм как обязательный компонент. Кукурузное зерно отличается высокими кормовыми достоинствами – 1 кг содержит 1,34 кормовых единицы (к. ед.), тогда как зерно ячменя – 1,2 к. ед., овса – 1 к. ед. В нем содержится 65–70% безазотистых экстрактивных веществ, 9–12% белка, 4–5% жира, 2% сахара и очень мало клетчатки [4]. По мнению ученых, кукуруза имеет большое значение в экономике, повышении продовольственной безопасности [5].

Расширение посевов кукурузы – это очевидная необходимость, ей должно быть уделено особое внимание как культуре, дающей высокие урожаи и позволяющей быстро решать вопросы полного обеспечения животноводства питательными и концентрированными кормами, а промышленность – сырьем для переработки [6]. Необходимость роста производства зерна является причиной выращивания кукурузы за пределами традиционных зон возделывания, в районах, обладающих менее благоприятными условиями – недостатком или избытком света, тепла, воды и других факторов. В Российской Федерации кукуруза возделывается в очень контрастных по климатическим условиям зонах. В последние годы в производстве выращивается широкий ассортимент новых высокопродуктивных гибридов кукурузы, потенциальная урожайность которых значительно выше стандартов [7]. Важнейший фактор интенсификации производства зерна кукурузы – создание адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям высокопродуктивных гибридов [8].

В Кабардино-Балкарии основным приоритетным направлением развития в растениеводстве является семеноводство и товарное производство кукурузы, поскольку агроклиматические условия в республике являются самыми оптимальными в сравнении с другими краями и областями РФ, производящими кукурузу. Урожайность зерновых культур с 2005 г. имеет тенденцию к росту. Поэтому создание прочной базы семеноводства кукурузы требует изучения селекционного материала по урожайности и устойчивости к воздействию экстремальных факторов среды, по химическому составу зерна и зеленой

массы<sup>1</sup>. Из-за возрастающей конкуренции на рынке зерна правильно организованные селекционные и семеноводческие исследования являются важными направлениями, от которых зависит дальнейшее получение перспективных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур [9].

Кабардино-Балкарская Республика имеет хорошо выраженную вертикальную зональность. На небольшой территории в одном климатическом поясе выделяются три резко различающиеся сельскохозяйственные зоны: горная, предгорная и степная (плоскостная). Во всех зонах возделывают кукурузу, но для каждой зоны необходимо подбирать конкретно те или иные гибриды различных групп спелости, в зависимости от того, для каких целей кукуруза производится (зерно, силос, семена) [1].

Цель работы – оценить гибриды кукурузы различных групп спелости в контрольном питомнике по хозяйственно полезным признакам для дальнейшего использования в селекционно-семеноводческой программе Института сельского хозяйства – филиала Федерального научного центра «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук» (ИСХ КБНЦ РАН).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научно-практическая работа выполнена в 2020, 2021 гг. на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства раннеспелой кукурузы ИСХ КБНЦ РАН на базе Научно-производственного участка № 1 (НПУ № 1) (предгорная зона).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный. Род почвы – карбонатный. Разновидность почвы – тяжелосуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка (по Чирикову): рН – 7,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> подв. – 9,8 мг/100 г почвы; K<sub>2</sub>O обм. –

7,2 мг/100 г почвы; гумус (по Тюрину) – 4,4%. В пахотном горизонте содержится 3,9–4,2% гумуса, 18–27 мг азота, 27–34 мг подвижного фосфора и 230–250 мг обменного калия [10]. Агрометеорологические условия за годы исследований представлены в таблице 1 (данные Кабардино-Балкарского ЦГМС).

В целом погодные условия были благоприятными для хорошего роста и развития культуры.

Материально-техническая часть эксперимента состояла из следующих элементов: семена кукурузы собственной селекции, за исключением стандартных значений, ручные сажалки, журнал фенологических наблюдений, полиэтиленовые мешки, весы, влагомер.

Контрольный питомник включал 72 гибридные комбинации (ФАО 170–220 и 220–300), (ФАО 170–220, стандарт Машук 171, и ФАО 220–300, стандарт Краснодарский 291 АМВ). Предшественником в 2020, 2021 гг. исследований была озимая пшеница. На опытный участок ежегодно вносили нитроаммофоску в количестве 150 кг/га с междурядной культивацией, проводили прикорневую подкормку аммиачной селитрой из расчета 150 кг/га. В фазе 3–6 листьев участок обрабатывали послевсходовым гербицидом Элюмис, МД из расчета 2 л/га.

На протяжении всего периода исследований проводили мониторинг развития растений кукурузы, определяли уборочную влажность зерна, выход, урожайность зерна при пересчете на 14%-ю влажность. Закладку опытов и изучение экспериментальных гибридных комбинаций по основным хозяйственным значениям проводили согласно методическим рекомендациям<sup>2-4</sup>. Делянки были двухрядковые, в двухкратной повторности, площадь одной делянки составила

<sup>1</sup>Хатеев Э.Б. Семенная продуктивность тетраплоидной кукурузы и пути ее повышения в условиях Кабардино-Балкарии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.05. СПб., 2012. 45 с.

<sup>2</sup>Филев Д.С., Циков В.С., Золотов В.И., Логачев Н.И., Телятников Н.Я., Пономаренко А.К. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 54 с.

<sup>3</sup>Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 1989. Вып. 2. М., 197 с.

<sup>4</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

**Табл. 1.** Метеоданные вегетационных периодов в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики за 2020, 2021 гг.

**Table 1.** Meteorological data of vegetation periods in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic, for 2020, 2021

| Месяц          | Показатель              |              |             |                           |            |                      |             |
|----------------|-------------------------|--------------|-------------|---------------------------|------------|----------------------|-------------|
|                | Температура воздуха, °С |              |             | Количество осадков        |            | Влажность воздуха, % |             |
|                | Среднее                 | Максимальное | Минимальное | Абсолютный показатель, мм | % от нормы | Среднее              | Минимальное |
| <i>2020 г.</i> |                         |              |             |                           |            |                      |             |
| Апрель         | 10,2                    | 16,2         | 3,2         | 37,7                      | 61,0       | 57                   | 36          |
| Май            | 16,1                    | 22,3         | 11,1        | 114,1                     | 124,7      | 68                   | 51          |
| Июнь           | 21,9                    | 28,8         | 15,4        | 71,4                      | 73,0       | 60                   | 41          |
| Июль           | 25,0                    | 31,9         | 19,5        | 20,0                      | 33,4       | 55                   | 33          |
| Август         | 22,1                    | 28,8         | 15,6        | 86,3                      | 94,3       | 54                   | 33          |
| Сентябрь       | 19,2                    | 25,9         | 13,1        | 20,2                      | 37,1       | 64                   | 43          |
| <i>2021 г.</i> |                         |              |             |                           |            |                      |             |
| Апрель         | 11,6                    | 17,8         | 7,1         | 35,1                      | 55,1       | 69                   | 50          |
| Май            | 18,1                    | 24,8         | 11,8        | 83,8                      | 98,6       | 61                   | 42          |
| Июнь           | 22,3                    | 26,3         | 15,6        | 127,1                     | 144,8      | 69                   | 55          |
| Июль           | 24,1                    | 30,8         | 17,6        | 112,4                     | 103,4      | 58                   | 40          |
| Август         | 24,6                    | 34,6         | 16,2        | 34,2                      | 34,5       | 54                   | 33          |
| Сентябрь       | 15,3                    | 31,2         | 5,8         | 103,5                     | 125,6      | 79                   | 22          |

7,84 м<sup>2</sup>, размещение рендомизированное. Посев и уборку культуры за годы исследований проводили вручную. Уборку проводили с определением уборочной влажности влагомером Wille 68 с 3-кратным измерением каждого номера.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты оценки гибридов в контрольном питомнике по основным хозяйственно ценным признакам за 2020, 2021 гг., представлены в табл. 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в группе ФАО 170–220 по уборочной влажности выделены гибриды Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-2, Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-4, Мальвина С × 92с 5428-2-3-3-1, Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-1-1, Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-2-1, Мальвина С × 1/99-4-1-1, Милена М × 1/66-1-4-1, Милена М × 92с 5261-2-1-1-3. В среднем, значения находились на уровне от 14,4–17,2%. По выходу зерна наилучшими

отмечены Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-2, Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-4, Мальвина С × 1/99-4-1-1, Милена М × 1/66-1-4-1, Милена М × 92с 5261-2-1-1-3, Мальвина С × КБ 630-2-3-3-2-2-4-2-9-1-4, Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-1-3, данный показатель составил 82,1–84,3%. По урожайности зерна (при 14%-й влажности) – Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-2, Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-4, Мальвина С × 92с 5428-2-3-3-1, Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-2-1, Милена М × 1/66-1-4-1, Мальвина С × КБ 630-2-3-3-2-2-4-2-9-1-4, Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-1-3, гибридные комбинации превысили стандартный вариант на 0,17–0,60 т/га. В варианте ФАО 220–300 можно выделить по уборочной влажности такие гибриды, как РГ 1 С × 92с 5280-2-2-2-2-3, РГ 4 М × 92с 5253-1-1-1-3, Мадонна М × 92с 5520-1-1-1-1, OL 3104 М × 6207-1, OL 273 М × 92с 6195-5-1-1-1 (значения по данному признаку составили 16,1–18,1%); по выходу зерна – РГ 1 С × 92с 5280-2-2-2-2-3, (В 52М × ГК 26 зм) × 633МВ, РГ 4 М × 92с 5253-1-1-1-3,

**Табл. 2. Результаты испытания выделенных гибридов кукурузы в контрольном питомнике за 2020, 2021 гг. в НПУ № 1 (предгорная зона)**  
**Table 2. Results of testing of isolated corn hybrids in a control nursery for 2020, 2021 in NPU No. 1 (foothill zone)**

| № п/п              | Гибрид   | Урожайность зерна при 14%-й влажности, т/га |              | Уборочная влажность зерна (среднее), % |         |         | Выход зерна (среднее), % |         |         |         |
|--------------------|--|---|--------------|--|---------|---------|--------------------------|---------|---------|---------|
|                    |  | 2020 г.                                     | 2021 г.      | Среднее                                | 2020 г. | 2021 г. | Среднее                  | 2020 г. | 2021 г. | Среднее |
| <i>ФАО 170–220</i> |  |   |              |  |         |         |                          |         |         |         |
| 1                  | Машук 171 (стандарт)                                 | 5,47  | 5,58         | 5,53                                   | 16,8    | 18,0    | 17,4                     | 79,9    | 80,3    | 80,1    |
| 2                  | Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-2                       | 5,96  | 5,98         | 5,7                                    | 17,0    | 17,4    | 17,2                     | 82,8    | 83,3    | 83,1    |
| 3                  | Мальвина С × 1/99-1-1 5014-1-4                       | 5,95  | 6,3          | 6,13                                   | 17,4    | 15,2    | 16,3                     | 81,6    | 82,6    | 82,1    |
| 4                  | Мальвина С × 92с 5428-2-3-3-1                        | 6,07  | 5,98         | 6,01                                   | 14,2    | 14,8    | 14,5                     | 82,3    | 80,1    | 81,2    |
| 5                  | Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-1-1                      | 5,8   | 5,53         | 5,51                                   | 14,9    | 15,7    | 15,3                     | 80,2    | 80,0    | 80,1    |
| 6                  | Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-2-1                      | 5,81  | 5,87         | 5,84                                   | 15,6    | 14,8    | 15,2                     | 80,1    | 79,3    | 79,7    |
| 7                  | Мальвина С × 1/99-4-1-1                              | 5,37  | 5,45         | 5,41                                   | 15,0    | 14,4    | 14,7                     | 83,6    | 85,0    | 84,3    |
| 8                  | Милена М × 1/66-1-4-1                                | 5,85  | 5,81         | 5,83                                   | 17,3    | 15,1    | 16,2                     | 82,6    | 82,2    | 82,4    |
| 9                  | Милена М × 92с 5261-2-1-1-3                          | 5,32  | 5,28         | 5,26                                   | 15,9    | 16,7    | 16,3                     | 82,9    | 83,4    | 83,2    |
| 10                 | Мальвина С × КБ 630-2-3-3-2-2-4-2-9-1-4              | 5,90  | 5,98         | 5,94                                   | 18,0    | 17,4    | 17,7                     | 81,6    | 81,8    | 81,7    |
| 11                 | Мальвина С × 92с 5195-3-3-2-1-3<br>НСР <sub>05</sub> | 6,01<br>0,31                                | 6,04<br>0,41 | 6,02                                   | 16,9    | 18,7    | 17,8                     | 82,7    | 81,5    | 82,1    |
| <i>ФАО 220–300</i> |  |   |              |  |         |         |                          |         |         |         |
| 12                 | Краснодарский 291 (стандарт)                         | 7,06  | 7,88         | 7,47                                   | 18,7    | 19,5    | 19,1                     | 80,1    | 18,3    | 79,2    |
| 13                 | РГ 1 С × 92с 5280-2-2-2-3                            | 7,51  | 8,48         | 8,0                                    | 17,2    | 17,0    | 17,1                     | 83,9    | 84,7    | 84,3    |
| 14                 | (В 52м × ГК 26 зм) × 633МВ                           | 7,72  | 8,45         | 8,09                                   | 20,3    | 17,7    | 19,0                     | 84,1    | 83,1    | 83,6    |
| 15                 | РГ 4 М × 92с 5253-1-1-3                              | 7,35  | 7,41         | 7,38                                   | 15,8    | 16,4    | 16,1                     | 81,5    | 80,9    | 81,2    |
| 16                 | Мадонна М × 92с 5195-3-3-2-2-1                       | 6,41  | 6,50         | 6,46                                   | 19,0    | 19,8    | 19,4                     | 83,5    | 84,9    | 84,2    |
| 17                 | Мадонна М × 92с 5520-1-1-1-1                         | 6,61  | 6,73         | 6,67                                   | 18,1    | 17,7    | 17,9                     | 84,3    | 83,9    | 84,1    |
| 18                 | OL 3104 М × 6207-1                                   | 7,78  | 7,77         | 7,78                                   | 18,7    | 16,8    | 17,8                     | 83,0    | 84,0    | 83,5    |
| 19                 | OL 273 М × 92с 6195-5-1-1-1                          | 6,78  | 7,36         | 7,07                                   | 17,8    | 18,3    | 18,1                     | 81,2    | 81,8    | 81,5    |
| 20                 | Кр. 704 УМ × 633МВ<br>НСР <sub>05</sub>              | 7,69<br>0,42                                | 7,73<br>0,54 | 7,71                                   | 20,1    | 20,5    | 20,3                     | 79,0    | 79,2    | 79,1    |

Мадонна М × 92с 5195-3-3-2-2-1, Мадонна М × 92с 5520-1-1-1-1, OL 3104 М × 6207-1, OL 273 М × 92с 6195-5-1-1-1 (на уровне 81,2–84,3%); по урожаю зерна – РГ 1 С92с 5280-2-2-2-2-3, (В 52м × ГК 26 зм) × 633МВ, OL 3104 М × 6207-1, Кр. 704 УМ × 633МВ (выделенные гибриды превзошли стандартное значение на 0,24–0,62 т/га).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ гибридов кукурузы в контрольном питомнике имеет большое значение, поскольку позволяет выделить наиболее ценные гибриды по основным хозяйственно ценным показателям.

В ходе проведенных в 2020, 2021 гг. исследований по оценке гибридов кукурузы на наличие хозяйственно полезных признаков в группе ФАО 170–220 выделены 6 гибридов и в ФАО 220–300 – 4 гибрида, которые превосходили стандартные значения по всем основным показателям продуктивности. Выделенные раннеспелые и среднеранние гибриды кукурузы представляют большой селекционный интерес, в связи с этим они будут переданы для экологического сортоиспытания научным учреждениям, входящим в состав Координационного совета по кукурузе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хачидогов А.В., Кагермазов А.М. Экологическое сортоиспытание перспективных гибридов кукурузы в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // *Научная жизнь*. 2019. № 6 (94). С. 893–909. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-6-893-909.
2. Елисеев С.Л., Елисеев А.С. Вызревание зерна кукурузы в северных районах кукурузосеяния // *Пермский аграрный вестник*. 2015. № 1 (9). С. 11–18.
3. Шомахов Б.Р., Кагермазов А.М., Хачидогов А.В. Селекция кукурузы – состояние и перспективы развития в Институте сельского хозяйства КБНЦ РАН // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021. № 3 (101). С. 100–111. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111.
4. Красковская Н.А., Бутовец Е.С., Даниленко И.Н. Изучение гибридов кукурузы раз-

ных групп спелости в условиях Приморского края // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2020. № 1 (53). С. 20–25. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11003.

5. Дронов А.В., Бельченко С.А., Ланцев В.В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 4 (68), С. 30–34.
6. Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev A.V., Khatefov E.B. Development of self-pollinated maize lines based on the teosinte collection of the N.I. Vavilov institute of plant industry (VIR) // 1st International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems” (ITEEA 2021). E3S Web Conf. 2021. Vol. 262. DOI: 10.1051/e3s-conf/202126201010.
7. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А., Зубко Д.Г. Раннеспелый гибрид кукурузы Воронежский 160 СВ // *Кукуруза и сорго*. 2018. № 2. С. 22–26.
8. Тютюнов С.И., Воронин А.Н., Хорошилов С.А., Журба Г.М., Клименко М.В., Бирюкова Т.В. Новые гибриды кукурузы для условий Центрального Черноземья // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. Т. 29. № 10. С. 69–71.
9. Кагермазов А.М., Хачидогов А.В. Изучение образцов кукурузы коллекции ВИР по основным фенотипическим признакам в предгорной зоне КБР // *Вестник АПК Ставрополья*. 2019. № 2 (34). С. 57–61. DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-34-57-61.
10. Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev M.V. Результаты сортоиспытания экспериментальных гибридов кукурузы // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2020. № 1 (93). С. 68–72. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-1-93-68-72.

## REFERENCES

1. Khachidogov A.V., Kagermazov A.M. Variety environmental testing of promising maize hybrids in the piedmont zone of Kabardino-Balkaria. *Nauchnaya zhizn' = Scientific life*, 2019, no. 6 (94), pp. 893–909. (In Russian). DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-6-893-909.
2. Eliseev S.L., Eliseev A.S. Ripening maize grain in Northern zones of maize seeding. *Permskii*

- agrarnyi vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2015, no. 1 (9), pp. 11–18. (In Russian).
- Shomakhov B.R., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V. Maize breeding – state and prospects of development in the Institute of Agriculture of the KBSC RAS. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN = News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2021, no. 3 (101), pp. 100–111. (In Russian). DOI: 10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111.
  - Kraskovskaya N.A., Butovets E.S., Danilenko I.N. Study of maize hybrids of different maturity groups in the conditions of the Primorsky Krai. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2020, no. 1 (53), pp. 20–25. (In Russian) DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11003.
  - Dronov A.V., Bel'chenko S.A., Lantsev V.V. Adaptability and yield of maize hybrids of various maturity groups in the Bryansk region. *Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of the Bryansk state agricultural academy*, 2018, no. 4 (68), pp. 30–34. (In Russian).
  - Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev A.V., Khatefov E.B. Development of self-pollinated maize lines based on the teosinte collection of the N.I. Vavilov institute of plant industry (VIR). *E3S Web Conf. 1st International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems" (ITEEA 2021)*, 2021, vol. 262. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201010.
  - Orlyanskii N.A., Orlyanskaya N.A., Zubko D.G. Early maturing corn hybrid Voronezhsky 160 SV. *Kukuruza i sorgo = Maize and sorghum*, 2018, no. 2, pp. 22–26. (In Russian).
  - Tyutyunov S.I., Voronin A.N., Khoroshilov S.A., Zhurba G.M., Klimentko M.V., Biryukova T.V. New hybrids of corn for conditions of the Central Chernozem region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2015, vol. 29, no. 10, pp. 69–71. (In Russian).
  - Kagermazov A.M., Khachidogov A.V. The study of samples of corn VIR on major phenotypic features in the mountain foothills of KBR. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*, 2019, no. 2 (34), pp. 57–61. (In Russian). DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-34-57-61.
  - Appaev S.P., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V., Bizhoyev M.V. Variety test results of an experimental corn hybrid. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN = News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2020, no. 1 (93). pp. 68–72. (In Russian). DOI: 10.35330/1991-6639-2020-1-93-68-72.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Аппаев С.П.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 360004, Кабардино-Балкарская Республика, Нальчик, ул. Кирова, 224; e-mail: kbniish2007@yandex.ru

**Кагермазов А.М.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

**Хачидогов А.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

**Бижоев М.В.**, научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Safar P. Appaev**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Laboratory Head; **address:** 224, Kirova St., Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360004, Russia; e-mail: kbniish2007@yandex.ru

**Alan M. Kagermazov**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

**Azamat V. Khachidogov**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

**Murat V. Bizhoyev**, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 02.06.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.07.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022

## ИЗУЧЕНИЕ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛОГА В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

✉ Лепехов С.Б., Петин В.А., Валекжанин В.С., Коробейников Н.И.

*Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий*

Алтайский край, Барнаул, Россия

✉ e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Представлены результаты исследований в области селекции на засухоустойчивость пшеницы по методу инфракрасной термометрии. Отмечено, что в России данный метод до сих пор не получил распространения. Изучен параметр снижения температуры полога (Canopy temperature depression CTD) среди коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы. Эксперимент проведен в Алтайском крае в 2019–2021 гг. У 55 сортов яровой мягкой пшеницы исследованы урожайность, элементы ее структуры и длительность периода всходы – колошение. Температуру полога измеряли при помощи портативного инфракрасного термометра. Определяли CTD как разность между температурой воздуха и температурой полога. Средняя по сортам величина CTD составила 6,1, –0,8 и 2,6 °C в 2019, в 2020 и 2021 гг. соответственно. Достоверное влияние на изменчивость данного признака оказал как фактор год, так и генотип. На протяжении трех лет исследования CTD имел стабильную достоверную взаимосвязь с длительностью периода всходы – колошение ( $r = 0,27-0,37$ ), а в два года из трех – с урожайностью  $r = 0,32$  и  $0,60$ . В самом засушливом году (2020) CTD положительно коррелировал не только с элементами структуры урожая ( $r = 0,17-0,48$ ), но и с высотой растения ( $r = 0,55$ ). Наибольшая величина CTD в среднем за три года отмечена у Алтайской жницы (3,5 °C), Степной нивы (3,6), Бурлака (3,8), Обской 2 (3,9 °C), Лютесценс 360/96, Мерцаны, Александра (4,0 °C) и Лютесценс 208/08-4 (4,4 °C).

**Ключевые слова:** инфракрасный термометр, пшеница, снижение температуры полога, засухоустойчивость, период всходы – колошение, урожайность

## STUDY OF SOFT WHEAT BY THE CANOPY TEMPERATURE DEPRESSION UNDER ALTAI TERRITORY CONDITIONS

✉ Lepekhov S.B., Petin V.A., Valekzhanin V.S., Korobeinikov N.I.

*Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnologies*

Barnaul, Altai Territory, Russia

✉ e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Results of research in the field of wheat drought tolerance breeding by infrared thermometry method are presented. It is noted that in Russia this method is still not widespread. The parameter Canopy temperature depression (CTD) among collection samples of spring wheat was studied. The experiment was conducted in the Altai Territory in 2019-2021. Yield, elements of its structure and the duration of seedling – heading period were studied in 55 varieties of spring soft wheat. The canopy temperature was measured with a portable infrared thermometer. CTD was defined as the difference between the air temperature and the canopy temperature. The average CTD across the varieties was 6.1, -0.8, and 2.6 °C in 2019, 2020, and 2021, respectively. Significant influence on the variability of this trait had both the factor of year and genotype. During the three years of the study CTD had a stable reliable relationship with the duration of the seedling - heading period ( $r = 0.27-0.37$ ), and in two of the three years - with the yield ( $r = 0.32$  and  $0.60$ ). In the driest year (2020), CTD was positively correlated not only with the yield structure elements ( $r = 0.17-0.48$ ), but also with the plant height ( $r = 0.55$ ). The highest average CTD value for three years was recorded for Altayskaya zhница (3.5 °C), Stepnaya niva (3.6 °C), Burlak (3.8 °C), Obskaya 2 (3.9 °C), Lutescens 360/96, Merzana, Alexander (4.0 °C) and Lutescens 208/08-4 (4.4 °C) cultivars.

**Keywords:** infrared thermometer, wheat, canopy temperature depression, drought tolerance, period seedling – heading, yield

**Для цитирования:** Лепехов С.Б., Петин В.А., Валежжанин В.С., Коробейников Н.И. Изучение мягкой пшеницы по снижению температуры полога в условиях Алтайского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 36–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-4>

**For citation:** Lepekhov S.B., Petin V.A., Valekzhanin V.S., Korobeinikov N.I. Study of soft wheat by the canopy temperature depression under Altai Territory conditions. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 36–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-4>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Модели изменения климата прогнозируют увеличение температуры воздуха и частоты возникновения засух в будущем [1]. Одним из способов приспособления к меняющемуся климату служит селекция засухоустойчивых сортов. Селекцию на толерантность культур к дефициту влаги и жаростойкость затрудняют следующие причины. Во-первых, сложность самого явления засухи, которая может различаться по типу, времени наступления, длительности и интенсивности [2]. Во-вторых, комплексность механизмов устойчивости растений, которые включают морфологические, физиологические, биохимические и анатомические особенности [3]. Засухоустойчивость селекционного материала традиционно оценивается по урожайности в засушливых условиях [4]. Однако отбор, основанный исключительно на урожайности, усложняет селекцию на засухоустойчивость, так как урожайность является очень сложным признаком с низкой наследуемостью в условиях стресса [5]. В связи с этим важен поиск новых критериев оценки засухоустойчивости.

С конца 1970-х годов метод инфракрасной термометрии начал использоваться для оценки температуры полога различных сортов пшеницы [6]. Температура полога выявляет водный статус растений, т.е. баланс между потреблением воды корнями и ее транспирацией листьями. Данный признак измеряется с помощью портативного инфракрасного термометра или инфракрасной камеры. Чаще всего определяют не температуру полога, а ее снижение, т.е. разность между температурой воздуха и тем-

пературой полога (англ. Canopy temperature depression – CTD).

В настоящее время метод инфракрасной термометрии широко распространен в мире благодаря простоте, скорости оценки отдельного образца и экономичности. Определена взаимосвязь температуры полога с урожайностью [7], с другими морфологическими и физиологическими признаками [8]. Однако в России данный метод, несмотря на его преимущества, не получил широкого распространения.

Цель исследований – изучить коллекцию сортов яровой мягкой пшеницы по признаку «снижение температуры полога», проанализировать его изменчивость и взаимосвязь с другими признаками.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыт проведен в Алтайском крае в 2019–2021 гг. Материалом исследования являлись 55 сортов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения трех групп спелости. Посев осуществлен в I декаде мая сеялкой ССФК-7 по паровому предшественнику на делянках площадью 10 м<sup>2</sup>. Норма высева – 500 зерен/м<sup>2</sup>. Уборку осуществляли комбайном Wintersteiger classic. В период вегетации отмечали дату наступления колошения. Элементы структуры урожая определены по общепринятой методике. Температуру растительного полога измеряли в фазе молочной спелости в трехкратной повторности с использованием инфракрасного термометра (UT300C). Измерение проводили в жаркий солнечный безоблачный и безветренный день в 50 см над пологом под углом 30° к плоскости делянки. Снижение температуры полога (CTD) рассчитывали по формуле:

$$CTD = T_{\text{в}} - T_{\text{п}},$$

где  $T_{\text{в}}$  – температура воздуха,  $T_{\text{п}}$  – температура полога.

Статистическую обработку результатов вели методами дисперсионного и корреляционного анализа.

Погодные условия вегетаций 2019–2021 гг. различались по количеству и распределению осадков и среднесуточным температурам. Однако в течение всех трех лет отмечена засуха в периоды от цветения к полной спелости. Среднемесячная температура июля 2019–2021 гг. практически соответствовала среднепогодному значению, а среднемесячная температура августа превышала среднепогодное значение на 1,3–2,4 °С. Дефицит осадков в 2019–2021 гг. отмечен в мае (от –11 до –23 мм к норме), в 2019 и 2021 гг. – в июле (–22 и –29 мм к норме соответственно). В 2020 г. колошению предшествовал июньский дефицит осадков (–22 мм к норме).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Положительная величина CTD в среднем по сортам отмечена в 2019 и 2021 гг. (6,1 и 2,6 °С) при температуре воздуха 27 и 26 °С соответственно. В 2020 г. при температуре воздуха 31 °С показатель CTD в среднем по сортам составил –0,8 °С. Таким образом, в 2019 и 2021 гг. в момент измерения температуры полога он был прохладнее воздуха, а в 2020 г. – теплее.

Признак «снижение температуры полога» в значительной мере подвержен влиянию погодных условий лет исследования. В то же время установлено достоверное влияние генотипа на вариацию данного признака (см. табл. 1). Взаимодействие факторов

год × генотип было статистически незначимым.

Наиболее прохладным пологом в среднем за три года характеризовались следующие сорта: Алтайская жница (3,5 °С), Степная нива (3,6), Бурлак (3,8), Обская 2 (3,9), Лютесценс 360/96-6, Мерцана, Александр (4,0), Лютесценс 208/08-4 (4,4 °С). Достоверно меньшей способностью к охлаждению полога в сравнении с перечисленными выше генотипами обладали: Омская 41 (0,2 °С), Либертина (1,0), Новосибирская 41, Изера (1,5), Ершовская 34 (1,6), Гренада (1,7), Ершовская 33 (1,8), Столыпинская 2 и Квинтус (1,9 °С) (см. табл. 2).

Корреляционный анализ показал существенную положительную взаимосвязь между CTD и урожайностью в 2020 г. ( $r = 0,60$ ) и 2021 г. ( $r = 0,32$ ). Стабильно на протяжении трех лет CTD положительно коррелировал с длительностью периода всходы – колошение ( $r = 0,27–0,37$ ). В наибольшей степени показатель CTD был сопряжен с морфобиологическими признаками в 2020 г. (см. табл. 3).

На большое количество средовых факторов, влияющих на CTD, обратили внимание первые исследователи. Среди этих факторов следует перечислить запас влаги в почве, ветер, эвапотранспирацию, облачность, температуру воздуха, относительную влажность воздуха и солнечную радиацию [9]. В связи с этим CTD варьирует сильнее других признаков [10, 11]. Данная особенность признака затрудняет его оценку и отбор генотипов с прохладным пологом в условиях засухи и жары.

На положительную корреляцию CTD с признаками продуктивности указывают В. Bahar et al. [12]. Существенная корреляция между CTD и высотой растений, между

**Табл. 1.** Результат двухфакторного дисперсионного анализа 55 сортов яровой мягкой пшеницы по CTD (2019–2021 гг.)

**Table 1.** Result of ANOVA for CTD of 55 spring soft wheat cultivars in 2019-2021

| Источник варьирования        | SS     | df  | ms     | F      | $F_{st0,05}$ |
|------------------------------|--------|-----|--------|--------|--------------|
| Год                          | 3923,0 | 2   | 1961,5 | 595,93 | 3,00         |
| Генотип                      | 321,6  | 54  | 6,0    | 1,81   | 1,40         |
| Взаимодействие год × генотип | 388,0  | 108 | 3,6    | 1,09   | 1,30         |
| Остаточная дисперсия         | 1086,2 | 330 | 3,3    |        |              |

**Табл. 2.** Генотипы яровой мягкой пшеницы с наименьшими и наибольшими значениями CTD (°C) в 2019–2021 гг.

**Table 2.** Genotypes of spring soft wheat with the highest and lowest CTD (°C) in 2019-2021

| Генотип            | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | В среднем |
|--------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Омская 41          | 2,0     | –3,4    | 1,9     | 0,2       |
| Либертина          | 3,5     | –2,8    | 2,4     | 1,0       |
| Новосибирская 41   | 5,0     | –2,1    | 1,6     | 1,5       |
| Изера              | 3,7     | –1,4    | 2,1     | 1,5       |
| Ершовская 34       | 4,3     | –1,5    | 2,0     | 1,6       |
| Гренада            | 3,7     | –1,5    | 2,8     | 1,7       |
| Ершовская 33       | 5,2     | –1,3    | 1,5     | 1,8       |
| Столыпинская 2     | 5,0     | –1,8    | 2,5     | 1,9       |
| Квинтус            | 5,2     | –2,6    | 3,0     | 1,9       |
| Алтайская жница    | 6,0     | 1,5     | 3,0     | 3,5       |
| Степная нива       | 7,4     | 1,1     | 3,6     | 3,6       |
| Бурлак             | 6,3     | 1,9     | 3,3     | 3,8       |
| Обская 2           | 7,4     | 1,8     | 2,6     | 3,9       |
| Лютесценс 360/96–6 | 7,0     | 0,5     | 3,3     | 4,0       |
| Мерцана            | 7,1     | 1,5     | 3,5     | 4,0       |
| Александр          | 8,4     | 0,7     | 2,7     | 4,0       |
| Лютесценс 208/08-4 | 7,4     | 0,8     | 4,9     | 4,4       |
| НСР <sub>05</sub>  | 2,4     | 3,1     | 1,3     | –         |

**Табл. 3.** Парные коэффициенты корреляции между CTD и другими морфобиологическими признаками яровой мягкой пшеницы (2019–2021 гг.)

**Table 3.** Coefficients of correlation for CTD and other morphological traits of spring soft wheat in 2019-2021

| Признак                                 | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. |
|---|---------|---------|---------|
| Длительность периода всходы – колошение | 0,30*   | 0,37*   | 0,27*   |
| Высота растения                         | 0,26    | 0,55*   | 0,24    |
| Коэффициент продуктивной кустистости    | –0,04   | 0,17    | –0,19   |
| Длина колоса                            | 0,00    | 0,48*   | –0,13   |
| Количество колосков в колосе            | –0,13   | 0,42*   | –0,12   |
| Озерненность главного колоса            | –0,04   | 0,23    | –0,03   |
| Масса зерна главного колоса             | 0,08    | 0,30*   | 0,10    |
| Масса 1000 зерен                        | 0,21    | 0,20    | 0,25    |
| Урожайность                             | 0,05    | 0,60*   | 0,32*   |

\*  $r > r_{\text{табл}}$  при  $p > 0,95$ .

CTD и периодом всходы – колошение, обнаруженная в нашем исследовании, согласуется с ранее известными закономерностями [13, 14]. Следовательно, высокорослые и среднепоздние сорта обладают лучшей способностью к охлаждению и приведению температуры полога к более оптимальной для фотосинтеза, чем низкорослые и среднеранние.

Поскольку во многих исследованиях CTD демонстрирует тесную положительную взаимосвязь с урожайностью в условиях засухи и жары, данный параметр предложен в качестве селекционного критерия засухоустойчивости сортов [15]. Вероятно, несущественную и среднюю корреляцию CTD с урожайностью в 2019 и 2021 годах можно объяснить мягким характером засухи. Так, средняя урожайность с 2019 по 2021 г. составила 4,12; 2,66 и 4,60 т/га соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения коллекции сортов яровой мягкой пшеницы по параметру CTD выявлены сорта, характеризующиеся прохладным пологом. К ним относятся: Алтайская жница, Степная нива, Бурлак, Обская 2, Лютесценс 360/96-6, Мерцана, Александр, Лютесценс 208/08-4. Установлена существенная стабильная корреляция изучаемого параметра с продолжительностью периода всходы – колошение ( $r = 0,27–0,37$ ), а также положительная корреляция с урожайностью в два года из трех ( $r = 0,32$  и  $0,60$ ). Однако нестабильность исследуемого признака по годам затруднит его использование в практической селекции пшеницы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kundzewicz Z.W., Mata L.J., Arnell N.W., Döll P., Jimenez B., Miller K. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management // *Hydrological sciences journal*. 2008. Vol. 53. N 1. P. 3–10. DOI: 10.1623/hysj.53.1.3.
2. Калинин Н.И. Принципиальная схема агрометеорологической оценки засух, засушливости территории и засухоустойчивости сельскохозяйственных культур: методические указания. Л., 1981. 37 с.
3. Sofi P.A., Ara A., Gull M., Rehman K. Canopy temperature depression as an effective physiological trait for drought screening // *Drought-detection and solutions*. Intechopen, 2019. P. 77–92. DOI: 10.5772/intechopen.85966.
4. Кожушко Н.Н., Волкова А.М., Удачин Р.А., Удовенко Г.В. Изучение засухоустойчивости коллекционных образцов яровой пшеницы лабораторными методами // *Сельскохозяйственная биология*. 1977. Т. 12. № 4. С. 529–533.
5. Rebetzke G.J., Condon A.G., Richards R.A., Farquhar G.D. Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat // *Crop science*. 2002. Vol. 42. N 3. P. 739–745. DOI: 10.2135/cropsci2002.0739.
6. Blum A., Mayer J., Gozlan G. Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat // *Field crops research*. 1982. Vol. 5. P. 137–146. DOI: 10.1016/0378-4290(82)90014-4.
7. Sohail M., Hussain I., Qamar M., Tanveer S.K., Abbas S.H., Ali Z., Imtiaz M. Evaluation of spring wheat genotypes for climatic adaptability using canopy temperature as physiological indicator // *Pakistan journal of agricultural research*. 2020. Vol. 33. Is. 1. P. 89–96. DOI: 10.17582/journal.pjar/2020/33.1.89.96.
8. Pinto R.S., Reynolds M.P. Common genetic basis for canopy temperature depression under heat and drought stress associated with optimized root distribution in bread wheat // *Theoretical and applied genetics*. 2015. Vol. 128. P. 575–585. DOI: 10.1007/s00122-015-2453-9.
9. Reynolds M.P., Nagarajan S., Razzaque M.A., Ageeb O.A.A. Breeding for adaptation to environmental factors, heat tolerance // *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, DF: CIMMYT. 2001. P. 124–135.

10. Kumar J., Kumar M., Kumar A., Singh S.K., Singh L. Estimation of Genetic Variability and Heritability in Bread Wheat under Abiotic Stress // *International journal of pure and applied bioscience*. 2017. Vol. 5, N 1. P. 156–163. DOI: 10.18782/2320-7051.2475.
11. Sharma D., Jaiswal J.P., Singh N.K., Chauhan A., Gahtyari N.C. Developing a Selection Criterion for Terminal Heat Tolerance in Bread Wheat Based on Various Mopho-Physiological Traits // *International journal of current microbiology and applied sciences*. 2018. Vol. 7. N 7. P. 2716–2726. DOI: 10.20546/ijc-mas.2018.707.318.
12. Bahar B., Yildirim M., Barutcular C., Genc I. Effect of CTD on grain yield and yield component in bread and durum wheat // *Notulae botanicae horti agrobotanici cluj-napoca*. 2008. Vol. 36. N 1. P. 34–37. DOI: 10.15835/nbha36187.
13. Lopes M.S., Reynolds M.P., Manes Y., Singh R.P., Crossa J., Braun H.J. Genetic yield gains and changes in associated traits of CIMMYT spring bread wheat in a “historic” set representing 30 years of breeding // *Crop science*. 2012. Vol. 52. P. 1123–1131. DOI: 10.2135/cropsci2011.09.0467.
14. Mason R.E., Singh R.P. Considerations when deploying canopy temperature to select high yielding wheat breeding lines under drought and heat stress // *Agronomy*. 2014. Vol. 4. N 2. P. 191–201. DOI: 10.3390/agronomy4020191.
15. Gautam A., Prasad S.V.S., Jajoo A., Ambati D. Canopy temperature as a selection parameter for grain yield and its components in durum wheat under terminal heat stress in late sown conditions // *Agricultural Research*. 2015. Vol. 4. P. 238–244. DOI: 10.1007/s40003-015-0174-6.

## REFERENCES

1. Kundzewicz Z.W., Mata L.J., Arnell N.W., Döll P., Jimenez B., Miller K. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrological sciences journal*, 2008, vol. 53, no. 1, pp. 3–10. DOI: 10.1623/hysj.53.1.3.
2. Kalinin N.I. *Principal scheme of agrometeorological assessment of drought, drought prone territory and drought tolerance of crops*. Leningrad, 1981, 37 p. (In Russian).
3. Sofi P.A., Ara A., Gull M., Rehman K. Canopy temperature depression as an effective physi-

- ological trait for drought screening. Drought-detection and solutions. *Intechopen*, 2019, pp. 77–92. DOI: 10.5772/intechopen.85966.
4. Kozhushko N.N., Volkova A.M., Udachin R.A., Udovenko G.V. Evaluation of drought resistance in genotypes of spring wheat by laboratory methods. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural biology*, 1977, vol. 12, no. 4, pp. 529–533. (In Russian).
  5. Rebetzke G.J., Condon A.G., Richards R.A., Farquhar G.D. Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat. *Crop science*, 2002, vol. 42, no. 3, pp. 739–745. DOI: 10.2135/cropsci2002.0739.
  6. Blum A., Mayer J., Gozlan G. Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. *Field crops research*, 1982, vol. 5, pp. 137–146. DOI: 10.1016/0378-4290(82)90014-4.
  7. Sohail M., Hussain I., Qamar M., Tanveer S.K., Abbas S.H., Ali Z., Imtiaz M. Evaluation of spring wheat genotypes for climatic adaptability using canopy temperature as physiological indicator. *Pakistan journal of agricultural research*, 2020, vol. 33, is. 1, pp. 89–96. DOI: 10.17582/journal.pjar/2020/33.1.89.96.
  8. Pinto R.S., Reynolds M.P. Common genetic basis for canopy temperature depression under heat and drought stress associated with optimized root distribution in bread wheat. *Theoretical and applied genetics*, 2015, vol. 128, pp. 575–585. DOI: 10.1007/s00122-015-2453-9.
  9. Reynolds M.P., Nagarajan S., Razzaque M.A., Ageeb O.A.A. Breeding for adaptation to environmental factors, heat tolerance. *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, DF: CIMMYT, 2001, pp. 124–135.
  10. Kumar J., Kumar M., Kumar A., Singh S.K., Singh L. Estimation of Genetic Variability and Heritability in Bread Wheat under Abiotic Stress, *International journal of pure and applied bioscience*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 156–163. DOI: 10.18782/2320-7051.2475.
  11. Sharma D., Jaiswal J.P., Singh N.K., Chauhan A., Gahtyari N.C. Developing a Selection Criterion for Terminal Heat Tolerance in Bread Wheat Based on Various Mopho-Physiological Traits. *International journal of current microbiology and applied sciences*, 2018, vol. 7, no. 7, pp. 2716–2726. DOI: 10.20546/ijemas.2018.707.318.
  12. Bahar B., Yildirim M., Barutcular C., Genc I. Effect of CTD on grain yield and yield component in bread and durum wheat. *Notulae botanicae horti agrobotanici cluj-napoca*, 2008, vol. 36, no. 1, pp. 34–37. DOI: 10.15835/nbha36187.
  13. Lopes M.S., Reynolds M.P., Manes Y., Singh R.P., Crossa J., Braun H.J. Genetic yield gains and changes in associated traits of CIMMYT spring bread wheat in a “historic” set representing 30 years of breeding. *Crop science*, 2012, vol. 52, pp. 1123–1131. DOI: 10.2135/cropsci2011.09.0467.
  14. Mason R.E., Singh R.P. Considerations when deploying canopy temperature to select high yielding wheat breeding lines under drought and heat stress. *Agronomy*, 2014, vol. 4, no. 2, pp. 191–201. DOI: 10.3390/agronomy4020191.
  15. Gautam A., Prasad S.V.S., Jajoo A., Ambati D. Canopy temperature as a selection parameter for grain yield and its components in durum wheat under terminal heat stress in late sown conditions. *Agricultural Research*, 2015, vol. 4, pp. 238–244. DOI: 10.1007/s40003-015-0174-6.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Лепехов С.Б.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 656910, Алтайский край, Барнаул, Научный городок, 35; e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

**Петин В.А.**, младший научный сотрудник

**Валежанин В.С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

**Коробейников Н.И.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Sergey B. Lepekhov**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 35, Nauchny Gorodok, Barnaul, Altai Territory, 656910, Russia; e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

**Vadim A. Petin**, Junior Researcher

**Vitaly S. Valekzhanin**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

**Nikolay I. Korobeinikov**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.05.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.08.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022



## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СЕВЕРОКАВКАЗСКОЙ И БЕЛОРУССКОЙ ПОПУЛЯЦИЙ *MICRODOCHIUM NIVALE* (FR.) SAMUELS & HALLET К ФУНГИЦИДАМ

✉ Волкова Г.В.<sup>1</sup>, Яхник Я.В.<sup>1</sup>, Жуковский А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биологической защиты растений  
Краснодар, Россия

<sup>2</sup>Институт защиты растений

Минская область, Агротерритория Прилуки, Республика Беларусь

✉ e-mail: galvol.bpp@yandex.ru

Розовая снежная плесень (возбудитель *Microdochium nivale*) – наиболее распространенный во всем мире низкотемпературный патоген. Изучена чувствительность двух географически отдаленных популяций возбудителя розовой снежной плесени (юга России и Республики Беларусь) к девяти современным фунгицидам. Для исследования отобраны фунгициды, включенные в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации и рекомендуемые для обработки против снежной плесени. Материалом для изучения служила чистая культура гриба *M. nivale*. В исследовании использован метод агаровых блоков. Внесение растворов фунгицидов в питательную среду осуществляли двумя стандартными методами – внесением в среду и растиранием препарата по поверхности среды шпателем. Выявлены препараты, обладающие 100%-м фунгицидным действием против обеих изучаемых популяций: Поларис, МЭ, Кинто Дуо, КС и Баритон Супер, КС. Препараты Оплот Трио, ВСК, Вайбранс Трио, ТКС, Максим Форте, КС показали 100%-ю эффективность только против белорусской популяции патогена. Определено, что применение двух методов внесения препарата в питательную среду (внесение и растирание по поверхности агара) имеет высокий коэффициент корреляции (для белорусской популяции –  $r_{xy} = 1,0$ , для северокавказской –  $r_{xy} = 0,99$ ). Однако внесение меньше ингибирует рост колоний, поэтому является более предпочтительным в исследованиях по изучению чувствительности к препаратам чистой культуры гриба *M. nivale*. Выявлена статистически достоверная разница между чувствительностью к фунгицидам популяций географически отдаленных регионов (при использовании метода внесения  $F_t 5,32 < F_f 23,2$ , метода растирания –  $F_t 5,32 < F_f 37,7$ ). Данные свидетельствуют о гетерогенности возбудителя снежной плесени по чувствительности к современному ассортименту протравителей семян.

**Ключевые слова:** снежная плесень, выпревание, *Microdochium nivale*, озимые зерновые культуры

## SENSITIVITY OF THE NORTH CAUCASIAN AND BELARUSIAN POPULATIONS OF *MICRODOCHIUM NIVALE* (FR.) SAMUELS & HALLET TO FUNGICIDES

✉ Volkova G.V.<sup>1</sup>, Yakhnik Ya.V.<sup>1</sup>, Zhukovsky A.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Center for Biological Plant Protection  
Krasnodar, Russia

<sup>2</sup>Plant Protection Institute

The agrotown of Priluki, Minsk region, Republic of Belarus

✉ e-mail: galvol.bpp@yandex.ru

Pink snow rot (pathogen *Microdochium nivale*) is the most common low-temperature pathogen worldwide. Sensitivity of two geographically distant populations of the pink snow rot pathogen (southern Russia and the Republic of Belarus) to nine modern fungicides was studied. The fungicides

included in the State Catalogue of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation and recommended for treatment against snow rot were selected for the study. The material for the study was a pure culture of the fungus *M. nivale*. The agar block method was used in this study. The fungicide solutions were introduced into the nutrient medium using two standard methods: by interfering with the medium and by rubbing the preparation on the medium surface with a spatula. The preparations with 100% fungicidal effect against both studied populations were identified: Polaris, OE, Quinto Duo, SC and Bariton Super, SC. Oplot Trio, WS, Vybrance Trio, FC, Maxim Forte, SC showed 100% efficacy only against the Belarusian population of the pathogen. It was determined that the use of two methods of introducing the preparation into the nutrient medium (intervention and rubbing on the agar surface) has a high correlation coefficient (for the Belarusian population -  $r_{xy} = 1.0$ , for the North Caucasian population -  $r_{xy} = 0.99$ ). However, intervention is less likely to inhibit colony growth and is therefore preferable in drug sensitivity studies of pure culture of the fungus *M. nivale*. A statistically significant difference was found between the sensitivity to fungicides of populations from geographically distant regions ( $F_t 5.32 < F_f 23.2$  for the intervention method,  $F_t 5.32 < F_f 37.7$  for the rubbing method). The data indicate the heterogeneity of the snow rot pathogen in terms of sensitivity to the modern assortment of seed dressing agents.

**Keywords:** snow rot, rotting, *Microdochium nivale*, winter cereals

**Для цитирования:** Волкова Г.В., Яхник Я.В., Жуковский А.Г. Чувствительность северокавказской и белорусской популяций *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallet к фунгицидам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 42–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-5>

**For citation:** Volkova G.V., Yakhnik Ya.V., Zhukovsky A.G. Sensitivity of the North Caucasian and Belarusian populations of *Microdochium nivale* (FR.) Samuels&Hallet to fungicides. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 42–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-5>

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

#### **Благодарность**

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ № 20-54-00026 Бел\_a и БРФФИ № B20P-2727.

#### **Acknowledgements**

The research was supported by RFRF grants No. 20-54-00026 Bel\_a and BRRFRF No. B20R-2727.

## **ВВЕДЕНИЕ**

*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallet – наиболее распространенный низкотемпературный фитопатоген, поражающий злаки и травы в районах с устойчивым снежным покровом [1]. В Республике Беларусь болезнь является одной из наиболее распространенных вредоносных [2]. По данным V .Gorshkov et al. [3], на территории России еще в 1970-х годах снежная плесень считалась болезнью, поражающей злаки только в тех регионах, где растения находились под снежным покровом не менее 100 дней. На юге России фитопатоген встречался в единичных случаях до 1995 г., с 2000 г. отмечена динамика его распространения и развития. В настоящее время патоген распространен на всей территории страны, где в промышленных масштабах возделывают озимые зерновые культуры.

Эффективная защита посевов озимых зерновых культур от розовой снежной плесени возможна путем обработки семян препаратами фунгицидного действия на основе контактных действующих веществ, например флудиоксонилем и прохлоразом [2]. Европейские исследователи также указывают, что единственным доступным механизмом химического контроля болезни в Северной Европе является предпосевная обработка семян фунгицидами [4]. В настоящее время разработан и допущен к применению ряд специализированных фунгицидов-протравителей семян, способных существенно снизить поражение растений возбудителем розовой снежной плесени [5]. В то же время не существует эффективной стратегии защиты сельскохозяйственных культур от розовой снежной плесени из-за ряда ограничительных мер, таких как сокращение

списка разрешенных препаратов и особенности обработки в зимний период. На наш взгляд, фолиарное применение фунгицидов для защиты озимых зерновых культур от снежной плесени затруднительно проводить в осенний период ввиду того, что температура воздуха во время применения фунгицидов должна быть не ниже 12 °С, а с момента обработки до ухода растений озимых зерновых культур в состояние покоя (осеннее прекращение вегетации) должно пройти 10–14 дней.

В то же время остро возникает проблема резистентности, которая имеет большие негативные последствия при защите растений в хозяйствах практически всех категорий [6]. Одними из первых опубликованных данных о потере чувствительности *M. nivale* к бензимидазолам являются исследования проблемы поражения розовой снежной плесенью полей для гольфа. Спустя 10 лет проблема резистентности снежной плесени к данному действующему веществу уже имела повсеместное распространение [7]. Устойчивость к стробилуринам впервые выявлена французскими исследователями при анализе причин эпифитотии 2007, 2008 гг. [8]. Проведены полевые испытания эффективности фунгицидов на основе стробилуринов и обнаружено образование сразу нескольких механизмов устойчивости, а также положительной перекрестной резистентности. В настоящее время доминирующее положение на рынке химических фунгицидов занимают триазолы, широкое внедрение которых позволило улучшить фитосанитарную обстановку на зерновых полях. Однако в исследованиях О.П. Гавриловой и соавт. [9] отмечено, что 45% штаммов *M. nivale* имеют резистентность к препаратам, содержащим триазолы. Стоит отметить, что увеличение нормы расхода препаратов приводит к ускорению образования резистентных форм возбудителей и к уничтожению полезной микрофлоры почвы.

В многолетних исследованиях белорусских ученых, проводивших скрининг наиболее распространенных протравителей, отмечены высокая биологическая эффектив-

ность препарата Баритон, КС (86,9%), Кинто Дуо, КС (92,4%), Максим Форте, КС (93,4%) и 100%-я эффективность препарата Кинто Плюс, КС [2]. Изучение чувствительности изолятов *M. nivale*, отобранных на посевах пшеницы Центрально-Черноземного региона Российской Федерации, показало полное ингибирование роста колоний препаратами Максим, КС и Кинто Дуо, КС [5].

Сведения о чувствительности популяции *M. nivale* к основному ассортименту фунгицидов на юге России являются недостаточными и нуждаются в дополнении.

Цель исследования – изучить чувствительность двух географически отдаленных популяций возбудителя розовой снежной плесени к девяти современным фунгицидам.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Республиканском унитарном предприятии «Институт защиты растений» (Агрогородок Прилуки, Республика Беларусь) и Федеральном научном центре биологической защиты растений (Краснодар, Россия) в 2021, 2022 гг. с использованием базы УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<http://ckp-rf.ru/usu/> № 671925) и объектов БРК ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» (регистрационный номер УНУ: 671925). Климатические условия смоделированы с помощью климатокамеры Binder KBWF 720.

Для исследования отобрано девять фунгицидов, включенных в Государственный каталог пестицидов: Максим Форте, КС (азоксистробин 10 г/л + тебуконазол 15 г/л + флудиоксонил 25 г/л), Вайбранс Трио, ТКС (седаксан 25 г/л + тебуконазол 10 г/л + флудиоксонил 25 г/л), Поларис, МЭ (имазалил 25 г/л + прохлораз 100 г/л + тебуконазол 15 г/л), Кинто Дуо, КС (прохлораз 60 г/л + тритиконозол 20 г/л), Кинто Плюс, КС (тритиконозол 33,3 г/л + флудиоксонил 33,3 г/л + флуксапироксад 33,3 г/л), Баритон Супер, КС (протиоконазол 50 г/л + тебуконазол 10 г/л + флудиоксонил 37,5 г/л), Скарлет,

МЭ (имазалил 100 г/л + тебуконазол 60 г/л), Оплот Трио, ВСК (азоксистробин 40 г/л + дифеноконазол 90 г/л + тебуконазол 45 г/л), Кредо, СК (карбендазим 500 г/л)<sup>1</sup>.

Материалом служила чистая культура гриба *M. nivale*. Были получены моноспоровые культуры, затем смесь изолятов из каждого региона. Видовую принадлежность изолятов определяли с помощью молекулярных методов. Принадлежность штаммов к виду *M. nivale* устанавливали при помощи реал тайм ПЦР с видоспецифичными праймерами [10, 11]. ПЦР проводили с помощью термоциклера CFX96 Real-Time System (BioRad, США). Отсев чистой культуры возбудителя розовой снежной плесени осуществляли на картофельно-глюкозный агар. Гриб культивировали при температуре 10–15 °С (12 ч) под УФ лампами 30W UVB (280–315 nm). При проведении скрининга фунгицидов использован модифицированный нами метод агаровых блоков. Расчет количества препаратов и приготовление их рабочих растворов выполнены с использованием метода расчета Чекмарева согласно рекомендуемым нормам применения при обработке семенного материала стандартным расходом рабочей жидкости [12]. Внесение растворов фунгицидов в питательную среду осуществляли двумя стандартными методами – внесением в среду и растиранием препарата по поверхности среды шпателем.

Статистическую обработку проводили с использованием программного обеспечения Statistica 13.3, различия выборок оценивали с помощью критерия Фишера (при  $\alpha = 0,05$ ); связь между признаками – по шкале Чеддока. Биологическую эффективность рассчитывали по общепринятой формуле Аббота на 7-е сутки по ингибированию роста мицелия патогена на твердой питательной среде<sup>2</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полное ингибирование роста колоний белорусской популяции патогена при внесе-

нии препарата в среду методом внесения выявлено у большинства фунгицидов (см. табл. 1); 100%-е подавление фунгицидом, имеющим в составе действующее вещество флудиоксонил, также отмечено в исследованиях штаммов грибов рода *Microdochium*, выделенных из зерновых культур и злаковых трав различного географического происхождения [9]. Препарат Скарлет, МЭ вызвал неполное ингибирование роста колоний с биологической эффективностью на уровне 97,6%. В состав препарата входит имазалил – вещество из класса имидазолов. Действующее вещество имеет высокую опасность для водных биоценозов и токсичность для человека, но отличается высокой активностью против гелиминтоспориозной и фузариозной гнилей зерновых культур, а также высокой активностью против патогенов, устойчивых к бензимидазолам [13]. Имазалилсодержащие препараты обладают синергическим эффектом против трудноконтролируемых болезней, которые передаются и через семена, и через почву, но их наличие в составе препарата с другими действующими веществами с различным механизмом действия снижает риск появления резистентных штаммов фитопатогенов [14]. Тебуконазол, входящий в состав фунгицида, относится к триазолам третьего поколения, является эффективным системным фунгицидом для предпосевной обработки семян зерновых культур. Важно отметить, что препараты на основе тебуконазола замедляют темпы развития устойчивости ко всей группе триазолов. Биологическая эффективность препарата Кредо, СК составила 75,4%. Действующее вещество карбендазим является одним из первых системных фунгицидов класса бензимидазолов. Несмотря на широкое внедрение в производство и эффективное применение, имеет ряд недостатков, таких как медленное перемещение по растению-хозяину и быстрое формирование резистентных популяций.

<sup>1</sup> Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Пестициды. Издание официальное. М., 2021. Ч. 1. 795 с.

<sup>2</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: монография. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

**Табл. 1.** Скрининг эффективности фунгицидов против белорусской и северокавказской популяций *M. nivale* методом вмешательства (ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.)**Table 1.** Screening of the effectiveness of fungicides against the Belarusian and North Caucasian populations of *M. nivale* by an intervention method (FSBSI FSCBPP, 2022)

| Препарат           | Белорусская популяция |                                | Северокавказская популяция |                                |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|                    | Диаметр колоний, мм   | Биологическая эффективность, % | Диаметр колоний, мм        | Биологическая эффективность, % |
| Максим Форте, КС   | 0                     | 100                            | 18,7 ± 1,25                | 57,3                           |
| Вайбранс Трио, ТКС | 0                     | 100                            | 5,7 ± 1,2                  | 87,0                           |
| Поларис, МЭ        | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Кинто Дуо, КС      | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Кинто Плюс, КС     | 0                     | 100                            | 10,0 ± 1,6                 | 77,1                           |
| Баритон Супер, КС  | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Скарлет, МЭ        | 1,3 ± 0,5             | 97,6                           | 1,3 ± 0,3                  | 96,9                           |
| Оплот Трио, ВСК    | 0                     | 100                            | 3,0 ± 0,8                  | 93,1                           |
| Кредо, СК          | 13,7 ± 2,6            | 75,4                           | 2,7 ± 0,6                  | 93,9                           |
| Контроль           | 55,7 ± 1,2            | –                              | 43,7 ± 2,3                 | –                              |

Скрининг фунгицидов, подавляющих развитие северокавказской популяции *M. nivale*, также выявил различия в биологической эффективности препаратов. При внесении раствора фунгицида в питательную среду полное ингибирование роста северокавказской популяции *M. nivale* выявлено в опыте с фунгицидами Поларис, МЭ, Кинто Дуо, КС и Баритон Супер, КС. Следует отметить, что в состав препаратов Поларис, МЭ и Кинто Дуо, КС входит действующее вещество прохлораз из класса имидазолов. Вследствие высокой эффективности для ингибирования роста колоний всех изучаемых популяций можно определить, что вещество является эффективным против популяции *M. nivale*. Также стоит отметить высокую эффективность данного действующего вещества против бактериозов. В состав фунгицида Баритон Супер, КС помимо широко распространенного препарата тебуконазол входят действующее вещество относительно недавнего внедрения в производство пропиконазол (класс триазолы), действие которого направлено также на увеличение габитуса и мощности растения-хозяина. Действующее вещество флудиоксонил (химический класс фенилпирролы) – один из самых популярных и наиболее успешных классов

фунгицидов, так как за 30 лет интенсивного использования в области защиты сельскохозяйственных растений практически не зарегистрировано ни одного случая полевой устойчивости [15]. Механизмы его действия до сих пор досконально не изучены. Выявлено, что вещество ингибирует в основном прорастание конидий, зародышевую трубку и рост мицелия.

Высокий уровень биологической эффективности отмечен у препаратов Скарлет, МЭ (96,9%), Кредо, СК (93,9%) и Оплот Трио, ВСК (93,1%). В состав фунгицида Оплот Трио, ВСК включен азоксистробин (химический класс стробилурины) и дифеноконазол, тебуконазол (химический класс триазолы). Азоксистробин, являясь синтетическим аналогом природных токсинов, положительно влияет на фотосинтезирующую активность и габитус растения-хозяина, но неоднократное применение препарата приводит к быстрому накоплению устойчивых рас патогенов [14]. Дифеноконазол, помимо фунгицидного, обладает ростостимулирующим действием на растение, тебуконазол широко используется как эффективный фунгицид со слабым ретардантным эффектом.

У препарата Вайбранс Трио, ТКС биологическая эффективность выявлена на

уровне 87,0%, у Кинто Плюс, КС – 77,1% (см. рис. 1). Данные фунгициды состоят из комбинации действующих веществ триазолового и фенилпирролового химических классов. Также в состав фунгицидов Вайбранс Трио, ТКС входит относительно новый препарат седаксан, обладающий не только фунгицидным действием, но и в комбинации с флудиоксонилем обеспечивающий профилактику появления патогенов, обладающих высоким потенциалом развития



**Рис. 1.** Ингибирование роста колоний северокавказской популяции *M. nivale* при внесении препарата Кинто плюс, КС в среду методом вмешивания (слева) и растирания (справа)

**Fig. 1.** Inhibition of the growth of colonies of the North Caucasian population of *M. nivale* when introducing drug Kinto Plus, CS into the medium by the method of intervention (left) and rubbing (right)

устойчивости [15]. Минимальное значение биологической эффективности выявлено у препарата Максим Форте, КС – 57,3%. В состав препарата входит комбинация действующих веществ на основе стробилуринов (азоксистробин), триазолов (тебуконазол) и фенилпирролов (флудиоксонил).

Использование метода внесения препарата в питательную среду с равномерным распределением по поверхности агаровой пластины шпателем выявило увеличение эффективности действия препарата во всех опытных вариантах (см. табл. 2). При распределении вещества по поверхности агара площадь данной поверхности аналогична площади семени пшеницы при протравливании [12]. Однако при внесении вещества в среду методом вмешивания концентрация препарата снижается, что провоцирует рост колоний гриба. При сравнении корреляции между результатами, полученными с использованием двух методов, коэффициент выявлен весьма высоким для обеих популяций (для белорусской популяции  $r_{xy} = 1,0$ , для северокавказской  $r_{xy} = 0,99$ ). Несмотря на то, что результаты имели прямую зависимость между двумя методами внесения фунгицида в среду, выборки были статистически различными (для белорусской попу-

**Табл. 2.** Скрининг эффективности фунгицидов против популяций *M. nivale* методом растирания (ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.)

**Table 2.** Screening of the effectiveness of fungicides against *M. nivale* populations by a rubbing method (FSBSI FSCBPP, 2022)

| Препарат           | Белорусская популяция |                                | Северокавказская популяция |                                |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|                    | Диаметр колоний, мм   | Биологическая эффективность, % | Диаметр колоний, мм        | Биологическая эффективность, % |
| Максим Форте, КС   | 0                     | 100                            | 17,8 ± 3,0                 | 65,7                           |
| Вайбранс Трио, ТКС | 0                     | 100                            | 2,6 ± 0,8                  | 95,0                           |
| Поларис, МЭ        | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Кинто Дуо, КС      | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Кинто Плюс, КС     | 0                     | 100                            | 6 ± 1,1                    | 88,5                           |
| Баритон Супер, КС  | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Скарлет, МЭ        | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Оплот Трио, ВСК    | 0                     | 100                            | 0                          | 100                            |
| Кредо, СК          | 14,7 ± 2,6            | 77,4                           | 1,2 ± 0,7                  | 97,7                           |
| Контроль           | 65,0 ± 0,6            | –                              | 52 ± 4,3                   | –                              |



**Рис. 2.** Полное ингибирование роста колоний белорусской (слева) и северокавказской (справа) популяций *M. nivale* при внесении препаратов Скарлет, МЭ (слева) и Поларис, МЭ (справа) методом растирания

**Fig. 2.** Complete inhibition of colony growth of the Belarusian (left) and North Caucasian (right) populations of *M. nivale* when applying Scarlet, ME (left) and Polaris, ME (right) preparations by rubbing

ляции  $F_t 5,12 < F_f 10713$ , для северокавказской –  $F_t 5,32 < F_f 430,4$ ).

Скрининг фунгицидов, подавляющих развитие белорусской популяции *M. nivale* на агаровых пластинах, выявил 100%-е ингибирование роста мицелия при внесении препаратов Максим Форте, КС, Вайбранс Трио, ТКС, Поларис, МЭ, Кинто Дуо, КС, Кинто Плюс, КС, Баритон Супер, КС, Скарлет, МЭ, Оплот Трио, ВСК (см. рис. 2). При внесении препарата Кредо, СК рост мицелия ингибировался не полностью, биологическая эффективность составила 77,4%.

Фунгициды Поларис, МЭ, Кинто Дуо, КС, Баритон Супер, КС, Скарлет, МЭ, Оплот Трио, ВСК полностью ингибировали рост колоний гриба северокавказской популяции *M. nivale* на агаровых пластинах. При внесении препарата Кредо, СК наблюдали незначительный рост колоний, биологическая эффективность составила 97,7%. Внесение в среду фунгицида Вайбранс Трио, ТКС также не полностью ингибировало рост колоний, биологическая эффективность – 95,0%. У препарата Кинто Плюс, КС данный показатель на уровне 88,5%. Наименьшее значение биологической эффективности отмечено для препарата Максим Форте, КС – 65,7%.

При проведении сравнительного анализа между чувствительностью к фунгицидам популяций патогена географически отдаленных регионов выявлена статистически достоверная разница между полученными

результатами (при использовании метода вмешивания  $F_t 5,32 < F_f 23,2$ , при использовании метода растирания –  $F_t 5,32 < F_f 37,7$ ). Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о гетерогенности возбудителя розовой снежной плесени по чувствительности к фунгицидам.

## ВЫВОДЫ

1. Скрининг девяти химических фунгицидов против популяции *M. nivale* в чистой культуре позволил выявить препараты, обладающие 100%-м фунгицидным действием против обеих изучаемых популяций: Поларис, МЭ, Кинто Дуо, КС и Баритон Супер, КС. Препараты Оплот Трио, ВСК, Вайбранс Трио, ТКС, Максим Форте, КС показали 100%-ю эффективность только против белорусской популяции патогена.

2. Применение двух методов внесения препарата в питательную среду (вмешивание и растирание по поверхности) имеет высокий коэффициент корреляции (для белорусской популяции  $r_{xy} = 1,0$ , для северокавказской –  $r_{xy} = 0,99$ ). Метод вмешивания меньше ингибирует рост колоний, вследствие чего является более предпочтительным в изучении чувствительности к препаратам чистой культуры гриба *M. nivale*.

3. Выявлена статистически достоверная разница между чувствительностью к фунгицидам популяций географически отдален-

ных регионов (при использовании метода вмешивания  $F_t 5,32 < F_f 23,2$ , при использовании метода растирания –  $F_t 5,32 < F_f 37,7$ ), что свидетельствует о гетерогенности возбудителя розовой снежной плесени по чувствительности к современному ассортименту протравителей семян.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gagkaeva T.Y., Orina A.S., Gavrilova O.P., Gogina N.N. Evidence of *Microdochium* fungi associated with cereal grains in Russia // *Microorganisms*. 2020. N 3. С. 340. DOI: 10.3390/microorganisms8030340.
2. Жуковский А.Г., Крупенько Н.А., Буга С.Ф. Особенности действия протравителей в оздоровлении посевов озимых зерновых культур в условиях Беларуси // *Вестник защиты растений*. 2019. № 4. С. 28–35. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-28-35.
3. Gorshkov V., Osipova E., Ponomareva M., Ponomarev S., Gogoleva N., Petrova O., Korzun V. Rye Snow Mold-Associated *Microdochium nivale* Strains Inhabiting a Common Area: Variability in Genetics, Morphotype, Extracellular Enzymatic Activities, and Virulence // *Journal of Fungi*. 2020. N 4. P. 335. DOI: 10.3390/jof6040335.
4. Ponomareva M.L., Gorshkov V.Y., Ponomarev S. N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: A complex disease and a challenge for resistance breeding // *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. № 2. P. 419–433. DOI: 10.1007/s00122-020-03725-7.
5. Чекмарев В.В. Гриб *Microdochium nivale* и эффективные фунгициды для контроля его развития // *Colloquium-journal*. 2020. № 5 (57). С. 53–54. DOI: 10.24411/2520-6990-2020-11395.
6. Lucas J.A., Hawkins N.J., Fraaije B.A. The evolution of fungicide resistance // *Advances in applied microbiology*. 2015. N 90. P. 29–92. DOI: 10.1016/bs.aambs.2014.09.001.
7. Pennucci A., Beevet R.E., Laracy E.P. Dicarboximide-resistant strains of *Microdochium nivale* in New Zealand // *Australasian Plant Pathology*. 1990. N 2. P. 38–41.
8. Walker A.S., Auclair C., Gredt M., Leroux P. First occurrence of resistance to strobilurin fungicides in *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* from French naturally infected wheat grains // *Pest Management Science: formerly*

- Pesticide Science*. 2009. N 8. P. 906–915. DOI: 10.1002/ps.1772.
9. Гаврилова О.П., Орина А.С., Гагкаева Т.Ю., Усольцева М.Ю. Эффективность подавления фунгицидами роста грибов р. *Microdochium* – возбудителей снежной плесени злаков // *Защита и карантин растений*. 2021. № 4. С. 17–20. DOI: 10.47528/1026\$8634\_2021\_4\_17.
10. Bulat S. UP-PCR analysis and ITS1 ribotyping of strains of *Trichoderma* and *Gliocladium* // *Mycological Research*. 1998. N 102. P. 933–943.
11. Nielsen L.K. *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* in seed samples of Danish small grain cereals // *Crop Protection*. 2013. N 43. P. 192–200. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.09.002.
12. Selyutina O.Y., Khalikov S.S., Polyakov N.E. Arabinogalactan and glycyrrhizin based nanopesticides as novel delivery systems for plant protection // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. N 27. P. 5864–5872. DOI: 10.1007/s11356-019-07397-9.
13. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Шайхиев И.Г. Исследование и сравнительный анализ действующих веществ современных протравителей зерновых культур // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. № 9. С. 32–36.
14. Bersching K., Jacob S. The Molecular Mechanism of Fludioxonil Action Is Different to Osmotic Stress Sensing // *Journal of Fungi*. 2021. N 7 (5). P. 393. DOI: 10.3390/jof7050393.
15. Zeun R., Scalliet G., Oostendorp M. Biological activity of sedaxane a novel broad-spectrum fungicide for seed treatment // *Pest management science*. 2013. N 69 (4). P. 527–34. DOI: 10.1002/ps.3405.

## REFERENCES

1. Gagkaeva T.Y., Orina A.S., Gavrilova O.P., Gogina N.N. Evidence of *Microdochium* fungi associated with cereal grains in Russia. *Microorganisms*, 2020, no. 3, 340 p. DOI: 10.3390/microorganisms8030340.
2. Zhukovsky A.G., Krupenko N.A., Buga S.F. Effects of seed dresser application to obtain healthy seeds and crops of winter cereals under conditions of Belarus. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection news*, 2019, no. 4, pp. 28 – 35. (In Russian). DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-28-35.

3. Gorshkov V., Osipova E., Ponomareva M., Ponomarev S., Gogoleva N., Petrova O., Korzun V. Rye Snow Mold-Associated *Microdochium nivale* Strains Inhabiting a Common Area: Variability in Genetics, Morphotype, Extracellular Enzymatic Activities, and Virulence. *Journal of Fungi*, 2020, no. 4, p. 335. DOI: 10.3390/jof6040335.
4. Ponomareva M.L., Gorshkov V.Y., Ponomarev S.N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: A complex disease and a challenge for resistance breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 2021, no. 2, pp. 419–433. DOI: 10.1007/s00122-020-03725-7.
5. Chekmarev V.V. Fungus *Microdochium nivale* and effective fungicides to control its development. *Colloquium-journal = Colloquium-journal*, 2020, no. 5 (57), pp. 53–54. (In Russian). DOI: 10.24411/2520-6990-2020-11395.
6. Lucas J.A., Hawkins N.J., Fraaije B.A. The evolution of fungicide resistance. *Advances in applied microbiology*, 2015, no. 90, pp. 29–92. DOI: 10.1016/bs.aambs.2014.09.001.
7. Pennucci A., Beevet R.E., Laracy E.P. Dicarboximide-resistant strains of *Microdochium nivale* in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 1990, no. 2, pp. 38–41.
8. Walker A.S., Auclair C., Gredt M., Leroux P. First occurrence of resistance to strobilurin fungicides in *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* from French naturally infected wheat grains. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 2009, no. 8, pp. 906–915. DOI: 10.1002/ps.1772.
9. Gavrilova O.P., Orina A.S., Gagkaeva T.Yu., Usol'ceva M.Yu. Effectiveness of fungicide inhibition of growth of fungi *Microdochium* sp. – the causal agents of snow mould of cereals. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantine*, 2021, no. 4, pp. 17–20. (In Russian). DOI: 10.47528/10268634\_2021\_4\_17.
10. Bulat S. UP-PCR analysis and ITS1 ribotyping of strains of *Trichoderma* and *Gliocladium*. *Mycological Research*, 1998, no. 102, pp. 933–943.
11. Nielsen L.K. *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* in seed samples of Danish small grain cereals. *Crop Protection*, 2013, no. 43, pp. 192–200. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.09.002.
12. Selyutina O.Y., Khalikov S.S., Polyakov N.E. Arabinogalactan and glycyrrhizin based nanopesticides as novel delivery systems for plant protection. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, no. 27, pp. 5864–5872. DOI: 10.1007/s11356-019-07397-9.
13. Belitskaya M.N., Gribust I.R., Baibakova E.V., Nefedieva E.E., Shaikhev I.G. Study and comparative analysis of active substances of modern cereal seed dressers. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Technological University*, 2015, no. 9, pp. 32–36. (In Russian).
14. Bersching K., Jacob S. The Molecular Mechanism of Fludioxonil Action Is Different to Osmotic Stress Sensing. *Journal of Fungi*, 2021, no. 7 (5), p. 393. DOI: 10.3390/jof7050393.
15. Zeun R., Scalliet G., Oostendorp M. Biological activity of sedaxane a novel broad-spectrum fungicide for seed treatment. *Pest management science*, 2013, no. 69 (4), pp. 527–534. DOI: 10.1002/ps.3405.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Волкова Г.В.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории; **адрес для переписки:** Россия, 350039, Краснодарский край, Краснодар, ВНИИБЗР; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru

**Яхник Я.В.**, младший научный сотрудник; e-mail: yahnik1@mail.ru

**Жуковский А.Г.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, первый заместитель директора; e-mail: zhukowski.alex@gmail.com

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina V. Volkova**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher, Laboratory Head; **address:** All-Russian Research Institute of Biological Protection of Plants, Krasnodar, Krasnodar Region, 350039, Russia; e-mail: galvol.bpp@yandex.ru

**Yana V. Yakhnik**, Junior Researcher; e-mail: yahnik1@mail.ru

**Alexandr G. Zhukovsky**, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor, First Deputy Director; e-mail: zhukowski.alex@gmail.com

Дата поступления статьи / Received by the editors 02.06.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 04.10.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ПОСЕВАХ СОИ

✉Сырмолот О.В.<sup>1</sup>, Ластушкина Е.Н.<sup>1</sup>, Кочева Н.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки Приморский край, г. Уссурийск, Россия

✉e-mail: biometod@rambler.ru

Приведены результаты исследований по изучению влияния биопрепаратов на растения сои в условиях Приморского края. Эксперимент проведен в 2020, 2021 гг. в условиях деляночного опыта. Изучение препаратов производили на растениях сои сорта Приморская 86. Объекты исследований – микробиологический препарат Биокompозит-коррект, органоминеральное удобрение Биостим Старт. Схема опыта включала следующие варианты: без обработки (контроль); обработка семян Биокompозит-корректом; обработка семян и опрыскивание растений Биокompозит-корректом; обработка семян Биокompозит-корректом + Биостим Стартом; обработка семян Биокompозит-корректом и Биостим Стартом + опрыскивание растений Биокompозит-корректом. Применение биопрепаратов способствовало снижению интенсивности развития септориоза относительно контроля (29,8%) на 5,2–6,8%. Максимальная в опыте биологическая эффективность (23,1%) отмечена в варианте с обработкой семян сои Биокompозит-коррект. Комплексная обработка препаратом Биокompозит-коррект обеспечивала снижение проявлений пероноспороза на 8,2%, биологическая эффективность составила 37,8%. Биопрепараты положительно сказались на росте и развитии растений. Наибольший прирост растений в фазу полной спелости отмечен в варианте с применением Биокompозит-корректа + Биостим Старта + опрыскивание растений Биокompозит-корректом (56,6 см), в контроле – 49,3 см. При использовании биопрепаратов количество клубеньков превышало контроль на 17,4–34,1%, количество листьев – на 28,3–39,5%. Масса 1000 семян по вариантам опыта варьировала в пределах 180,0–190,6 г, в контроле – 157,5 г. Масса семян с одного растения в вариантах опыта была выше контрольной на 41,3–70,6%. Изучаемые препараты обеспечивали увеличение урожайности во всех вариантах опыта. Биологическая урожайность составила от 3,3–3,7 т/га при урожайности в контроле 2,5 т/га.

**Ключевые слова:** соя, биопрепараты, развитие болезни, эффективность, структура урожая, урожайность

## THE USE OF BIOLOGICAL PRODUCTS IN SOYBEAN CROPS

✉Symolot O.V.<sup>1</sup>, Lastushkina E.N.<sup>1</sup>, Kocheva N.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of the Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki Ussyriysk, Primorsky Territory, Russia

✉e-mail: biometod@rambler.ru

The results of research on the effect of biopreparations on soybean plants in the Primorsky Territory are presented. The experiment was conducted in 2020, 2021 under the conditions of a plot experiment. The preparations were studied on soybean plants of the Primorskaya 86 variety. The objects of research are microbiological preparation Biocomposite-correct and organomineral fertilizer Biostim Start. The experiment scheme included the following variants: without treatment (control); treatment of seeds with Biocomposite Correct; treatment of seeds and plants spraying with Biocomposite Correct; treatment of seeds with Biocomposite Correct + Biostim Start; treatment of seeds with Biocomposite Correct and Biostim Start + plants spraying with Biocomposite Correct. The use of biopreparations contributed to a decrease in the intensity of septoriosi development relative to the control (29.8%) by 5.2-6.8%. The maximum biological efficiency in the experiment

(23.1%) was observed in the variant with treatment of soybean seeds with Biocomposite-correct. Complex treatment with Biocomposite-correct provided a reduction of downy mildew manifestations by 8.2%, the biological effectiveness was 37.8%. The biological products had a positive effect on the plant growth and development. The largest plant growth in the phase of full maturity was noted in the variant with Biocomposite Correct + Biostim Start + plant spraying with Biocomposite Correct (56.6 cm), in the control - 49.3 cm. When using biopreparations, the number of nodules exceeded the control by 17.4-34.1%, the number of leaves by 28.3-39.5%. The thousand-seed weight varied between 180.0-190.6 g in the experimental variants, and 157.5 g in the control. The seed weight per plant in the experimental variants was higher than the control by 41.3-70.6%. The studied preparations provided an increase in the yield in all the variants of the experiment. The biological yield was 3.3-3.7 t/ha with the yield of 2.5 t/ha in the control.

**Keywords:** soybean, biological products, disease progression, effectiveness, yield parameters, yield

**Для цитирования:** Сырмолот О.В., Ластушкина Е.Н., Кочева Н.С. Использование биологических препаратов в посевах сои // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 51–58. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-6>

**For citation:** Syrmolot O. V., Lastushkina E.N., Kocheva N.S. The use of biological products in soybean crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 51–58. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-6>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Соя – ценная культура земледелия во многих странах мира. Выращивают ее в основных земледельческих регионах 90 стран. Мировое производство этой культуры достигает 253 млн т. Соя является основной возделываемой культурой в структуре сельского хозяйства дальневосточных регионов России. Приморский край и Амурская область – регионы-лидеры Дальнего Востока по выращиванию сои. Соя и кукуруза являются основными экспортными культурами для Приморского края. Главные покупатели сои – Китай, Япония и Южная Корея. На территории Дальневосточного федерального округа сосредоточено 43,5% (1,2 млн га) общей площади земель, занятых под выращивание сои в стране. Из них 22,3%, или 277 тыс. га, посевов этой культуры расположено в Приморском крае. На долю Приморского края приходится 387,0 тыс. т, или 8,6% от валового сбора сои. Урожайность сои составляет 18 ц/га. Валовый сбор сои на

Дальнем Востоке может быть увеличен как за счет роста урожайности, так и увеличения посевных площадей. Рост производства зерна сои во многом зависит от эффективности защиты растений от многочисленных вредных организмов, использования современных методов фитосанитарного мониторинга, внедрения современных технологий возделывания культуры<sup>1-3</sup>.

На рубеже XX–XXI вв. в мире возрос интерес к биологическим препаратам. Использование биологических достижений признано одним из эффективных путей развития аграрных технологий, решения проблем, возникающих в процессе современного сельскохозяйственного производства [1]. Использование короткоротационных севооборотов приводит к ряду проблем, которые не решаются при помощи химических препаратов. Высокая нагрузка приводит к снижению плодородия, деградации полезной микрофлоры почвы, замедлению разложения растительных остатков, накоплению патогенной инфекции. Данные процессы

<sup>1</sup><https://www.oilworld.ru> oilworld.ru (дата обращения: 21.11.2022 г.).

<sup>2</sup><https://milknews.ru/index/fermerstvo/primore-soya.html> Milknews (дата обращения: 20.11.2022 г.).

<sup>3</sup><https://vladnews.ru/> Vladnews.ru (дата обращения: 21.11.2022 г.).

ведут к повышению инфекционного фона почв, высокой зараженности семенного материала. Эти задачи могут быть решены с помощью применения биопрепаратов – микробиологических средств [2–4].

Оптимизация питания и стимуляция роста и развития растений – важный агротехнический прием, позволяющий получать хорошие и стабильные урожаи сои. Такие исследования проводятся регулярно, но приобретают особую актуальность в определенных климатических и производственно-экономических условиях [5–9].

Производственные испытания в Центральном-Черноземной зоне (Белгородская, Воронежская и Орловская области) показали, что внесение Биокомпозит-корректа в почву непосредственно при севе сахарной свеклы в норме 2,0 л/га дает увеличение выхода сахара на 0,6–1,48 т/га. В большинстве опытов наряду с увеличением урожайности отмечена прибавка сахаристости корнеплодов на 0,1–1,6%. В Ростовской области достоверная прибавка на озимой пшенице при обработке посевов в норме расхода 1–2 л/га достигла 4 ц/га. В Курганской области на яровой пшенице при норме расхода препарата 1 л/га прибавка составила 9 ц/га. На сое при обработке семян в норме 1 л/т отмечена прибавка урожайности 2 ц/га [10–13].

Цель работы – получить экспериментальные данные по испытанию биопрепаратов для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений сои против болезней, определить влияние на продуктивность и урожайность культуры.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытных полях отдела семеноводства Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки в 2020, 2021 гг. Объекты исследований – микробиологический препарат Биокомпозит-коррект, органоминеральное удобрение Биостим Старт, предоставленные сотрудниками компании АО «Щелково Агрохим», и районированный сорт сои Приморская 86. Сорт При-

морская 86 создан авторским коллективом сотрудников Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства (А.П. Ващенко, Н.В. Мудрик, О.И. Хасбиуллина, Л.А. Дега, Е.С. Бутовец). Сорт среднеспелый (120–124 дня). Растения среднерослые – 82 см, высота прикрепления бобов 16,0–18,2 см. Листья тройчатые, средней величины, форма овальная. Окраска венчика цветка белая. Опушение редкое светло-серое, окраска бобов в период полной спелости темно-серая. Форма семян овально-удлиненная, семена желтые, матовые с рубчиком коричневого цвета. Масса 1000 семян 185–190 г. Содержание масла 19,6–20,6%, белка 39,2–40,1%. В 2014 г. сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации. Для проведения исследований семена сои обрабатывали биопрепаратами за день до посева (19 мая) полусухим способом вручную. Для этого препараты разводили в чистой воде (из расчета 10 л/т) и, не давая суспензии отстаиваться, наносили ее на семена, которые затем тщательно перемешивали до равномерного распределения препарата. Посев семян сои проводили 20 мая. Опрыскивание растений осуществляли в фазе полных всходов и в фазе бутонизации – начала цветения ручным пневматическим опрыскивателем марки ОП-207.

Схема опыта включала следующие варианты: без обработки (контроль); обработка семян Биокомпозит-корректом; обработка семян и опрыскивание растений Биокомпозит-корректом; обработка семян Биокомпозит-корректом + Биостим Стартом; обработка семян Биокомпозит-корректом и Биостим Стартом + опрыскивание растений Биокомпозит-корректом. Площадь делянки 10 м<sup>2</sup>. Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок систематическое. Биокомпозит-коррект – это консорциум пяти хозяйственно ценных штаммов нескольких видов полезных бактерий с общим титром не менее 1 × 10 КОЕ/мл. Он используется для любых систем земледелия и всех звеньев севооборота, обладает фунгицидными,

ростостимулирующими, деструктивными, антагонистическими, азотфиксирующими и фосфатмобилизирующими свойствами. Это делает возможным его широкое практическое применение: от разложения стерни, подавления почвенных фитопатогенов и защиты от болезней до повышения плодородия почв и восстановления их полезной микрофлоры.

Органоминеральное удобрение Биостим Старт – аминокислотный биостимулятор. Он активизирует всхожесть и прорастание семян, стимулирует развитие полезной микрофлоры в ризосфере, является дополнительным источником энергии на первоначальном этапе развития проростка, обеспечивает растения стартовым комплексом элементов питания, повышает иммунитет и снижает воздействие стрессовых факторов<sup>4</sup>.

Почва опытного участка лугово-бурая, по механическому составу – тяжелые суглинки. Агрохимическая характеристика почв следующая: содержание гумуса – 3,08–3,13%, легкогидролизуемого азота – 9,5 мг/100 г почвы, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 14,12 мг/100 г почвы, рН солевой вытяжки – 5,3. Обработка почвы: зяблевая вспашка на глубину 22 см, ранневесеннее боронование, две культивации и предпосевная культивация. Предшественник – зерновые. Удобрения не вносили. Посев сои проводили сеялкой СКС 6–10. Норма высева семян – 90 кг/га (500 тыс. шт./га).

Агротехника возделывания сои в опыте была общепринятой для Приморского края<sup>5</sup>. Опыт заложен в соответствии с требованиями методики полевого опыта. Уборку осуществляли вручную по вариантам в один прием. Сноповые образцы отбирали в каждой делянке опыта с двух площадок размером по 0,25 м<sup>2</sup> (0,35 × 0,71). Биометрию растений и структуру урожая определяли

у 40 растений с каждого варианта опыта в лабораторных условиях. Все учеты и наблюдения в полевых экспериментах проводили согласно действующим методикам и руководствам, препараты применяли согласно инструкциям, результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа<sup>6–9</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Метеорологические условия в годы проведения опытов различались. Метеорологические условия 2020 г. по количеству осадков были неблагоприятными для сои. Для летних месяцев зарегистрировано обилие осадков, причем их распределение по декадам отмечено неравномерным. Июль был сухой, осадков выпало на 17,4 мм ниже нормы. В июне и августе выпало 193,5; 140,1 мм осадков, что на 109,5; 19,1 мм выше нормы. Температурный режим по месяцам превышал среднемноголетние значения на 1,1–2,9 °С. Условия 2021 г. по количеству осадков отмечены неблагоприятными для сои. Июль был сухой, осадков выпало на 74,1 мм ниже нормы. В июне и августе выпало 78,7; 79,7 мм осадков, что на 2,3; 54,3 мм меньше нормы. Температурный режим по месяцам превышал среднемноголетние значения на 1,8–3,7 °С.

В годы изучения грибные болезни не оказывали значительного влияния на формирование морфологических и хозяйственных признаков сои. Посевы сои поражались септориозом (*Septoria glycines* Hemmi) и пероноспорозом (*Peronospora manshurica* Naum). Септориоз в посевах сои появился в фазу примордиальных листьев. Распространение септориоза отмечали по всем вариантам опыта, оно составило 100%. Положительное влияние на устойчивость растений против септориоза в сравнении с контролем показали все испытываемые биопрепараты.

<sup>4</sup>Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. М., 2022. 1046 с.

<sup>5</sup>Система ведения агропромышленного производства Приморского края / Под ред. А.К. Чайка. Новосибирск, 2001. 364 с.

<sup>6</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

<sup>7</sup>Основные методы фитопатологических исследований / Под редакцией А.Е. Чумакова. М.: Колос, 1974. 187 с.

<sup>8</sup>Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур / Под общей редакцией член-корреспондента ВАСХНИЛ К.В. Новожилова, 1985. 380 с.

<sup>9</sup>James B. Sinclair. Compendium of Soybean Diseases. Published by The American Phytopathological Society. 1982. 104 p.

Применение биопрепаратов способствовало снижению интенсивности развития заболевания, относительно контроля (29,8%), на 5,2–6,8%. Максимальная в опыте биологическая эффективность (23,1%) отмечена в варианте с предпосевной обработкой семян сои биопрепаратом Биокомпозит-коррект.

Первые признаки пероноспороза отмечены во II декаде июля. Применение изучаемых препаратов снижало распространение пероноспороза до 45,2–53,4% против 69,0% в контроле. По вариантам опыта развитие болезни изменялось от 8,2% (комплексная обработка Биокомпозит-коррект) до 9,9% (обработка семян Биокомпозит-коррект и Биостим Стартом) при величине показателя в контроле 13,2%. Наиболее эффективной была обработка семян и опрыскивание вегетирующих растений препаратом Биокомпозит-коррект, где эффективность составила 37,8%.

Результаты исследований показывают, что обработка семян биопрепаратом и биостимулятором положительно повлияла на основные показатели, определяющие продуктивность растений (см. табл. 1). В опытных вариантах отмечен достоверный эффект усиления деятельности клубеньковых бактерий и формирования клубеньков на корнях корневой системы растений. По данным исследований, использование изучаемых препаратов увеличивало количество клубеньков по сравнению с контролем на 17,4–34,1%. Длина корня по вариантам опыта составила

от 13,7–14,4 см, в контроле – 12,3 см. Количество листьев превысило контрольный вариант на 28,3–39,5%.

Анализ пробных снопов показал, что в среднем за 2 года растения сои после применения препаратов были больше контрольного варианта на 4,7–7,3 см (см. табл. 2). Количество бобов с одного растения в среднем находилось на уровне 28,0 шт./растение (обработка семян Биокомпозит-коррект + Биостим Стартом); 31,1 шт./растение (обработка семян и опрыскивание растений Биокомпозит-коррект), что было выше, чем в контроле, на 10,3–13,4 шт. соответственно. Количество семян с одного растения увеличилось на 73,5–85,8%. Лучшим по этому показателю был вариант с применением Биокомпозит-корректа по вегетации в сочетании с предпосевной обработкой семян.

Показателем качества семенного материала сои является масса 1000 семян сорта, которая во многом зависит от увлажнения почвы и осадков в течение вегетационного периода, а также от обеспеченности растений другими факторами жизни. Масса 1000 семян варьировала в пределах 180,0–190,6 г. Максимальные величины этого показателя (190,6 г.) отмечены в варианте с обработкой семян Биокомпозит-коррект. Масса семян с одного растения в вариантах опыта была выше контрольной на 41,3–70,6%.

Проведенный учет урожая показал достоверное увеличение семенной продуктивности сои во всех вариантах опыта. Изучаемые

**Табл. 1.** Биометрические показатели растений сои в фазу цветения (среднее за 2020, 2021 гг.)  
**Table 1.** Biometric parameters of soybean plants during the flowering stage (average for 2020, 2021)

| Вариант опыта  | Клубеньки, шт. | Длина корня, см | Листья, шт. |
|--|----------------|-----------------|-------------|
| Контроль (без обработки)   | 56,3           | 12,3            | 24,0        |
| Обработка семян Биокомпозит-коррект (1,0 л/т)  | 66,1           | 14,1            | 30,8        |
| Обработка семян и опрыскивание растений Биокомпозит-коррект (1,0 л/т; 2,0 л/га)  | 74,6           | 14,4            | 32,4        |
| Обработка семян Биокомпозит-коррект (1,0 л/т) и Биостим Стартом (1,0 л/т)  | 73,5           | 13,7            | 31,3        |
| Обработка семян Биокомпозит-коррект (1,0 л/т) и Биостим Стартом (1,0 л/т) и опрыскивание растений Биокомпозит-коррект (2,0 л/га) | 75,5           | 14,2            | 33,5        |
| НСР <sub>05</sub>  | 0,7            | 0,3             | 2,1         |

**Табл. 2.** Структурные показатели сои в зависимости от обработки семян (среднее за 2020, 2021 гг.)  
**Table 2.** Structural parameters of soybean depending on the treatment of seeds (average for 2020, 2021)

| Вариант  | Высота растений, см | Количество бобов, шт./растение | Количество семян, шт./растение | Масса семян с одного растения, г/растение | Масса 1000 семян, г |
|--|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|---------------------|
| Контроль (без обработки)   | 49,3                | 17,7                           | 40,5                           | 5,8                                       | 157,5               |
| Обработка семян Биокомпозит- корректом (1,0 л/т)   | 54,0                | 31,0                           | 75,2                           | 8,8                                       | 190,6               |
| Обработка семян и опрыскивание растений Биокомпозит-корректom (1,0 л/т; 2,0 л/га)  | 55,4                | 31,1                           | 75,1                           | 9,9                                       | 186,2               |
| Обработка семян Биокомпозит-корректom (1,0 л/т) и Биостим Стартом (1,0 л/т)  | 56,1                | 28,0                           | 70,3                           | 8,2                                       | 183,7               |
| Обработка семян Биокомпозит-корректom (1,0 л/т) и Биостим Стартом (1,0 л/т) и опрыскивание растений Биокомпозит-корректom (2,0 л/га) | 56,6                | 29,1                           | 72,4                           | 8,7                                       | 180,0               |
| НСР <sub>05</sub>  | 2,3                 | 6,0                            | 18,8                           | 0,8                                       | 7,1                 |



Влияние препаратов на урожайность сои (среднее за 2020, 2021 гг.), т/га  
 Effect of biological products on soybean yield (average for 2020, 2021), t/ha

биологические препараты обеспечили увеличение урожайности сои благодаря увеличению показателей элементов структуры урожайности и уменьшению поражаемости болезнями. Прибавка урожая сои по отношению к контролю составляла 0,8–1,2 т/га

(см. рисунок). Изучаемые препараты обеспечивали увеличение урожайности во всех вариантах опыта. Биологическая урожайность составила от 3,3–3,7 т/га при урожайности в контроле 2,5 т/га (НСР<sub>05</sub> = 0,5 т/га).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований в условиях Приморского края установлено, что применение биопрепаратов перспективно для использования на растениях сои сорта Приморская 86. Изучаемые препараты способствовали снижению интенсивности развития септориоза (в контроле – 29,8%) на 5,2–6,8% и пероноспороза (в контроле – 69,0%) на 45,2–53,4%. Использование биологических препаратов способствовало достоверному увеличению массы 1000 семян по сравнению с контролем (157,5 г.) на 22,5–30,0%. Изучаемые препараты обеспечивали увеличение урожайности во всех вариантах опыта. Биологическая урожайность составила 3,3–3,7 т/га при урожайности в контроле 2,5 т/га.

Обработка семян экологически безопасными препаратами Биоконкомпозит-коррект и Биостим Старт, а также опрыскивание ими посевов (фаза цветения) способствует получению более высокопродуктивных растений при снижении уровня загрязнения окружающей среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петровский А.С., Каракотов С.Д. Микробиологические препараты в растениеводстве. Альтернатива или партнерство? // Защита и карантин растений. 2017. № 2. С. 14–18.
2. Булинева Н.А. Эффективность совместного применения инокулянтов и фунгицидов при обработке семян сои // Масличные культуры. 2019. Вып. 4 (180). С. 119–123.
3. Каракотов С.Д., Аршава Н.В., Божко К.Н., Желтова Е.В. Совместное применение микробного препарата Биоконкомпозит-коррект и химического фунгицида // Защита и карантин растений. 2019. № 9. С. 13–15.
4. Фарниев А.Т., Козырев А.Х., Сабанова А.А., Кокоев Х.П. Роль биопрепаратов и их баковых смесей в повышении болезнеустойчивости и продуктивности растений сои // Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 86–92.
5. Сырмолот О.В., Кочева Н.С. Совместное использование биопрепаратов и регуляторов роста для повышения урожайности сои и томатов // Сибирский вестник сельскохозяй-

ственной науки. 2021. Том 51. № 5. С. 20–27. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-5-2.

6. Сергеева В.А., Муравьева И.С., Игнатова А.В., Пенской С.Ю., Мырмыр М.Н. Реакция сортов сои на применение биопрепарата // Аграрная наука. 2021. № 9 (352). С. 93–96. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-352-9-93-96.
7. Асатурова А.М., Жевнова Н.А., Павлова М.Д., Дубяга В.М., Томашевич Н.С., Хомяк А.И., Цыгичко А.А., Бондарчук Е.Ю., Сидорова Т.М. Эффективность инокуляции семян озимой пшеницы бактериями рода *Bacillus*, перспективными для создания биопрепаратов // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2 (62). С. 8–12. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-8-12.
8. Кокоев Х.П., Фарниев А.Т., Козырев А.Х., Сабанова А.А. Роль микробных биопрепаратов в повышении болезнеустойчивости и продуктивности сои // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. № 4. С. 56–62.
9. Муравьев А.А., Демидова А.Г. Урожайность и качество семян сортов сои в лесостепи ЦЧР на разноудобренных фонах // Земледелие. 2018. № 3. С. 22–25.
10. Муравьев А.А., Оразаева И.В. Показатели продуктивности сортов сои в зависимости от инокуляции семян и азотного удобрения // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 4 (32). С. 34–37.
11. Бондарева Т.Н., Дагужиева Э.Ш. Влияние регуляторов роста растений и биопрепаратов на продуктивность озимой пшеницы в условиях Республики Адыгея // Новые технологии. 2017. № 4. С. 81–86.
12. Тишкова А.Н. Биологические приемы защиты сои от болезней // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 2 (58). С. 35–42. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-2-35-42
13. Петриченко В.Н., Логинов С.В., Туркина О.С. Применение регуляторов роста растений на посевах сои // Агрехимический вестник. 2017. № 6. С. 47–49.

## REFERENCES

1. Petrovskii A.S., Karakotov S.D. Microbiological products in crop production. An alternative or partnership? *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 2, pp. 14–18. (In Russian).

2. Bulineva N.A. The efficiency of the combined application of inoculants and fungicidal disinfectants on soybean. *Maslichnye kul'tury = Oil crops*, 2019, is. 4 (180), pp. 119–123. (In Russian).
3. Karakotov S.D., Arshava N.V., Bozhko K.N., Zheltova E.V. Combined use of the microbial preparation Biocomposite-correct and chemical fungicide. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantine*, 2019, no. 9, pp. 13–15. (In Russian).
4. Farniev A.T., Kozyrev A.Kh., Sabanova A.A., Kokoev Kh.P. The role of biopreparations and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybean. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2019, no. 4 (53), pp. 86–92. (In Russian).
5. Syrmolot O.V., Kocheva N.S. Combined use of biopreparations and growth regulators to improve soybean and tomato yields. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol 51, no. 5, pp. 20–27. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-5-2.
6. Sergeeva V.A., Murav'eva I.S., Ignatova A.V., Penskoii S.Yu., Myrmyr M.N. The reaction of soybean varieties to the use of a biological product. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2021, no. 9 (352), pp. 93–96. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2021-352-9-93-96.
7. Asaturova A.M., Zhevnova N.A., Pavlova M.D., Dubyaga V.M., Tomashevich N.S., Khomyak A.I., Tsygichko A.A., Bondarchuk E.Yu., Sidorova T.M. Efficiency of winter wheat seed inoculation by the *Bacillus* bacteria promising for the development of bio medicines. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2019, no. 2 (62), pp. 8–12. (In Russian). DOI:10.31367/2079-8725-2019-62-2-8-12.
8. Kokoev Kh.P., Farniev A.T., Kozyrev A.Kh., Sabanova A.A. Role of microbial biopreparations in increasing disease resistance and productivity of soybean plants. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Journal of Proceedings of the Gorsky SAU*, 2019, no. 4, pp. 56–62. (In Russian).
9. Murav'ev A.A., Demidova A.G. Yield and grain quality of soybean varieties in the forest-steppe of the Central Black Earth Region against backgrounds with different fertilization. *Zemledelie = Zemledelie*, 2018, no. 3, pp. 22–25. (In Russian).
10. Murav'ev A.A., Orazaeva I.V. Productivity of soybean varieties depending on seed inoculation and nitrogen fertilizer *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2018, no. 4 (32), pp. 34–37. (In Russian).
11. Bondareva T.N., Daguzhieva E.Sh. Influence of plant growth regulators and biopreparations on winter wheat productivity under the conditions of the Adhygh Republic. *Novye tekhnologii = New technologies*, 2017, no. 4, pp. 81–86. (In Russian).
12. Tishkova A.N. Biological methods of protecting soybeans from diseases/ *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2021, no. 2 (58), pp. 35–42. (In Russian). DOI: 10.24412/1999-6837-2021-2-35-42.
13. Petrichenko V.N., Loginov S.V., Turkina O.S. Application of plant growth regulators on soya bean crops. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2017, no. 6, pp. 47–49. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Сырмолот О.В.**, научный сотрудник;  
адрес для переписки: Россия, 692684, Приморский край, с. Камень - Рыболов, Ханкайский район, ул. Мира, 42а; e-mail: biometod@rambler.ru

**Ластушкина Е.Н.**, научный сотрудник  
**Кочева Н.С.**, научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Oksana V. Syrmolot**, Researcher; **address:** 42a, Mira St., Kamen-Rybolov, Khankaisky District, Primorsky Territory, 692684, Russia; e-mail: biometod@rambler.ru

**Elena N. Lastushkina**, Researcher  
**Nina S. Kocheva**, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 08.09.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 23.11.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-7>

УДК: 636.4.033

Тип статьи: обзорная

Type of article: review

## ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОРОДООБРАЗОВАНИЯ СВИНЕЙ В СИБИРИ (ОБЗОР)

✉ Гончаренко Г.М.<sup>1,2</sup>, Ким С.А.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

<sup>2</sup>Научно-образовательный центр «Передовая инженерная школа Агробиотек»,  
Томский государственный университет

Томск, Россия

✉ e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Представлены в историческом описании исчезнувшие или находящиеся на грани исчезновения сибирские породы свиней с целью лучшего понимания пороодообразовательного процесса в отечественной системе разведения и гибридизации свиней, определяющего улучшение продуктивных и породных качеств. Обзор пород свиней в Сибири дан с точки зрения истории их выведения, использованных селекционно-генетических методов и полученных достижений. Отсутствие живых представителей исчезнувших пород не позволяет изучить более глубоко их физиологические, морфологические особенности, потенциал продуктивности на высоком уровне кормления как в условиях современных промышленных комплексов, так и с использованием современных генетических методов селекции. Для обзора использованы литературные источники, в которых достаточно полно описаны породы и типы, приведены данные по продуктивности в условиях существовавшей в то время системы содержания и кормления. Освещены аспекты становления, развития и современного состояния свиноводства, а также существующие в отрасли проблемы. Дано описание следующих пород: сибирской северной, кемеровской, скороспелой мясной (СМ-1), новосибирского типа крупной белой породы, ачинского типа крупной белой породы, кемеровского заводского мясного типа свиней (КМ-1), чистогорской породы, алтайской мясной. Показаны методические подходы и селекционные достижения в выведении новых пород и породных типов в Сибири. Отмечено важное практическое значение селекционно-генетических методов в системе промышленного производства в современных условиях. Рассмотрен вопрос о возможности использования генетического потенциала отечественных пород свиней в условиях импортозамещения на основе прогрессивных технологических и методических подходов ученых и практиков в условиях Сибири.

**Ключевые слова:** породы свиней, селекция, типы, линии, методы, показатели продуктивности

## HISTORICAL ASPECTS OF PIG BREEDING IN SIBERIA (REVIEW)

✉ Goncharenko G.M.<sup>1,2</sup>, Kim S.A.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

<sup>2</sup>Research and Education Center "Advanced Engineering School Agrobiotech", Tomsk State University  
Tomsk, Russia

✉ e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Historical descriptions of extinct Siberian pig breeds or those on the verge of extinction are presented for a better understanding of the breeding process in the domestic pig breeding and hybridization system, which determines the improvement of productive and breed characters. An overview of pig breeds in Siberia is given in terms of the history of their breeding, the breeding and

genetic methods used and the achievements obtained. The absence of living representatives of extinct breeds does not allow to study more deeply their physiological, morphological features, the potential of productivity at a high level of feeding both in conditions of modern industrial complexes and using modern genetic breeding methods. Literature sources used for the review describe in sufficient detail breeds and types, and give data on productivity under the conditions of the then-existing system of housing and feeding. Aspects of the formation, development and the current state of pig breeding, as well as the existing problems in the industry are highlighted. The following breeds are described: Siberian Northern, Kemerovo, Early Maturing Meat (EM-1), Novosibirsk Large White Breed, Achinsk Large White Breed, Kemerovo Factory Meat Pigs (KM-1), Chelyabinsk Breed, Altai Meat Breed. Methodological approaches and breeding achievements in the breeding of new breeds and breed types in Siberia are shown. The important practical significance of breeding and genetic methods in the system of industrial production in modern conditions is noted. The issue of the possibility of using the genetic potential of domestic pig breeds under conditions of import substitution on the basis of advanced technological and methodological approaches of scientists and practitioners in the conditions of Siberia was considered.

**Keywords:** pig breeds, breeding, types, lines, methods, performance indicators

**Для цитирования:** Гончаренко Г.М., Ким С.А. Исторические аспекты пороодообразования свиней в Сибири (обзор) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 59–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-7>

**For citation:** Goncharenko G.M., Kim S.A. Historical aspects of pig breeding in Siberia (review). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 59–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-7>

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

К началу 80-х годов XX в. в России разводили 24 породы свиней, среди которых только одна крупная белая порода имела широкое распространение во всех регионах бывшего СССР благодаря высокой продуктивности и хорошим адаптационным свойствам. Свиней других пород, несмотря на некоторые преимущества по мясным и откормочным качествам, разводили локально, а приспособленность к местным условиям давала им преимущество перед крупной белой породой. В Сибири к таким породам относились сибирская северная, кемеровская, скороспелая мясная (СМ-1), а также созданные позднее типы с участием этих пород, которые не имели широкого распространения, однако оставались ценным источником генетического разнообразия.

Жесткая конкуренция промышленного производства свинины в условиях крупных животноводческих комплексов выдвинула на первый план использование пород с высоким генетическим потенциалом по продуктивности, что привело к вытеснению

пород отечественной селекции, уступавших импортным, что практически привело к их исчезновению.

В настоящее время в связи с возникшими проблемами импортозамещения большой интерес представляют изучение опыта создания отечественных пород и типов свиней и история их совершенствования. К сожалению, отсутствие живых представителей исчезнувших пород не позволяет изучить более глубоко их физиологические, морфологические особенности, потенциал продуктивности на высоком уровне кормления как в условиях современных промышленных комплексов, так и с использованием современных генетических методов селекции. Для обзора использованы литературные источники, в которых достаточно полно описаны породы и типы, приведены данные по продуктивности в условиях существовавшей в то время системы содержания и кормления.

Цель работы – представить в историческом описании исчезнувшие или находящиеся

ся на грани исчезновения сибирские породы свиней для лучшего понимания пороодообразовательного процесса в отечественной системе разведения и гибридизации свиней.

Одна из самых знаменитых сибирских пород свиней – *сибирская северная порода*, зарегистрированная как селекционное достижение в 1942 г. Авторы – М.О. Симон, А.И. Овсянников, И.Т. Скорик, П.И. Терницкий, Е.Т. Савина, А.Ф. Лысаков. Перед учеными стояла задача создать породу с продуктивными характеристиками крупной белой породы и способностью к выживанию абorigineнных свиней. Местные свиньи были мелкими позднеспелыми животными с живой массой 60–70 кг и небольшой (6–8 поросят) плодовитостью. В то же время они обладали такими ценными качествами, как неприхотливость, выносливость и крепость конституции. В основу работы по созданию новой сибирской породы была положена методика, разработанная видным советским селекционером академиком М.Ф. Ивановым. Сущность данной методики заключалась в том, что полученных от скрещивания помесей первого и второго поколений (в зависимости от степени наследования желательных признаков) разводили «в себе» в хороших условиях кормления и содержания<sup>1</sup>. Отбор племенного поголовья проводили очень строго, бракуя животных, не отвечающих желательным требованиям. Ежегодная браковка достигала до 80%. Особое внимание уделяли отбору хряков крупной белой породы, отдавая предпочтение животным тех линий, которые наиболее хорошо акклиматизировались к условиям Сибири и имели высокие показатели продуктивности. Животных из второго поколения разводили «в себе», а помесных маток, не отвечающих поставленным целям, снова скрещивали с хря-

ками крупной белой породы и уже помесей третьего поколения разводили «в себе». При создании первых линий хряков и семейств маток использовали значительное число хряков крупной белой породы для «расшатывания» наследственной основы местных свиней и выбора лучших сочетаний родительских пар<sup>2</sup>.

Итогом работы стали животные, по размерам и плодовитости не уступающие крупной белой породе свиней, но гораздо лучше приспособленные к сибирским холодам<sup>3</sup>. Порода постоянно находилась в процессе совершенствования, особенно в 70–80-е годы. С 1968 по 1973 г. селекционерам Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства (СибНИПТИЖ) удалось повысить скороспелость на 2,3 дня и достичь показателя 202,3 дня (возраст достижения живой массы 95 кг)<sup>4</sup>. В лучшей линии хряка Кедр этот показатель составлял 199,6 дня, что выше, чем в других линиях, на 7,0–7,8 дня. Туши характеризовались высокими мясными качествами. Длина туши потомков хряков ведущих линий составляла 93,23–95,7 см, толщина шпика на уровне седьмого ребра – 3,53–3,55 см. В тушах содержалось в среднем 55,63–57,11% мышечной ткани.

Для улучшения мясных качеств и повышения скороспелости свиней сибирской северной породы скрещивали с животными других пород, обладающих более высокой энергией роста (такими, как лакомб). У животных увеличилась длина полутуши на 1,3–2,7 см. Мясо свиней сибирской северной породы и помесей их с породой лакомб отличалось лучшими вкусовыми качествами по сравнению с помесями ландрас и чистопородными лакомб, видимо, из-за более высокого содержания в нем жира<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Симон М.О. Сибирская северная порода свиней. Государственная племенная книга свиней сибирской северной породы и сибирской пестрой породной группы. Новосибирск, 1951. 292 с.

<sup>2</sup>Крючковский А.Г., Подлетская Н.Н., Беленьков Е.П., Бурлак З.К., Бахмутова Р.Я., Жулидов В.А., Самодуров Е.К., Зубова Л.И. Свиноводство Сибири. М.: Колос, 1981. 159 с.

<sup>3</sup>Фролова В.И., Бекенев В.А. История научного преобразования свиноводства Сибири // 85 лет Сибирскому институту животноводства: сб. науч. тр. / РАН. ФАНО. СибНИПТИЖ. Новосибирск, 2015. С. 32–44.

<sup>4</sup>Лисицына Л.В. Откормочные и мясные качества свиней сибирской северной породы // Интенсификация животноводства в Сибири: сб. науч. тр. СибНИПТИЖ. Новосибирск, 1978. Вып. 25. С. 68–73.

<sup>5</sup>Бекенев В.А. Мясо-сальные качества помесей, полученных от промышленного скрещивания маток Сибирской северной породы с хряками Лакомб и Ландрас // Животноводство Сибири за 50 лет. Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1963. С. 327–339.

Дальнейшую селекцию сибирской северной породы вели в направлении улучшения скороспелости, мясных качеств и оплаты корма. Оценку породы проводили традиционным методом по результатам контрольного откорма.

Молодняк сибирской северной породы на откорме в зависимости от линейной принадлежности достигал живой массы 100 кг за 187,3–197,0 дня<sup>6</sup>. При этом отмечалось, что потенциал сибирской северной породы, возможно, не был раскрыт до конца в связи с недостаточным уровнем кормления, не полностью сбалансированным по протеину<sup>7</sup>.

Селекция сибирской северной породы на улучшение скороспелости и воспроизводительных способностей животных позволила достичь хорошего на тот момент генетического потенциала. В 1989 г. лучшие животные из линии Кедр 25 имели энергию роста на контрольном откорме 804 г, что выше среднего по стаду на 124 г. Многоплодие маток находилось на уровне 11,0–11,8 поросят, отъемная масса поросят в 2 мес составляла 231 кг. Таким образом, генетический потенциал сибирской северной породы (СС) был сопоставим со вновь выводимыми породами свиней<sup>8</sup>.

В то же время следует отметить, что сибирская северная порода длительное время использовалась на свинокомплексе «Кудряшовский» в чистоте, а также в скрещиваниях с другими породами. Наиболее удачное ее сочетание, как показали опыты, было со скороспелой мясной породой (СМ-1) в сравнительной оценке с крупной белой [1]. Свиноматки сибирская северная × СМ-1 имели выше многоплодие на 8,2%, молочность – на 10,1% в сравнении со свиноматками сибирская северная × крупная белая. Подсвинки СС × СМ-1 отличались меньшей толщиной

шпики (на 13,4%), более высокой массой заднего окорока (на 5,2%) и площадью «мышечного глазка» (на 14,0%) по сравнению с вариантом скрещивания сибирской северной с крупной белой породой.

Создание скороспелой мясной породы (СМ-1) было вызвано потребностью иметь породу животных, удовлетворяющую технологиям крупных комплексов, которые в 80-е годы XX в. начали активно создавать. Старые отечественные породы не в полной мере отвечали требованиям интенсивного производства, а завозимые породы, такие как ландрас, не были адаптированы к нашим природным и хозяйственным условиям и не могли обеспечивать племенным материалом бурно развивающееся свиноводство. Масштабное породоиспытание 15 пород и двух типов, проведенное под контролем главного управления животноводства Министерства сельского хозяйства СССР совместно с Отделением животноводства ВАСХНИЛ, показало, что разводимые в стране породы обладают сравнительно высокой продуктивностью, но генетический потенциал откормочных качеств требует улучшения. Создание породы одновременно проходило в 73 крупных совхозах и колхозах России, Украины, Белоруссии и Молдавии под руководством ученых 20 научно-исследовательских институтов и высших сельскохозяйственных учебных заведений. После распада СССР на основе единого селекционного материала в 1993 г. были апробированы две породы – скороспелая мясная (СМ-1) в России и украинская мясная на Украине [2].

При создании породы СМ-1 отработывали различные варианты скрещивания. Так, при скрещивании хряков полтавского мясного типа ПМ-1 со свиноматками кемеровского заводского типа КМ-1 получены потомки,

<sup>6</sup>Хан П.А., Заболотский А.П. Мясные и откормочные качества при сочетании различных линий хряков и семейств свиноматок сибирской северной породы на племферме ОПХ «Черепановское» // «Селекционно-племенная работа в промышленном животноводстве: науч.-техн. бюл. Вып. 12 / СО ВАСХНИЛ, СибНИПТИЖ. Новосибирск, 1985. С. 34–37.

<sup>7</sup>Лисицына Л.В. Контрольное выращивание – основной метод совершенствования свиней // Селекционно-племенная работа в промышленном животноводстве: науч.-техн. бюл. Вып. 12. СО ВАСХНИЛ, СибНИПТИЖ. Новосибирск, 1985. С. 32–34.

<sup>8</sup>Лисицына Л.В. Улучшение генетического потенциала свиней Сибирской северной породы // Селекционно-племенная работа при интенсификации животноводства в Сибири: сб. науч. тр. / СО ВАСХНИЛ, СибНИПТИЖ. Новосибирск, 1989. С. 46–52.

достигающие 100 кг за 180 дней, животные линии Спутника – за 178,8 дня, при этом толщина шпика составляла 27,7 мм, масса заднего окорока 10,7 кг, длина туловища 95,5 см [3]. Дальнейшую селекционную работу с породой СМ-1 проводили на традиционных методах оценки матерей, их дочерей, определении генетических корреляций между продуктивными показателями матерей и дочерей, а также изучения коэффициентов повторяемости признаков [4].

Для совершенствования откормочных и мясных качеств созданной породы СМ-1 селекционеры использовали вводное скрещивание с типом КМ-1 (кемеровский заводской тип мясных свиней). Наиболее удачное сочетание отмечено при скрещивании свиноматок СМ-1 и хряков КМ-1, при котором скороспелость молодняка достигла 172,4 дня, что меньше на 16,5 дня в сравнении с чистопородными животными СМ-1. Уменьшение доли крови заводского типа КМ-1 снижало энергию роста молодняка и незначительно ухудшало мясные качества потомства [5].

С целью создания гибридов для откорма на промышленных комплексах проведено скрещивание различных пород и выявление среди них лучших. Из шести вариантов скрещивания крупной белой породы и ее гибридов первого поколения и СМ-1 (материнская основа) с немецкими ландрасами (НЛ) установлено, что воспроизводительные способности (молочность свиноматок, масса гнезда при отъеме) были выше в сочетании крупной белой породы (КБ) с хряками породы ландрас и в варианте трехродного скрещивания (КБ × НЛ) × СМ-1. Молочность составляла 65,5–66,9 кг, масса гнезда – 172,7–181,1 кг. Однако более высокая скороспелость отмечена при скрещивании КБ × СМ-1 – 204 дня, что выше на 10–26 дней в сравнении с другими вариантами [6].

*Кемеровская порода свиней* – одна из самых лучших отечественных пород, которая берет начало от местных свиней, улучшенных хряками крупной белой породы еще в 1930-х годах. Основной целью выведения этой породы стало создание скороспелых животных для промышленного скрещива-

ния со свиньями крупной белой породы. Руководство данным проектом было поручено доктору сельскохозяйственных наук, профессору А.И. Овсянникову и доктору сельскохозяйственных наук, профессору И.И. Гудилину. Активное создание породы началось значительно позже, когда ее начали улучшать сложным воспроизводительным скрещиванием с беркширами и крупной черной породой. В формировании нескольких линий и семейств использованы сибирская северная порода и сибирская черно-пестрая. Как самостоятельная кемеровская порода зарегистрирована в 1960 г.

На первом этапе создана кемеровская породная группа свиней сального типа. Этих помесей покрывали хряками беркширской породы. Полукровное по беркширской породе маточное поголовье с черной и пестрой окраской снова покрывали беркширскими или помесными хряками (3/4 крови беркширской породы). В результате получены животные, имеющие 60% крови беркширской породы. Племенное ядро состояло из четырех линий с пятью родственными группами хряков и восемь семейств с 10 родственными группами маток.

На втором этапе провели однократное «прилитие крови» местных улучшенных свиней (третьего – пятого поколений), крупной черной, сибирской северной и сибирской черно-пестрой породной группы.

Свиньи кемеровской породы отличались высокими показателями развития и репродуктивных качеств: многоплодие – 10–11 поросят, молочность – 50–55 кг, масса гнезда в 2-месячном возрасте – 170–180 кг. Животные имели высокую скороспелость и энергию роста, среднесуточный прирост на откорме 730–780 г, возраст достижения массы 100 кг 175–180 дней, толщину шпика над 6–7-м грудным позвонком 27–29 мм.

Следует отметить, что совершенствование существовавших в то время пород и типов свиней непрерывно осуществлялось на племенных фермах комплексов, создавались новые улучшенные формы животных. Так, на ЗАО СПК «Чистогорский» в результате селекции на улучшение репродуктив-

ных и откормочных качеств сформирован заводской универсальный тип кемеровской мясной (УКМ) породы со скороспелостью 176,7 дня, что меньше на 24,9 дня по сравнению с подсвинками кемеровской породы, отличавшимися и более тонким (на 10,8 мм) шпиком<sup>9</sup>. Удачное сочетание кемеровской породы с другими породами отмечено в опытах по скрещиванию ее со свиньями ландрас, дюрок, пьетрен для получения гибридов и последующего откорма [7]. Использование в скрещивании полукровных свиноматок (кемеровская × ландрас) с хряками породы пьетрен обеспечивало лучшее многоплодие, рост потомства за подсосный и откормочный периоды, а также меньшее отложение жира по хребту.

В 1968 г. в хозяйствах Кемеровской области под руководством академика ВАСХНИЛ А.И. Овсянникова и старшего научного сотрудника ВИЖ кандидата сельскохозяйственных наук И.А. Тарасова начата работа по созданию специализированных синтетических линий беконного и мясного направления. В качестве исходных избрали животных кемеровской породы и ландрас. Помеси первого поколения послужили исходным материалом для создания сибирских беконных свиней *кемеровского заводского мясного типа свиней (КМ-1)*. Тип зарегистрирован в 1978 г. Патентообладатели – ОАО Племенной завод «Юргинский», ООО СПК «Чистогорский», Новосибирский государственный аграрный университет.

При получении КМ-1 использовали следующую схему: помесей первого поколения покрывали вновь хряками породы ландрас. Из полученного приплода отобрали помесных хряков (3/4 ландрас + 1/4 кемеровская), которые с полукровными свиноматками (1/2 кемеровская + 1/2 ландрас) дали исходный материал для создания заводского типа (5/8 ландрас + 3/8 кемеровская), пригодного для

разведения «в себе». В состав альфа-линии также были включены помесные животные первого и второго поколений (1/2 ландрас + 1/2 кемеровская и 3/4 ландрас + 1/4 кемеровская). В результате разведения «в себе», особенно полукровных помесей, исключали из состава альфа-линии животных черно-пестрой масти, отбирая только белых свиней. Желательный тип получен от разведения высококровных помесей «в себе» на протяжении трех поколений. Селекционную работу вели в направлении повышения скороспелости, мясных качеств и эффективности использования кормов<sup>10</sup> [8].

Животные кемеровского мясного типа отличаются хорошей приспособленностью к условиям Сибири, имеют крепкие конечности и костяк, хорошую оброслость и высокую продуктивность по откормочным и мясным качествам – среднесуточный прирост на контрольном откорме составляет 800 г при возрасте достижения живой массы 100 кг 165 дней, толщина шпика 28 мм [9].

*Ачинский тип* свиней крупной белой породы выведен в племязаводе «Ачинский» Красноярского края. Авторы – Н.М. Башкирова, В.А. Бекенев, И.П. Белозерова, В.А. Дударев, В.Г. Мантикова<sup>11</sup>.

Животные ачинского типа характеризуются высокими воспроизводительными качествами. В основу племенной работы было положено чистопородное разведение при жестком отборе и гомогенном подборе животных с высокой продуктивностью. Одновременно создавалась генеалогическая структура стада по линиям, семействам и родственным группам. Животные ачинского типа хорошо развитые, с крепкой конституцией, длинным туловищем и высокой продуктивностью, приспособленные к суровым климатическим условиям Сибири. Многоплодие свиноматок в среднем по стаду в последние 5 лет составило 11,5–11,6 поросенка

<sup>9</sup>Рякин О.В. Хозяйственно полезные и биологические качества свиней универсального заводского типа (УКМ) кемеровской породы: автореф дис.... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2012. 18 с.

<sup>10</sup>Гришкова А.П., Тарасов Н.А., Нечаева Е.В. Селекция свиней типа КМ-1 на высокие мясные и откормочные качества // Интенсификация свиноводства в Кемеровской области: сб. науч. тр. Новосибирск, 1990. С. 42–45.

<sup>11</sup>Бекенев В.А., Башкирова Н.М., Белозерова И.П., Дударев В.А., Мантикова В.Г. Селекционное достижение в животноводстве – тип свиней крупной белой породы «Ачинский». Патент № 1994, заявка № 9811316. Заявл. 17.07.2001.2001а.

на опорос, молочность – 64,3–66,7 кг, выход приплода к отъему – 10,1–10,2 поросенка, средняя живая масса одного поросенка в 2-месячном возрасте достигала 20,1–20,6 кг. В племязаводе использовались хряки, относящиеся к четырем генеалогическим линиям – Самсона, Драчуна, Свата, Сталактита – и девяти родственным группам.

Свиньи ачинского типа отличаются от других типов крупной белой породы по экстерьеру – оригинальным строением молочной железы, рельефно выделяющимися долями; по высокому и стабильному воспроизводительному качеству – многоплодию, молочностью и живой массой гнезда в 2-месячном возрасте и особенно по воспроизводительным качествам [10].

Генетическое разнообразие в породе поддерживалось за счет разведения по типам, однако для повышения откормочных качеств изучали межтиповое кроссирование. Сравнительная оценка продуктивности свиней ачинского и катуньского типов и их кроссов показала, что животные ачинского типа имели более высокие среднесуточные приросты и быстрее достигали живой массы 100 кг на 7,5 дня по сравнению с катуньским. В то же время животные, полученные от межтипового кроссирования, где свиноматки были катуньского типа, а хряки ачинского, занимали среднее положение по скороспелости. Они достигали живой массы 100 кг за 189 дней, тогда как противоположный подбор (матки ачинского типа, хряки катуньского) имели скороспелость 191,7 дня, т.е. на уровне катуньского типа [11].

В условиях требований интенсивного свиноводства и рыночной конъюнктуры развивалась в Сибири и *крупная белая порода*. Селекционно-генетические параметры целевого стандарта новых линий для природно-экономических условий Сибири устанавливали следующими: многоплодие маток

– 11–12 поросят, молочность – 52–55 кг, масса гнезда при отъеме в 2 мес – 190–200 кг, скороспелость молодняка – 180–185 дней, затраты корма – 3,6–3,8 к. ед. на 1 кг прироста, среднесуточный привес на откорме – 750–780 г, толщина шпика – 30–31 мм. При использовании разнообразных селекционных приемов за 13-летний период (1981–1993 гг.) усилиями ученых СибНИПТИЖ на базе ЗАО Племязавод «Большевик» и ГСХП ОПХ Племенной завод «Боровское» создан и апробирован новый заводской тип свиней крупной белой породы *новосибирский (НКБ)*<sup>12</sup>. Авторы типа – В.А. Бекенев, Е.Ф. Гришина, А.Г. Крючковский, Г.И. Мазанова, З.И. Морева, В.И. Фролова, Г.П. Юдина<sup>13</sup>. Отбор животных по комплексной оценке и при высоком селекционном давлении в основном был направлен на улучшение скороспелости исходных родственных групп и генеалогических линий, имевших хороший резерв наследственной изменчивости и внутри закрытых популяций. Гомогенный подбор по родословным и интенсивная селекционная работа оказали положительное влияние на репродуктивные показатели маток. На каждого вводимого в основное стадо хряка отбирали в 3-месячном возрасте 20 хрячков, на вводимую основную свиноматку – 6 свинок. На сравнительном интенсивном откорме, проводившемся на ВДНХ в 1985 г., подсвинки линии НКБ-1 заняли первое место по скороспелости (достигли массы 120 кг в возрасте 212 дней) среди других пород и типов свиней племязаводов страны. Дальнейшая работа была сосредоточена на выведении линий-популяций для получения выдающихся хозяйственно полезных признаков. У потомства хряка Самсона 7021 среднесуточный прирост составлял 1018 г, затраты корма 3,18 к. ед. на 1 кг прироста.

Потомство хряка Самсона 7295 имело скороспелость 156,8 дня. Оба хряка род-

<sup>12</sup>Бекенев В.А., Гришина Е.Ф., Фролова В.И., Крючковский А.Г., Мазанова Г.И., Морева З.И., Юдина Г.П. Селекционное достижение в животноводстве – тип свиней крупной белой породы «Новосибирский». Патент № 1032, заявка № 9353386. Заявл. 1.1.1993.

<sup>13</sup>Фролова В.И. Выведение и совершенствование типа свиней Новосибирский крупной белой породы: автореф. дис... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2007. 26 с.

ственные между собой (второе – третье поколение), а их предок Самсон 2507 был лучшим в стаде по откормочным качествам. На период апробации животные типа НКБ превосходили по показателям скороспелости и среднесуточного прироста все другие породы и типы свиней, разводимые в России, и практически не уступали породам, разводимым за границей в странах с развитым свиноводством [12]. Тип НКБ имеет следующие показатели продуктивности: многоплодие – 11 поросят на опорос, молочность – 57 кг, масса гнезда при отъеме в 2 мес – 194 кг, скороспелость – 173,5 дня, среднесуточный прирост на откорме – 842 г, затраты корма на 1 кг прироста – 3,5 к. ед., длина туши – 95,1 см, толщина шпика – 31 мм, масса задней трети полутуши – 10,4 кг. Генетический потенциал скороспелости составляет 156 дней, среднесуточный прирост – 1017 г [13].

Дальнейшая интенсификация свиноводства и конкуренция с зарубежными производителями изменили требования к племенному материалу в целом: к повышению скороспелости, увеличению мясности туши, многоплодию свиноматок и крепости костяка. На базе ООО СПК «Чистогорский» в 2016 г. была создана *чистогорская порода*. Авторы – А.А. Аришин, В.А. Волков, Н.Л. Третьякова, А.П. Гришкова, Н.А. Чалова<sup>14</sup>. Порода выведена на основе ввального скрещивания крупной белой породы отечественной селекции (свиноматки) с хряками крупной белой породы английской (компания РИС, Польша) и французской селекции (компания «Франс Гибрид», Франция), а также хряков Йоркшир (племзавод «Юбилейный» Тюменской области). Порода хорошо приспособлена к условиям промышленной технологии. Животные имеют белый окрас. Плодовитость маток средняя – 13,2 поросенка. Возраст достижения 100 кг хрячков – 161,3–166,7 дня, их среднесуточный прирост за период выращивания – 851–894 г, шпик тонкий – 16,1–16,5 мм, затраты корма – 2,75–2,68 кг. Возраст достижения

100 кг свинок составил в среднем 178,5 дня, толщина шпика – 17,3 мм [14].

По той же схеме в современных условиях выведена *алтайская мясная порода* свиней на основе крупной белой породы, породы ландрас и хряков породы максгро. Включена в Госреестр в 2017 г. Авторы селекционного достижения – Н.И. Стрекозов, Н.А. Зиновьева, Б.Л. Панов, А.М. Юган, А.Н. Лукьянов, В.Н. Шарнин, А.И. Кичигин, А.И. Рудь, А.П. Косарев, Н.А. Глазкова, Л.В. Хрипунова.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение XX в. в России выведены десятки пород сельскохозяйственных животных. Весомым вкладом в этом стали и достижения сибирских ученых-селекционеров. Все перечисленные выше породы свиней, исключая скороспелую мясную и, возможно, некоторые другие, исчезли, однако в последние годы их существования генетикам удалось провести исследования по идентификации животных, выявлению их генетического профиля методом STR-анализа и микросателлитам, используя при этом любой биологический материал, включая музейные образцы черепов [15]. Так, например, установлена высокая близость свиней СМ-1 с породой ландрас и отдаленность от пород дюрок и йоркшир, что согласуется с историческим происхождением породы [16]. При изучении генетического разнообразия некоторых отечественных и зарубежных пород в сравнительном аспекте установлено, что кемеровская порода характеризуется относительно невысоким уровнем генетического разнообразия, однако оно выше, чем у других локальных пород. Кластерный анализ позволил экспериментально доказать высокую степень генетической консолидированности исследуемых пород, что свидетельствует об уникальности их аллелофонда [17, 18]. Общий научно-технический прогресс в биологии, технике, информационных тех-

<sup>14</sup>Аришин А.А., Волков В.А., Третьякова Н.Л., Гришкова А.П., Чалова Н.А. Селекционное достижение в животноводстве – порода свиней «Чистогорская». Патент № 8750, заявл.13.12.2016.

нологиях накладывает большой отпечаток на методы и приемы селекционной работы в современных условиях. Системы крупных промышленных производств в животноводстве диктуют условия максимизации проявления продуктивных качеств, устанавливая границы на пределе возможностей биологического вида. В этой связи локальные и в том числе отечественные селекционные достижения, основанные на природно-адаптивных преимуществах, входят в противоречие с экономическими. Закономерный итог – замена отечественных пород импортными. Данная проблема существует во всем мире. В текущих условиях видится необходимость создания ферм в технопарках при научных центрах для разводимых пород сельскохозяйственных животных, новых, редких, а также исчезающих, с лучшим генофондом и использованием всех современных методов маркерной, геномной селекции, репродуктивных и информационно-статистических технологий [19]. Приведенные исторические доказательства эффективности отечественной селекции показывают потенциальную возможность усовершенствования имеющихся в России или создание новых форм свиней с мировым уровнем продуктивности и сохранением генетического разнообразия и уникальности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фриджер А.А. Хозяйственно полезные качества свиней сибирской северной породы при скрещивании с хряками других пород // Вестник КрасГАУ. 2011. № 9. С. 169–173.
2. Петухов В.Л., Тихонов В.Н., Желтиков А.И., Фриджер А.А., Гарт В.В., Камалдтнов Е.В., Кочнева М.Л., Себежско О.И., Короткевич О.С., Желтикова О.А. Генофонд скороспелой мясной породы свиней: монография. Махачкала: Юпитер, 2005. 631 с.
3. Фриджер А.А. Откормочные и мясные качества помесных животных при создании скороспелой мясной породы свиней СМ-1 Новосибирской селекции // Вестник НГАУ. 2010. № 2 (14). С. 53–56.
4. Кочнева М.Л., Бабайцева И.Н., Фриджер А.А. Селекционно-генетические параметры продуктивных качеств скороспелой мясной породы Новосибирской селекции // Вестник НГАУ. 2008. № 1. С. 61–65.
5. Гришкова А.П., Плешков В.А. Использование метода вводного скрещивания для улучшения продуктивных качеств свиней породы СМ-1 // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 11. С. 60–62.
6. Гришкова А.П., Долбня А.Ф. Использование хряков мясных пород при производстве свинины в условиях промышленной технологии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2004. № 3. С. 277–280.
7. Гришкова А.П., Чалова Н.А., Аришин А.А., Волков В.А., Гришков В.А. Эффективность скрещивания Кемеровской породы с хряками специализированных мясных пород // Зоотехния. 2014. № 3. С. 4–5.
8. Гришкова А.П. Кемеровский заводской тип мясных свиней-КМ-1: монография. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2001. 88 с.
9. Гришкова А.П., Тарасов Н.А., Нечаева Е.В. Новый тип мясных свиней // Земля сибирская, дальневосточная. 1984. № 2. С. 3–7.
10. Дударев В., Баширова Н., Агапов А., Мантимова В., Бекенев В. Ачинский тип свиней // Свиноводство. 2006. № 3. С. 6–7.
11. Бурцева С.В. Откормочные качества свиней при межтиповом кроссировании // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (171). С. 45–50.
12. Бекенев В.А. Технология разведения и содержания свиней: монография. СПб.: Лань, 2012. 416 с.
13. Бекенев В.А. Селекция свиней: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 1997. 184 с.
14. Гришкова А.П., Аришин А.А., Чалова Н.А., Волков В.А., Третьякова Н.Л. Характеристика продуктивности свиней Чистогорской породы // Свиноводство. 2017. № 3. С. 7–10.
15. Харзинова В.Р., Зиновьева Н.А. Паттерн генетического разнообразия у локальных и коммерческих пород свиней на основе анализа микросателлитов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 7. С. 747–754. DOI: 10.18699/VJ20.669.
16. Харзинова В.Р., Зиновьева Н.А., Батенева Н.В., Луговой С.Н., Гладырь Е.А., Гончаренко Г.М., Жучаев К.В., Маурчева В.Н., Барсукова М.А. Характеристика аллелофонда новосибирской популяции свиней скоро-

- спелой мясной породы по микросателлитам // Достижения науки и техники. 2011. № 10. С. 59–60.
17. Харзинова В.Р., Жучаев К.В., Костюнина О.В., Кочнева М.Л., Чыдым С.М., Зиновьева Н.А. Молекулярно-генетическая идентификация и паспортизация кемеровской породы свиней на основе STR-анализа // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 62–64.
  18. Акоюн Н.А., Харзинова В.Р., Чыдым С.М., Жучаев К.В., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А. Генетический анализ митохондриальной и ядерной ДНК свиней Кемеровской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 132–137.
  19. Бекенев В.А. Пути совершенствования генофонда свиней в Российской Федерации // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 8 (22). С. 912–921. DOI: 10.18699/VJ18.433.
- ## REFERENCES
1. Fridcher A.A. Economic and productive properties of the Siberian northern pig breed when crossed with boars of different breeds. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasGAU*, 2011, no. 9, pp. 169–173. (In Russian).
  2. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Fridcher A.A., Gart V.V., Kamaltdinov E.V., Kochneva M.L., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Zheltikova O.A. *Gene pool of early maturing meat pig breed*. Makhachkala, Jupiter Publ., 2005, 631 p. (In Russian).
  3. Fridcher A.A. Fattening and meat qualities of crossbred animals in the creation of an early maturing meat breed of pigs EM-1 of Novosibirsk breeding. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU*, 2010, no. 2 (14), pp. 53–56. (In Russian).
  4. Kochneva M.L., Babaytseva I.N., Fridcher A.A. Breeding and genetic parameters of productive qualities of the early-maturing meat pig breed of Novosibirsk breeding. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU*, 2008, no. 1, pp. 61–65. (In Russian).
  5. Grishkova A.P., Pleshkov V.A. Use of a method of introductive crossing for improvement of pig productive qualities of the EM-1 breed. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2009, no. 11, pp. 60–62. (In Russian).
  6. Grishkova A.P., Dolbnya A.F. The use of boars of meat breeds in the production of pork under industrial technology. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2004, no. 3, pp. 277–280. (In Russian).
  7. Grishkova A.P., Chalova N.A., Arishin A.A., Volkov V.A., Grishkov V.A. Effectiveness of crossing sows of Kemerovo breed with boars of specialized meat breeds. *Zootekhnika = Zootechniya*, 2014, no. 3, pp. 4–5. (In Russian).
  8. Grishkova A.P. *Kemerovo factory type of meat pigs KM-1*, Kemerovo, Kuzbassvuzizdat Publ., 2001, 88 p. (In Russian).
  9. Grishkova A.P., Tarasov N.A., Nechaeva E.V. A new type of meat pigs. *Zemlya sibirskaya, dal'nevostochnaya = The Land of Siberia and Far East*, 1984, no. 2, pp. 3–7. (In Russian).
  10. Dudarev V., Bashkirova N., Agapov A., Mantikova V., Bekenev V. Achinsk type of pigs. *Svinovodstvo = Pigbreeding*, 2006, no. 3, pp. 6–7. (In Russian).
  11. Burtseva S.V. Fattening qualities of pigs at inter-type crossing. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 1 (171), pp. 45–50. (In Russian).
  12. Bekenev V.A. *Technology of breeding and keeping pigs*, St.-Petersburg, Lan Publ., 2012, 416 p. (In Russian).
  13. Bekenev V.A. *Selection of pigs*. Novosibirsk, Siberian Branch of the RAAS Publ., 1997, 184 p. (In Russian).
  14. Grishkova A.P., Arishin A.A., Chalova N.A., Volkov V.A., Tretyakova N.L. Productivity characteristics of pigs of the Chistogorskaya breed. *Svinovodstvo = Pigbreeding*, 2017, no. 3, pp. 7–10. (In Russian).
  15. Kharzinova V.R., Zinovieva N.A. The pattern of genetic diversity of different breeds of pigs based on microsatellite analysis. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2020, vol. 24, no. 7, pp. 747–754. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ20.669.
  16. Kharzinova V.R., Zinovieva N.A., Bateneva N.V., Lugovoy S.N., Gladyr E.A., Goncharenko G.M., Zhuchayev K.V., Maurcheva V.N., Barsukova M.A. Characteristics of allele pool of Siberian population of fast-growing meet

- breed using microsatellites. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2011, no. 10, pp. 59–60. (In Russian).
17. Kharzinova V.R., Zhuchaev K.V., Kostyunina O.V., Kochneva M.L., Chydym S.M., Zinovieva N.A. Molecular-genetic identification and certification of Kemerovo breed of pigs based on STR-analysis. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2017, vol. 31, no. 6, pp. 62–64. (In Russian).
18. Akopyan N.A., Kharzinova V.R., Chydym S.M., Zhuchaev K.V., Kostyunina O.V., Zinovieva N.A. Genetic analysis of mitochondrial and nuclear DNA of pigs of Kemerovo breed. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*, 2019, vol. 102, no. 4, pp. 132–137. (In Russian).
19. Bekenev V.A. Ways to improve the gene pool of pigs of the Russian Federation. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2018, no. 8 (22), pp. 912–921. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ18.433.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Гончаренко Г.М.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

**Ким С.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, инженер, научный сотрудник

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina M. Goncharenko**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: gal.goncharenko@mail.ru

**Sergey A. Kim**, Candidate of Science in Agriculture, Engineer, Researcher

*Дата поступления статьи / Received by the editors 29.09.2022*  
*Дата принятия к публикации / Accepted for publication 16.11.2022*  
*Дата публикации / Published 27.12.2022*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ДЕГИДРАТАЦИИ НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ КОРМОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

✉ Разумовская Е.С.

*Управление ветеринарии государственной ветеринарной службы Алтайского края по городу Барнаулу*  
Алтайский край, Барнаул, Россия

✉ e-mail: Elenabar83@inbox.ru

Представлены этапы производства сухих кормов для непродуктивных животных и результаты исследований полученной продукции на соответствие ГОСТам. Изучены показатели качества и безопасности сухих кормов для непродуктивных животных из сырья животного происхождения, подвергнутого процессу дегидратации. Установлено, что процесс сушки с конвекционным принципом действия положительно влияет на показатели пищевой ценности готового продукта. Полученная продукция соответствует ГОСТ Р 54954–2012. Эксперимент проведен в 2021, 2022 гг. В качестве объекта исследования использованы селезенки, полученные от клинически здорового крупного рогатого скота (возраст 18 мес) при убое на мясоперерабатывающих предприятиях Алтайского края. Согласно полученным лабораторным результатам установлено, что в исследуемом виде сырья в процессе дегидратации существенно снизился такой показатель, как массовая доля влаги, он составил  $5,5 \pm 0,01\%$ . Показатели массовой доли белка и золы после процесса сушки остались практически неизменными:  $20,27 \pm 0,001$  и  $0,05 \pm 0,01\%$  соответственно. Массовая доля сырого жира в исследуемых образцах составляла  $0,4 \pm 0,01\%$ , что ниже показателей стандарта на 4,6–8,6%. Проведено исследование полученной продукции на соответствие требованиям, предъявляемым к сухим полнорационным кормам взрослых животных (собак). Проведен сравнительный анализ химического состава образцов сухого корма. В исследуемых образцах отмечено необходимое содержание следующих незаменимых макроэлементов: фосфора, кальция и натрия. Выявлено наибольшее содержание кальция (2,3%). Лабораторными методами в соответствии с утвержденными правилами бактериальных исследований установлены показатели безопасности полученных сухих кормов животного происхождения для непродуктивных животных.

**Ключевые слова:** процесс дегидратации, непродуктивные животные, селезенка, качество кормов

## STUDY OF THE EFFECT OF THE DEHYDRATION PROCESS ON THE QUALITY AND SAFETY OF ANIMAL FEED

✉ Razumovskaya E.S.

*Veterinary Department of the State Veterinary Service of the Altai Territory in the city of Barnaul*  
Barnaul, Altai Territory, Russia

✉ e-mail: Elenabar83@inbox.ru

The stages of dry feed production for unproductive animals and the results of the research of the resulting products for compliance with GOSTs are presented. The quality and safety parameters of dry feeds for unproductive animals made of raw materials of animal origin subjected to dehydration process have been studied. It was found that the drying process with the convection principle of action, positively affects the indicators of nutritional value of the finished product. The resulting products comply with GOST R 54954-2012. The experiment was conducted in 2021, 2022. Spleens obtained from clinically healthy cattle (age 18 months) during slaughter at the meat processing enterprises of the Altai Territory were used as an object of the study. According to the laboratory results, it was found that in the studied form of raw materials in the process of dehydration such an indicator as the mass fraction of moisture significantly decreased and amounted to  $5.5 \pm 0.01\%$ . The indicators of the mass fraction of protein and ash after the drying process, remained virtually unchanged:  $20.27 \pm 0.001$  and  $0.05 \pm 0.01\%$  respectively. The mass fraction of crude fat in the studied samples was  $0.4 \pm 0.01\%$ , which is 4.6-8.6% lower than the standard. Study of the resulting products for compliance with the requirements for dry full-fat adult fodder (dogs) was carried out. A

comparative analysis of the chemical composition of dry feed samples was conducted. In the tested samples the required content of the following essential macronutrients: phosphorus, calcium and sodium was observed. The highest calcium content (2.3%) was detected. Laboratory methods in accordance with the approved rules of bacterial studies established safety indicators of dry animal feed for unproductive animals.

**Keywords:** dehydration process, unproductive animals, spleen, feed quality

**Для цитирования:** Разумовская Е.С. Исследование влияния процесса дегидратации на качество и безопасность кормов животного происхождения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 70–77. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-8>

**For citation:** Razumovskaya E.S. Study of the effect of the dehydration process on the quality and safety of animal feed. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 70–77. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-8>

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из условий эффективного развития животноводческой отрасли является устойчивое кормопроизводство [1, 2]. В современном понятии термин «корм» определяет продукт для кормления животных, не оказывающий вредное воздействие на их организм<sup>1</sup>. Современный рынок кормов для домашних питомцев в зависимости от способа изготовления представлен полнорационными и неполнорационными, сухими и влажными, диетическими, функциональными и дополнительными кормами [3]. Наиболее распространенными российскими кормами являются торговые марки «Зоогурман» и «Цезарь» [4]. По данным специалистов журнала «Зообизнес в России», производство кормов для непродуктивных животных, таких как кошки и собаки, к концу 2021 г. составило 124,8 тыс. т готовой продукции<sup>2</sup>. В соответствии с подпрограммой «Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных» одной из главных

задач является повышение производства кормов с использованием вторичного сырья перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса<sup>3</sup>.

Анализ литературных данных показал, что основная часть переработанных побочных продуктов убоя (кровь и ее элементы, железы и кость) используется при изготовлении медицинских, ветеринарных органо-терапевтических препаратов, питательных сред, мясокостной муки<sup>4</sup> [5–11]. Некоторые субпродукты первой и второй категории используют в производстве готовых мясных изделий, таких как колбасные изделия, холдцы, студни, зельцы, паштеты [12]. Менее широкое использование в перерабатывающей мясной промышленности получила селезенка. Она – не только орган кроветворения и защиты иммунитета при жизни животного, но и источник кормового белка животного происхождения. Рядом авторов доказана высокая скорость перевариваемости белков селезенки<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>ГОСТ Р 54954–2012 Корма и кормовые добавки для непродуктивных животных. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2020.

<sup>2</sup>Российское производство кормов для домашних питомцев растет. URL: <https://zooinform.ru/> (дата обращения 09.06.2022).

<sup>3</sup>Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных: Постановлением Правительства РФ № 1489 от 3 сентября 2021 г. URL: <https://base.garant.ru/402789234/> (дата обращения: 04.04.2022).

<sup>4</sup>Горбунова Н.В., Рудик Ф.Я., Быстрова И.С. Разработка технологии переработки кости птицы с получением порошка функционального назначения. Инновации в интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 17–18 июня 2015 г. / Под общ. ред. акад. РАН И.Ф. Горлова. Волгоград, 2015. С. 279–282.

<sup>5</sup>Лебедева Л.И., Насонова В.В., Вережкина М.И. Рациональное использование малоценных субпродуктов в колбасном производстве // Материалы международной научно-практической конференции «Инновации в интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции». 2015. С. 202–224.

Выбор владельцев в пользу сухих кормов очевиден: натуральный состав; содержание всех питательных веществ, необходимых для восполнения потребностей организма питомцев; длительный срок хранения. Одним из современных технологических процессов по обезвоживанию сырья является дегидратация [13–15]. Данный процесс имеет преимущества, поскольку позволяет сохранить качество и пищевую ценность готового продукта. [16]. Корма для непродуктивных животных должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации изготовителя. Контроль качества и безопасности сырья и готовой продукции имеет большое значение в процессе производства. Так как переработка малоценного сырья в условиях импортозамещения растет, использование продуктов убоя для получения кормов и добавок в настоящее время актуальны.

Цель исследования – изучить влияние процесса дегидратации на показатели качества и безопасности сухих кормов животного происхождения.

Задачи исследования:

- оценить органолептические и физико-химические характеристики сырья животного происхождения для производства кормов;
- описать процесс производства кормов;
- провести лабораторные испытания готового корма для непродуктивных животных;
- проанализировать данные процесса дегидратации и показатели полученных сухих кормов животного происхождения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в 2021, 2022 гг. В качестве объекта исследования использованы селезенки, полученные от клинически здорового крупного рогатого скота (9 гол., возраст 18 мес) при убое на мясоперерабатывающих предприятиях Алтайского края. В работе использованы общепринятые методики оценки качества кормов животного происхождения: определение содержания сырой золы с помощью тигля и эксикатора,

заправленного эффективным водопоглощающим веществом; определение массовой доли сырого жира по обезжиренному остатку; определение содержания влаги высушиванием пробы при 103 °С в сушильном шкафу. Применены методы определения массовой доли белка (метод Кьельдаля); атомно-абсорбционный метод определения кальция в пробах, подготовленных способом сухого озоления; фотометрический метод определения содержания фосфора с минерализацией пробы способом сухого или мокрого озоления; ионометрический метод определения натрия с использованием стеклянного натрийселективного электрода.

Физико-химические показатели качества сырья исследовали в химико-токсикологическом отделе аккредитованной испытательной лаборатории "АКВИЦ" (г. Барнаул). Содержание белка, жира, влаги, золы, проводили с помощью автоматического титратора Titroline 5000/20 M2, электронных весов АС-121S и сушильного шкафа ШС-80-01 СПУ. При изготовлении кормов для сохранения белка и удаления влаги использовали метод дегидратации или высушивания сырья. Готовые сухие полнорационные корма животного происхождения исследовали на соответствие требований ГОСТу<sup>6</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными критериями качества сырья животного происхождения являются органолептические и физико-химические показатели (см. рис. 1).

При органолептической оценке селезенок, отобранных у клинически здорового крупного рогатого скота, установлено: поверхность материала чистая; кровь и загрязнения удалены; форма органа плоская, с закругленными краями; консистенция упругая, серого цвета с фиолетовым оттенком, без постороннего запаха; абсолютная масса органа 0,724–0,920 кг, длина 29–40 см. Физико-химические характеристики селезенки соответствуют требованиям, представленным в табл. 1.

<sup>6</sup>ГОСТ Р 55453–2013 Корма для непродуктивных животных. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014 г.



**Рис. 1.** Селезенка крупного рогатого скота (18 мес)

**Fig. 1.** Spleen of cattle (18 months)

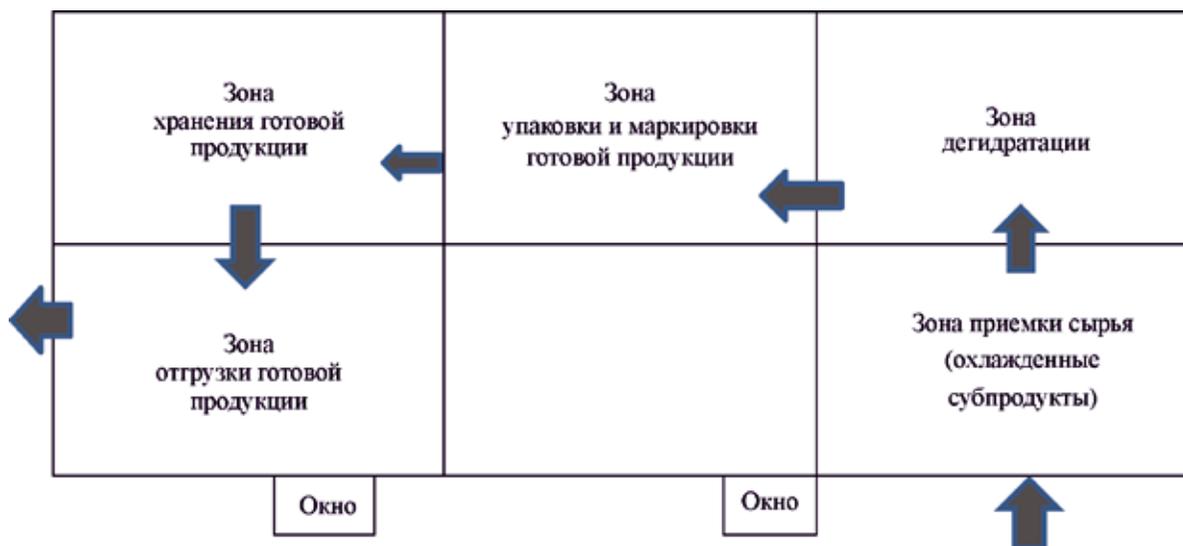
**Табл. 1.** Физико-химические показатели качества селезенок крупного рогатого скота, %

**Table 1.** Physical and chemical indicators of the quality of spleens of cattle, %

| Массовая доля | Результат испытаний | Погрешность (неопределенность) |
|---------------|---------------------|--------------------------------|
| Влага         | 66,5                | 6,7                            |
| Белок         | 23,59               | 1,89                           |
| Жир           | 0,9                 | 0,2                            |
| Зола          | 0,14                | 0,04                           |

Расфасованные и промаркированные селезенки, полученные на убойных пунктах Алтайского края, поступают отдельными партиями для производства кормов в охлажденном виде в мясоперерабатывающие цеха в сопровождении ветеринарных документов (см. рис. 2).

Все отделения производственного помещения разделены на зоны перегородками, исключаями пересечение сырья и готовой продукции. Подготовленное и очищенное сырье общей массой до 150 кг по-



**Рис. 2.** План цеха по изготовлению сухих кормов животного происхождения для непродуктивных животных

**Fig. 2.** Plan of the workshop for the production of dry animal feed for unproductive animals

мещают на тефлоновые сетки с эффектом антиприлипания и отправляют в аппарат для сушки в «Зону дегидратации».

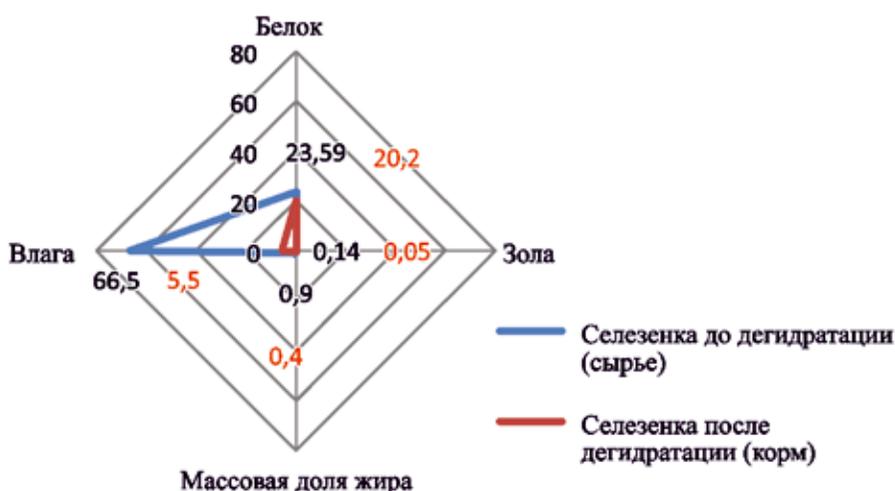
Процесс сушки происходит в камере КС-16 с конвекционным принципом действия при температуре не выше 65 °С в течение 10–36 ч при постоянной циркуляции воздуха внутри устройства. При завершении процесса высушивания готовый полнорационный корм попадает в «Зону упаковки», где на столе при помощи электронных весов марки ВЭТ-15-1/2-1С-АБ происходит дальнейшая навеска продукции в индивидуальную одноразовую упаковку, запайка пакетов с помощью ручного импульсного настольного запайщика FS-400 ABS. Далее сухой корм маркируют и отправляют на склад для хранения готовой продукции в чистых сухих, хорошо вентилируемых условиях при температуре не более 25 °С и относительной влажности воздуха не более 80% сроком до 7 мес. Отобранные от партии пробы со склада-изготовителя направляют в испытательную лабораторию.

Согласно полученным лабораторным результатам, установлено, что в исследуемом виде сырья в процессе дегидратации, существенно снизился такой показатель, как массовая доля влаги (5,5 ± 0,01%) (см. рис. 3).

Такие показатели, как массовая доля белка и золы, после процесса сушки остались практически неизменными: 20,27 ± 0,001% и 0,05 ± 0,01% соответственно. Массовая доля сырого жира в исследуемых образцах составляла 0,4 ± 0,01%, что ниже показателей стандарта на 4,6–8,6%. Следовательно корм с несоответствующим показателем, относится к сухим неполнорационным для поддержания организма взрослых животных (собак). Также проведены исследования минеральных показателей кормов на соответствие требованиям нормативно-технической документации изготовителя (см. рис. 4).

Проведен сравнительный анализ химического состава образцов сухого корма. Отмечено, что в исследуемых образцах содержатся такие незаменимые макроэлементы, как фосфор, кальций и натрий. Выявлено большое содержание кальция (2,3 ± 0,001%). Согласно утвержденным правилам бактериального исследования кормов<sup>7</sup> лабораторными методами установлены показатели безопасности сухих кормов животного происхождения для непродуктивных животных (см. табл. 2).

Анализ табличных данных свидетельствует о соответствии кормов стандартам, что делает возможным их дальнейшую свободную реализацию.



**Рис. 3.** Показатели качества селезенки до и после процесса дегидратации

**Fig. 3.** Spleen quality indicators before and after the dehydration process

<sup>7</sup>Правила бактериального исследования кормов / Главное управление ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР. М.: Колос, 1976 г.



\* $p \leq 0.05$ .

\*\* $p \leq 0.01$ .

\*\*\* $p \leq 0.001$ .

**Рис. 4.** Показатели качества сухих полнорационных кормов животного происхождения для непродуктивных животных

**Fig. 4.** Quality indicators of dry complete feed of animal origin for unproductive animals

**Табл. 2.** Показатели безопасности сухих кормов животного происхождения для непродуктивных животных

**Table 2.** Safety indicators of dry animal feed for unproductive animals

| № п/п                                | Показатель                             | Ед. изм. | Результат испытаний   | Погрешность (неопределенность) | Норматив  | НД на метод испытаний  |
|--------------------------------------|--|----------|---|--------------------------------|---|--|
| <i>Микотоксины</i>                   |  |          |   |                                |   |  |
| 1                                    | Афлотоксин В1                          | мг/кг    | Менее 0,001   | –                              | Не более 0,010  | МУ по определению афлотоксина В1 от 26.07.1972                                 |
| <i>Пестициды</i>                     |  |          |   |                                |   |  |
| 2                                    | Пестициды                              | мг/кг    | ДДТ и его метаболиты менее 0,02; ГХЦГ (β изомер) менее 0,014 (α-, γ изомеры) менее 0,02 | –                              | ДДТ и его метаболиты не более 0,05; ГХЦГ (изомеры) не более 0,2 | ГОСТ 13496.20–2014   |
| <i>Микробиологические показатели</i> |  |          |   |                                |   |  |
| 3                                    | Энтеропатогенные типы кишечной палочки | –        | Не обнаружены   | –                              | Не допускаются  | Правила бактериального исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР от 10.06.1975 г  |
| 4                                    | Сальмонеллы                            | –        | Не обнаружены   | –                              | Не допускаются  | Правила бактериального исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР от 10.06.1975 г. |
| <i>Нитриты и нитраты</i>             |  |          |   |                                |   |  |
| 5                                    | Нитриты                                | мг/кг    | Менее 0,01  | –                              | Не более 10,0   | ГОСТ 13496.19–2015   |
| 6                                    | Нитраты                                | мг/кг    | 25  | ± 6                            | 250   | ГОСТ 13496.19–2015   |
| <i>Радионуклиды</i>                  |  |          |   |                                |   |  |
| 7                                    | Стронций 90                            | мг/кг    | Менее 3,7   | –                              | 100   | МПК № 40152.4Д362/01.00294–2010  |
| 8                                    | Цезий 137                              | Бк/кг    | Менее 7,1   | –                              | 600   | ГОСТ Р54040–2010   |
| <i>Показатели безопасности</i>       |  |          |   |                                |   |  |
| 9                                    | Общая токсичность                      | –        | Нетоксично  | –                              | Не допускается  | ГОСТ 31674–2012  |
| <i>Токсичные элементы</i>            |  |          |   |                                |   |  |
| 10                                   | Кадмий                                 | мг/кг    | Менее 0,1   | –                              | Не более 1,0  | ГОСТ 30692–2000  |
| 11                                   | Мышьяк                                 | мг/кг    | 0,10  | ± 0,02                         | Не более 2,0  | ГОСТ 26930–86  |
| 12                                   | Ртуть                                  | мг/кг    | Менее 0,0015  | –                              | Не более 0,4  | ГОСТ 26927–86  |
| 13                                   | Свинец                                 | мг/кг    | Менее 0,1   | –                              | Не более 5,0  | ГОСТ 30692–2000  |

## ВЫВОДЫ

1. Метод дегидратации сырья положительно влияет на сохранность полезных свойств продукта. Содержание белка животного происхождения составляет  $20,27 \pm 0,001\%$ , что свидетельствует о высокой питательной ценности готового корма. Определено, что в составе корма содержатся следующие макроэлементы: кальций, фосфор, натрий. Наиболее высокий показатель отмечен по содержанию кальция ( $2,3 \pm 0,001\%$ ).

2. В процессе дегидратации мясного сырья происходит выделение влаги, что увеличивает срок годности готовых кормов до 7 мес. Остаточное содержание влаги составляет  $5,5 \pm 0,01\%$ , что на 60,5% ниже аналогичного показателя исследуемого сырья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство – стратегическое направление в обеспечении продовольственной безопасности России. Теория и практика: монография. М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2009. 200 с.
2. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Стратегия инновационного развития кормопроизводства // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 1. С. 16–18.
3. Хрундин Д.В., Хабибуллин Р.Э., Ежкова Г.О. Корма для непродуктивных животных: проблемы и перспективы // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. Вып. 19. С. 161–163.
4. Сметанина Л.Б., Бабурина М.И., Анисимова И.Г. Состояние российского рынка кормов для непродуктивных животных // Все о мясе. 2009. № 3. С. 18–24.
5. Углов В.А., Шелепов В.Г., Бородай Е.В., Сленчук В.А. Перспективы использования вторичных ресурсов мясоперерабатывающих отраслей на основе патентных исследований // Инновации и продовольственная безопасность. 2020. № 3. С. 39–46.
6. Белозерцев А.С., Прибытков А.В. Формированные элементы крови убойных животных как источник для разработки и продуктов антианемического лечебно-производственно-профилактического действия // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 2. С. 129–133.

7. Файвишевский М.Л. Нетрадиционные технологии переработки и использования пищевой крови убойных животных // Все о мясе 2006. № 1. С. 14–17.
8. Горин Л.В. Промышленная переработка непищевого сырья мясного животноводства: системный подход: монография. Новосибирск, 2018. 449 с.
9. Иванкин А.Н. Переработка животного сырья в пищевые и технические продукты // Все о мясе. 2013. № 3. С. 33–35.
10. Небурчилова Н.Ф., Волынская И.П., Петрунина И.В., Чернова А.С. Проблемы безотходного производства в мясной отрасли // Мясная индустрия. 2014. № 3. С. 7–11.
11. Лисицын А.Б., Небурчилова Н.Ф., Петрунина И.В., Чернова А.С. Использование субпродуктов в медицинских целях // Все о мясе. 2015. № 2. С. 6–9.
12. Лисицын А.Б., Небурчилова Н.Ф., Петрунина И.В., Чернова А.С. Комплексное использование сырья в мясной отрасли АПК // Пищевая промышленность. 2016. № 5. С. 58–62.
13. Семенов Г.В., Касьянов Г.И. Сушка термолabileльных продуктов в вакууме – технология XXI века // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2001. № 4. С. 5–13.
14. Бурдо О.Г., Сиротюк И.В., Щербич М.В., Акимов А.В., Поян А.С. Инноватика энергетических технологий дегидратации и экстрагирования пищевого сырья // Проблемы региональной энергетики. 2021. № 49. С. 86–97.
15. Перегончая О.В., Соколова С.А., Дьяконова О.В. Термогравиметрия как метод исследования кинетики дегидратации пищевого сырья // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2020. № 14. С. 150–154.
16. Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. № 80 (2). С. 30–37.

## REFERENCES

1. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. *Feed production is a strategic direction in ensuring food security in Russia. Theory and practice*. Moscow, FSBSI "Rosinformagrotech", 2009, 200 p. (In Russian).
2. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Strategy for innovative develop-

- ment of fodder production. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk = Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2012. no. 1, pp. 16–18. (In Russian).
3. Khrundin D.V., Khabibullin R.E., Yezhkova G.O. Feed for unproductive animals: problems and prospects. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Technological University*, 2016, vol. 19, is. 19. pp. 161–163. (In Russian).
  4. Smetanina L.B., Baburina M.I., Anisimova I.G. State of the Russian market for feeds for non-productive animals. *Vse o myase = All about meat*, 2009. no. 3, pp. 18–24. (In Russian).
  5. Uglov V.A., Shelepov V.G., Borodai E.V., Slepchuk V.A. Prospects for using secondary resources of meat processing industries based on patent research. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost' = Innovations and Food Safety*, 2020, no. 3, pp. 39–46. (In Russian).
  6. Belozertsev A.S., Pribytkov A.V. Formed elements of the blood of slaughter animals as a source for the development and products of antianemic therapeutic, industrial and preventive action. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2013, no. 2, pp. 129–133. (In Russian).
  7. Fayvishevsky M.L. Unconventional technologies of processing and use of food blood of slaughter animals. *Vse o myase = All about meat*, 2006, no. 1, pp. 14–17. (In Russian).
  8. Gorin L.V. *Industrial processing of non-food raw materials of meat animal husbandry: a systematic approach*. Novosibirsk, 2018, 449 p. (In Russian).
  9. Ivankin A.N. Processing of animal raw materials into food and technical products. *Vse o myase = All about meat*, 2013, no. 3, pp. 33–35. (In Russian).
  10. Neburchilova N.F., Volynskaya I.P., Petrunina I.V., Chernova A.S. Problems of wasteless production in the meat branch. *Myasnaya industriya = Meat Industry*, 2014, no. 3. pp. 7–11. (In Russian).
  11. Lisitsyn A.B., Neburchilova N.F., Petrunina I.V., Chernova A.S. The direction of use of an offal for medical purposes. *Vse o myase = All about meat*, 2015, no. 2, pp. 6–9. (In Russian).
  12. Lisitsyn A.B., Neburchilova N.F., Petrunina I.V., Chernova A.S. Complex use of raw materials in the meat industry of the agro-industrial complex. *Pishchevaya promyshlennost' = Food industry*, 2016, no. 5, pp. 58–62. (In Russian).
  13. Semenov G.V., Kasyanov G.I. Drying of thermolabile products in vacuum – technology of the XXI century. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = Izvestia Vuzov. Food Technology*. 2001, no. 4. pp. 5–13. (In Russian).
  14. Burdo O.G., Sirotyuk I.V., Shcherbich M.V., Akimov A.V., Poyan A.S. Innovation of energy technologies of dehydration and extraction of food raw materials. *Problemy regional'noi energetiki = Problems of the regional energetics*. 2021, no. 49, pp. 86–97. (In Russian).
  15. Peregonchaya O.V., Sokolova S.A., Dyakonova O.V. Thermogravimetry as a method for studying the kinetics of dehydration of food raw materials. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skokhozyaistvennoi produktsii = Technologies and commodity science of agricultural products*, 2020, no. 14, pp. 150–154. (In Russian).
  16. Gribova N.A., Berketova L.V. Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, no. 80 (2), pp. 30–37. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Разумовская Е.С.**, кандидат ветеринарных наук, ведущий специалист; **адрес для переписки:** Россия, 656043, г. Барнаул, ул. Шевченко, 158; e-mail: Elenabar83@inbox.ru

#### AUTHOR INFORMATION

✉ **Elena S. Razumovskaya**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher; **address:** 158, Shevchenko St., Barnaul, 656043, Russia; e-mail: Elenabar83@inbox.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.07.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 09.08.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ *BACILLUS SUBTILIS* В КАЧЕСТВЕ НОСИТЕЛЯ ОРАЛЬНОЙ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ *STREPTOCOCCUS SUIIS*

✉ Афонюшкин В.Н.<sup>1,2</sup>, Фуди Ян<sup>1</sup>, Миронова Т.Е.<sup>2</sup>, Нефедова Е.В.<sup>2</sup>,  
Кильп А.С.<sup>2,3</sup>, Коптев В.Ю.<sup>2</sup>, Донченко Н.А.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Институт химической биологии и фундаментальной медицины

Сибирского отделения Российской академии наук

Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

<sup>3</sup>Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: lisocim@mail.ru

Из-за прогрессирующего роста бактерий, вызванного широким применением антибиотиков, лечение стрептококкоза становится все более сложной задачей. Необходима надежная вакцинация против *Streptococcus suis*. Современные возможности молекулярной диагностики и геномной инженерии создают перспективы для прямого клонирования протективных эпитопов гена Lmb местного штамма *S. suis* в предложенную систему доставки антигена иммунной системы свиней. Среди носителей оральных вакцин *Bacillus subtilis* признана относительно экологически чистым носителем с эффективной системой секреции белка и адаптивным метаболизмом, способная продуцировать споры в относительно жестких условиях. Это свойство спор может использоваться для повышения стабильности и возможности повторного использования вакцин. Изучена возможность использования протективных эпитопов Lmb *S. suis* в составе *B. subtilis* в качестве носителя оральной рекомбинантной вакцины против *Streptococcus suis*. Нуклеотидные последовательности *S. suis* получены в базе данных GenBank после предварительного анализа литературных данных об известных протективных антигенах *S. suis* различных серотипов. Анализ нуклеотидных последовательностей проводили с использованием программного обеспечения Unipro UGENE v. 43.0. Для поиска T (CTL и Th) и B зависимых эпитопов гена Lmb использовали The Immune Epitope Database (IEDB). Приведено описание сконструированной на основе компьютерного дизайна вакцины, в которой спрогнозирована локализация CTL, B и Th эпитопов. Описаны результаты клонирования последовательности антигенно-активного эпитопа белка *S. suis* Lmb в *B. subtilis* для последующего перорального введения и изучения изменений иммунологических реакций и побочных реакций у животных. Выявлена возможность клонировать эпитопы рекомбинантного белка Lmb *S. suis* в полилинкер вектора pBE-S. В перспективе представляется возможным создать новую недорогую и удобную в эксплуатации вакцину против *S. suis*, не требующую инъекционного введения.

**Ключевые слова:** *Streptococcus suis*, оральная вакцина, *Bacillus subtilis*, эпитоп, Lmb

## USING *BACILLUS SUBTILIS* AS AN ORAL VACCINE CARRIER AGAINST *STREPTOCOCCUS SUIIS*

✉ Afonyushkin V.N.<sup>1,2</sup>, Fudi Y.<sup>1</sup>, Mironova T.E.<sup>2</sup>, Nefedova E.V.<sup>2</sup>,  
Kilp A.S.<sup>2,3</sup>, Koptev V.Yu.<sup>2</sup>, Donchenko N.A.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Russia

<sup>3</sup>Novosibirsk State Agrarian University

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: lisocim@mail.ru

Due to the progressive growth of the bacteria caused by the widespread use of antibiotics, treatment of streptococcosis is becoming increasingly difficult. Reliable vaccination against *Streptococcus suis*

is necessary. Modern molecular diagnostic and genetic engineering capabilities create prospects for direct cloning of the protective epitopes of the Lmb gene of the local *S. suis* strain into the proposed delivery system of the pig immune system antigen. Among oral vaccine carriers, *Bacillus subtilis* is recognized as a relatively environmentally friendly carrier with an efficient protein secretion system and adaptive metabolism capable of spore production under relatively harsh conditions. This spore property can be used to increase the stability and reusability of vaccines. The possibility of using the protective Lmb epitopes of *S. suis* in *B. subtilis* as a carrier of an oral recombinant vaccine against *Streptococcus suis* was studied. The nucleotide sequences of *S. suis* were obtained from the GenBank database after a preliminary analysis of literature data on the known protective antigens of *S. suis* of various serotypes. Nucleotide sequence analysis was performed using Unipro UGENE v. 43.0. The Immune Epitope Database (IEDB) was used to search for T (CTL and Th) and B dependent epitopes of the Lmb gene. A computer-designed vaccine in which localization of CTL, B, and Th epitopes is predicted is described. The results of cloning the sequence of the antigenically active epitope of the *S. suis* Lmb protein in *B. subtilis* for subsequent oral administration and study of changes in immunological reactions and adverse reactions in animals are described. The possibility to clone the epitopes of recombinant *S. suis* Lmb protein into the pBE-S polylinker vector was revealed. In the long term, it seems possible to create a new inexpensive and easy-to-use vaccine against *S. suis* that does not require injection.

**Keywords:** *Streptococcus suis*, oral vaccine, *Bacillus subtilis*, epitope, Lmb

**Для цитирования:** Афонюшкин В.Н., Фуди Ян, Миронова Т.Е., Нefeldова Е.В., Кильп А.С., Коптев В.Ю., Донченко Н.А. Использование *Bacillus subtilis* в качестве носителя оральной вакцины против *Streptococcus suis* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 78–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-9>

**For citation:** Afonyushkin V.N., Fudi Y., Mironova T.E., Nefeldova E.V., Kilp A.S., Koptev V.Yu., Donchenko N.A. Using *Bacillus Subtilis* as an oral vaccine carrier against *Streptococcus suis*. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 78–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-9>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ и НСО № 22-26-20118 «Изучение возможных механизмов формирования протективного иммунного ответа в отношении некоторых инфекционных агентов свиней и кур при пероральном введении штамма-продуцента антигенов на основе микроорганизмов рода *Bacillus*».

#### Acknowledgements

The work was supported by the grant of the Russian Science Foundation and the Novosibirsk Region № 22-26-20118 "Studying possible mechanisms of formation of protective immune response against some infectious agents of pigs and chickens with oral administration of strain-producing antigens based on microorganisms of the genus *Bacillus*".

## ВВЕДЕНИЕ

*Streptococcus suis* (*S. suis*) является грам-положительным кокком [1], который может быть разделен на 35 серотипов в соответствии с различными антигенами капсульного полисахарида *Streptococcus* [2]. Из-за прогрессирующего роста резистентности бактерий, вызванного широким применением антибиотиков, лечение *S. suis* становится все более сложной задачей, что приводит к росту потребности в эффективной вакцинации против него [3].

Путь передачи *S. suis* среди свиней обычно следующий: поросята заражаются в организме матери (вертикальная передача) или

от других животных в стаде (горизонтальная передача) [4]. Несмотря на то, что контакт с зараженным мясом или животными через раны незначителен, преобладающий путь передачи *S. suis* человеку – употребление в пищу недоваренной зараженной свинины. Как у свиней, так и у людей *S. suis* может вызывать менингит, септицемию и другие болезни. Данная инфекция вызывает острое зоонозное инфекционное заболевание [5, 6].

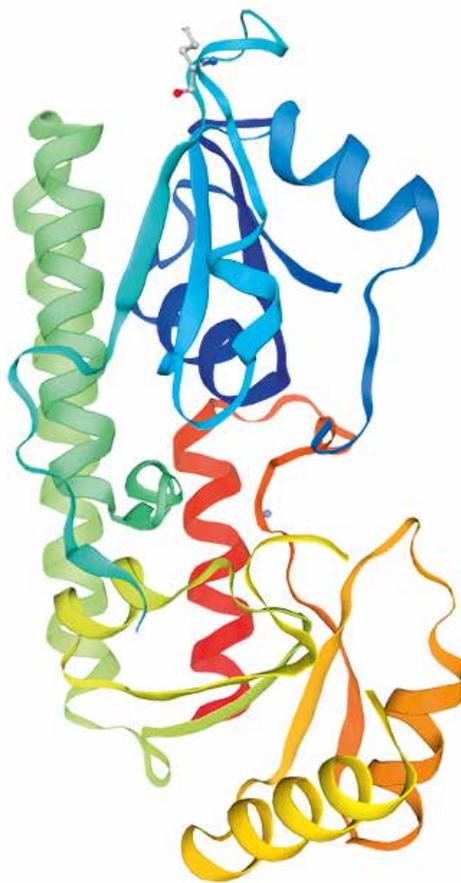
На протяжении многих лет ученые проводили исследования различных новых вакцин. В нашем исследовании решено выбрать пероральную вакцину с живыми бактериями в качестве носителя. Считаем, что

пероральное введение может быть простым и легко реализуемым на практике, а также способно стимулировать иммунитет слизистых оболочек [7]. Среди применявшихся оральных вакцин бактерия *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) признана относительно экологически чистым носителем с эффективной системой секреции белка и адаптивным метаболизмом. Данный микроорганизм также может продуцировать споры в относительно жестких условиях [8]. Это свойство спор может использоваться для повышения стабильности вакцин в относительно неблагоприятных условиях хранения и применения [9]. Технологию использования спорообразующих бактерий успешно применяют в различных производствах, включая производство вакцин [10]. Таким образом, *B. subtilis* является оптимально подходящим переносчиком вакцинных антигенов.

После выбора штамма в качестве вакцинного вектора нам необходимо разработать вакцину. Lmb представляет собой внеклеточный белок, впервые обнаруженный у *S. agalactiae* в 1999 г. [11], далее – у различных видов *Streptococcus* [12, 13]. Последующие исследования показали, что белок Lmb может обладать протективной способностью против стрептококковой инфекции (см. рис. 1).

Lmb представляет собой поверхностный белок, участвующий в абсорбции ионов цинка (возможно, рецептор цинка). Эти белки, связанные с бактериальной адгезией, принадлежат к семейству липопротеиновых рецепторов. Иммунизация мышей показала, что специфические антитела, продуцируемые белком Lmb, могут эффективно противостоять стрептококковой инфекции<sup>1</sup>.

Цель исследования – изучить возможность использования протективных эпитопов Lmb *S. suis* в составе *B. subtilis* в качестве носителя оральной рекомбинантной вакцины против *S. suis*.



**Рис. 1.** Lmb: поверхностный белок, связывающий ламинин

**Fig. 1.** Lmb: surface laminin binding protein

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе лаборатории фармакогеномики Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, а также в секторе молекулярной биологии Сибирского федерального центра агробιοтехнологий РАН. Нуклеотидные последовательности *S. suis* получены в базе данных GenBank после предварительного анализа литературных данных об известных протективных антигенах *S. suis* различных серотипов. Анализ нуклеотидных последовательностей проводили с использованием программного обеспечения Unipro UGENE v. 43.0. Для поиска T (CTL и Th) и B зависимых эпитопов гена Lmb использовали The Immune Epitope Database (IEDB) (см. сноscopy 1).

<sup>1</sup>URL: <http://www.iedb.org/>.

Дизайн праймеров проводили для клонирования и моделирования процесса клонирования участков гена *Lmb*, содержащих Т (CTL и Th) и В зависимые эпитопы, путем лигирования по сайтам рестрикции *Bam*H I, *Hind*III в полилинкер шаттл-вектора pBE-S. ДНК *S. suis* выделяли силико-сорбционным методом из полевых изолятов, предоставленных ООО «Алекрис». ПЦР проводили с использованием общепринятых методик на амплификаторе «Терцик» (ООО «ДНК Технологии», Россия).

Для клонирования фрагмента гена *Lmb* были разработаны праймеры:

– Fwd *Lmb*: 5'-GAGGGATCCGCGATGTTAAAGAAAGTGATAAG-3';

– Rev *Lmb*: 5'-GACAAGCTTGGGTAAGTTCACCAATCGC-3'.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами использован компьютерный дизайн вакцины для прогнозирования полученных эпитопов-кандидатов (т.е. антигенной де-

терминанты) с использованием алгоритмов, представленных на веб-сайте (см. сноску 1). После проведения скрининга отобрали ламининсвязывающий белок (*Lmb*) в качестве вакцинного антигена (см. рис. 2).

По результатам биоинформатического анализа один эпитоп CTL обнаружен в положениях 12–20 аминокислотных остатков *Lmb*; четыре В-клеточных эпитопа – в позициях 65–75, 131–141, 179–189 и 279–287 аминокислотных остатков *Lmb* соответственно. Эпитопы 1 Th обнаружены в положениях 12–20 аминокислотных остатков *Lmb* (см. табл. 1).

В исследовании применены методики для анализа возможного другого эпитопа белковой последовательности, а затем использован вектор pBE-S для трансформации композиции, содержащей протективный эпитоп *Lmb* в *B. subtilis*. В качестве векторного штамма, использовали энтероинвазивный штамм *B. subtilis* 53 ИХБФМ (выделенный и изученный нами ранее).

>AER14507.1 laminin binding protein [Streptococcus suis SS12]  
 MLKKVIRGCFV**ALFGFVLA**ACSAQKEASQVQPGMKIVTSFYPIYSLVKEVSGNKNVDVRMIGSRQGIHSYE  
 PSAADIKAIYDADVFIYHSRILESWAGRLEPNLQGSVVKVLEASTNLPLTKVPGLEDMEAGQGIDEASLY  
 DPHTWLDPV**LVGQEAVAI**GELLAESDPKNADYYRQNAAT**LEGKAQKLAD**KYSPIFLKATSKT**FVTQHTAF**  
**SYTAQRFGLKQLGIAGVSEEEPSRQLAEIKEFVDVTYNVQTFTEKGASDKLAKALASSTGVDLKVLDPLEADPENN**  
 LTYLENLEQVLETLAQELK

**Рис. 2.** Локализация эпитопов ЦТЛ и В-клеток *Lmb* по данным биоинформатического анализа.

Примечание. Эпитоп ЦТЛ (цитотоксические Т-клетки, цитотоксические Т-лимфоциты) отмечен фиолетовым, сегменты В-клеточного эпитопа – синим, эпитоп Th – зеленым.

**Fig. 2.** Localization of CTL epitopes and B-cells *Lmb* according to bioinformatics analysis

Note. The CTL epitope (cytotoxic T-cells, cytotoxic T-lymphocytes) is marked in purple, the B-cell epitope segments are marked in blue, the Th-epitope is marked in green.

**Табл. 1.** Аминокислотные и нуклеотидные последовательности CTL, В и Th эпитопов *Lmb* белка *S. suis* (SS12)

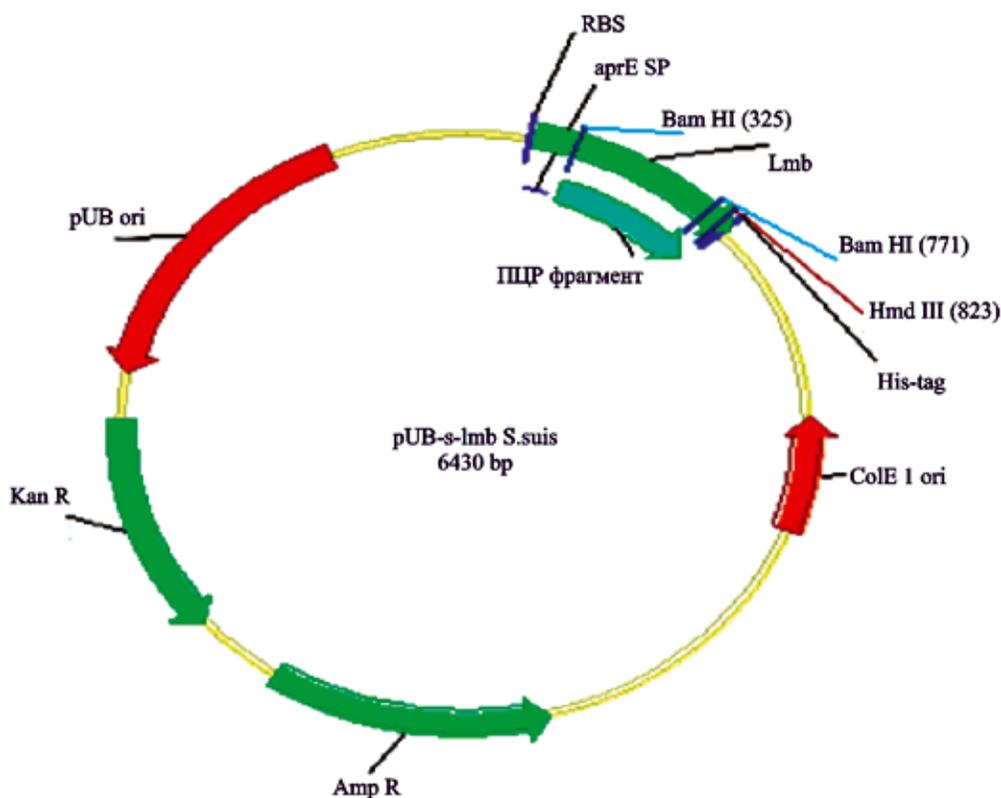
**Table 1.** Amino acid and nucleotide sequences of CTL, B, and Th epitopes of *Lmb* of *S. suis* (SS12) protein

| №                               | Нуклеотидная последовательность   | Аминокислотная последовательность |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Предсказанный эпитоп В</i>   |                                   |                                   |
| 1                               | GGCATACACTCTTATGAACCATCGGCTGCGGAC | GIHSYEPSAAD                       |
| 2                               | GGTCAAGGGATTGATGAAGCTAGTTTATATGAC | GQGIDEASLYD                       |
| 3                               | ACTTTAGAGGGAAAGGCGCAAAAGTTGGCAGAC | TLEGKAQKLAD                       |
| 4                               | CCTCTTGAAGCAGATCCAGAAAATAAT       | PLEADPENN                         |
| <i>Предсказанный эпитоп CTL</i> |                                   |                                   |
| 1                               | GCCTTATTCGGTTTTGTTTTAGCAGCT       | ALFGFVLA                          |
| <i>Предсказанный эпитоп Th</i>  |                                   |                                   |
| 1                               | TTGGTTGGTCAGGAAGCTGTTGCGATT       | LVGQEAVAI                         |
| 2                               | TTTGTCACCAACACACAGCCTTCTCT        | FVTQHTAFS                         |

Челночный вектор pBE-S способен экспрессировать рекомбинантный белок в клетках *B. subtilis*, также он имеет дополнительный источник репликации (ориджин) в клетках *Escherichia coli*. Разработанные нами праймеры имеют дополнительные сайты рестрикции Bam HI и Hind III, что позволяет клонировать найденные эпитопы в полилинкер данного вектора, в том числе амплифицируя их из первичных изолятов *S. suis* и патологического материала (см. рис. 3).

По результатам биоинформатического анализа гена Lmp *S. suis* выявлены антиген-

ные эпитопы, перспективные для создания рекомбинантной вакцины: один эпитоп STL обнаружен в положениях 12–20 аминокислотных остатков Lmb, четыре В-клеточных эпитопа – в позициях 65–75, 131–141, 179–189 и 279–287 аминокислотных остатков Lmb соответственно. Эпитопы Th 1 обнаружены в положениях 12–20 аминокислотных остатков Lmb. Предложенная система доставки рекомбинантных протективных антигенов *S. suis* включает плазмидный вектор pBE-S в составе энтероинвазивного штамма *B. subtilis* B53 ИХБФМ.



**Рис. 3.** Карта плазмидного вектора pBE-S со вставкой *S. suis* Lmb:

pUB ori – ориджин для рода *Bacillus* (сайт старта начала репликации плазмиды); ColE1 ori – ориджин для *E. coli*; Kan R – ген устойчивости к канамицину (экспрессируется в бактериях рода *Bacillus*); Amp R – ген устойчивости к ампициллину (экспрессируется в *Escherichia coli*); His-tag – гистидиновый хвост на никелевых колонках для выделения рекомбинантного белка; Hind III (823), Bam HI (771), Bam HI (325) – сайты рестрикции; Lmb – фрагмент антигена *S. suis*; aprE Sp; RBS – промотерная область для экспрессии белка у микроорганизмов рода *Bacillus*

**Fig. 3.** Map of plasmid vector pBE-S with *S. suis* Lmb insert:

pUB ori - origin for *Bacillus* genus (plasmid replication start site); ColE1 ori - origin for *E. coli*; Kan R, kanamycin resistance gene (expressed in *Bacillus* bacteria); AmpR, ampicillin resistance gene (expressed in *Escherichia coli*); His-tag, histidine tail on nickel columns for recombinant protein isolation; Hind III (823), Bam HI (771), Bam HI (325), restriction sites; Lmb, fragment of *S. suis*; aprE Sp; RBS, promoter region for protein expression in microorganisms of the genus *Bacillus*

## ВЫВОДЫ

1. Выявлена возможность клонировать эпитопы рекомбинантного белка Lmb *S. suis* в полилинкер вектора рВЕ-S.

2. В перспективе представляется возможным создать новую недорогую и удобную в эксплуатации вакцину против *S. suis*, не требующую инъекционного введения.

3. Современные возможности молекулярной диагностики и генной инженерии создают перспективы для прямого клонирования протективных эпитопов гена Lmb местного штамма *S. suis* в предложенную систему доставки антигена иммунной системе свиней.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Van de Beek D.L., Spanjaard J. Streptococcus suis meningitis in the Netherlands // Journal of Infectious Diseases. 2008. Vol. 57. N 2. P. 158–161. DOI: 10.1016/j.jinf.2008.04.009.
2. Feng Y., Xiuzhen Pan, Wen Sun, Changjun Wang. Streptococcus suis enolase functions as a protective antigen displayed on the bacterial cell surface // Journal of Infectious Diseases. 2009. Vol. 200. N 10. P. 1583–1592. DOI: 10.1086/644602.
3. Segura M. Streptococcus suis vaccines: Candidate antigens and progress // Expert Review of Vaccines. 2015. Vol. 14. N 12. P. 1587–1608. DOI: 10.1586/14760584.2015.1101349.
4. Bonifait L., Veillette M., Létourneau V., Grenier D., Duchaine C. Detection of Streptococcus suis in bioaerosols of swine confinement buildings // Applied and Environmental Microbiology. 2014. Vol. 80. N 11. P. 3296–3304. DOI: 10.1128/AEM.04167-13.
5. Michaud S., Duperval R., Higgins R. Streptococcus suis meningitis: First case reported in Quebec // Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology. 1996. Vol. 7. N 5. P. 329–331.
6. Segura M., Zheng H., De Greeff A. Latest developments on Streptococcus suis: An emerging zoonotic pathogen: Part 2 // Future Microbiology. 2014. Vol. 9. N 5. P. 587–591. DOI: 10.2217/fmb.14.15.
7. Czerkinsky C., Russell M.W., Lycke N., Lindblad M. Oral administration of a streptococcal antigen coupled to cholera toxin B subunit evokes strong antibody responses in salivary

- glands and extramucosal tissues // Infection and Immunity. 1989. Vol. 57. N 4. P. 1072–1077.
8. Su Y., Liu C., Fang H., Zhang D. Bacillus subtilis: A universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine // Microbial Cell Factor. 2020. Vol. 19. N 1. P. 1–12. DOI: 10.1186/s12934-020-01436-8.
  9. Haggmann M. Computers Aid Vaccine Design // Science. 2000. Vol. 290. N 5489. P. 80–82. DOI: 10.1126/science.290.5489.80.
  10. Chen H., Ullah J., Jia J. Progress in Bacillus subtilis Spore Surface Display Technology towards Environment, Vaccine Development, and Biocatalysis // Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology. 2017. Vol. 27. N 3. P. 159–167. DOI: 10.1159/000475177. Epub 2017 Jun 13.
  11. Schnitzler N., Lütticken R., Podbielski A. Lmb, a protein with similarities to the LraI adhesin family, mediates attachment of Streptococcus agalactiae to human laminin // Infection and Immunity. 1999. Vol. 67. N 2. P. 871–878. DOI: 10.1128/IAI.67.2.871-878.1999.
  12. Terao Y., Kawabata S., Kunitomo E., Nakagawa I., Hamada S. Novel laminin-binding protein of Streptococcus pyogenes, Lbp, is involved in adhesion to epithelial cells // Infection and Immunity. 2002. Vol. 70. N 2. P. 993–997. DOI: 10.1128/IAI.70.2.993-997.2002.
  13. Loisel E., Jacquemet L., Sterne L., Bauvois C., Luc Ferrari J., Verrat T., Di Guilmi A.M. Claire DurmortAdcAII, A New Pneumococcal Zn-Binding Protein Homologous with ABC Transporters: Biochemical and Structural Analysis // Journal of Molecular Biology. 2008. Vol. 381. N 3. P. 594–606. DOI: 10.1016/j.jmb.2008.05.068. Epub 2008 Jun 3.

## REFERENCES

1. Van de Beek D.L., Spanjaard J. Streptococcus suis meningitis in the Netherlands. *Journal of Infectious Diseases*, 2008, vol. 57, no. 2, pp. 158–161. DOI: 10.1016/j.jinf.2008.04.009.
2. Feng Y., Xiuzhen Pan, Wen Sun, Changjun Wang. Streptococcus suis enolase functions as a protective antigen displayed on the bacterial cell surface. *Journal of Infectious Diseases*, 2009, vol. 200, no. 10, pp. 1583–1592. DOI: 10.1086/644602.
3. Segura M. Streptococcus suis vaccines: Candidate antigens and progress. *Expert Review of Vaccines*, 2015, vol. 14, no. 12, pp. 1587–1608. DOI: 10.1586/14760584.2015.1101349.

4. Bonifait L., Veillette M., Létourneau V., Grenier D., Duchaine C. Detection of *Streptococcus suis* in bioaerosols of swine confinement buildings. *Applied and Environmental Microbiology*, 2014, vol. 80, no. 11, pp. 3296–3304. DOI: 10.1128/AEM.04167-13.
5. Michaud S., Duperval R., Higgins R. *Streptococcus suis* meningitis: First case reported in Quebec. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*, 1996, vol. 7, no. 5, pp. 329–331.
6. Segura M., Zheng H., De Greeff A. Latest developments on *Streptococcus suis*: An emerging zoonotic pathogen: Part 2. *Future Microbiology*, 2014, vol. 9, no. 5, pp. 587–591. DOI: 10.2217/fmb.14.15.
7. Czerkinsky C., Russell M.W., Lycke N., Lindblad M. Oral administration of a streptococcal antigen coupled to cholera toxin B subunit evokes strong antibody responses in salivary glands and extramucosal tissues. *Infection and Immunity*. 1989, vol. 57, no. 4, pp. 1072–1077.
8. Su Y., Liu C., Fang H., Zhang D. *Bacillus subtilis*: A universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine. *Microbial Cell Factor*, 2020, vol. 19, no. 1, pp. 1–12. DOI: 10.1186/s12934-020-01436-8.
9. Hagmann M. Computers Aid Vaccine Design. *Science*, 2000, vol. 290, no. 5489, pp. 80–82. DOI: 10.1126/science.290.5489.80.
10. Chen H., Ullah J., Jia J. Progress in *Bacillus subtilis* Spore Surface Display Technology towards Environment, Vaccine Development, and biocatalysis. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 2017, vol. 27, no. 3, pp. 159–167. DOI: 10.1159/000475177. Epub 2017 Jun 13.
11. Schnitzler N., Lütticken R., Podbielski A. Lmb, a protein with similarities to the Lral adhesin family, mediates attachment of *Streptococcus agalactiae* to human laminin. *Infection and Immunity*, 1999, vol. 67, no. 2, pp. 871–878. DOI: 10.1128/IAI.67.2.871-878.1999.
12. Terao Y., Kawabata S., Kunitomo E., Nakagawa I., Hamada S. Novel laminin-binding protein of *Streptococcus pyogenes*, Lbp, is involved in adhesion to epithelial cells. *Infection and Immunity*, 2002, vol. 70, no. 2, pp. 993–997. DOI: 10.1128/IAI.70.2.993-997.2002.
13. Loisel E., Jacquemet L., Sterne L., Bauvois C., Luc Ferrari J., Verrat T., Di Guilmi A.M. Claire DurmortAdcAII, A New Pneumococcal Zn-Binding Protein Homologous with ABC Transporters: Biochemical and Structural Analysis. *Journal of Molecular Biology*, 2008, vol. 381, no. 3, pp. 594–606. DOI: 10.1016/j.jmb.2008.05.068. Epub 2008 Jun 3.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Афонюшкин В.Н.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: isocim@mail.ru

**Фуди Ян**, аспирант

**Миронова Т.Е.**, младший научный сотрудник

**Нефедова Е.В.**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

**Кильп А.С.**, младший научный сотрудник, аспирант

**Коптев В.Ю.**, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

**Донченко Н.А.**, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, руководитель структурного подразделения

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Vasily N. Afonyushkin**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: isocim@mail.ru

**Yang Fudi**, Postgraduate student

**Tatyana E. Mironova**, Junior Researcher

**Ekaterina V. Nefedova**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

**Anna S. Kilp**, Junior Researcher, Postgraduate student

**Vyacheslav Yu. Koptev**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher

**Nikolay A. Donchenko**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Business Unit Supervisor

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.08.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 22.11.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022

## **ФИТОБИОТИКИ В РАЦИОНАХ КУР-НЕСУШЕК РАЗЛИЧНЫХ КРОССОВ, ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА НА ОПЛАТУ КОРМА**

✉ **Игнатович Л.С.**

*Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Магадан, Россия

✉ e-mail: agrarian@maglan.ru

Представлены результаты ввода фитогенных кормовых добавок из местных растительных ресурсов в рационы кур яичного направления продуктивности различных генотипов. Определена степень усвоения (переваримости, использования) питательных веществ корма и конверсия потребленных кормов (затраты корма на 10 шт. яиц и на 1 кг яичной массы). Проанализированы затраты обменной энергии и протеина корма на единицу произведенной продукции. Состав изучаемых фитогенных кормовых добавок: 1,5% (от основного рациона) муки бурых морских водорослей (ламинарии) и 1,5% – муки из местных дикоросов. Установлено, что их применение в рационах кур-несушек способствует интенсификации обменных процессов, происходящих в организме всех генотипов птицы. Усвоение гигровлаги потребленного корма за анализируемые периоды возросло на 2,9–3,6%, переваримость протеина – на 2,9–4,3%, жира – на 3,1–4,0%, БЭВ – на 3,9–4,6%, использование азота – на 4,9–5,9% к контрольным показателям каждого генотипа. Интенсификация обменных процессов способствовала повышению оплаты корма продукцией. Снижение затрат корма на производство 10 шт. яиц составило 5,5–7,3%, на 1 кг яичной массы – 8,4–13,9% к контролю. Уменьшились затраты обменной энергии и протеина корма на производство единицы продукции. В результате анализа полученных данных выявлено, что куры-несушки всех генотипов положительно реагировали на включение в основной рацион биологически активной кормовой добавки. Наиболее «отзывчивым» генотипом (кроссом) на поступление с рационом нутриентов, входящих в состав фитогенной кормовой добавки, является кросс «Декалб Уайт». Птица данного кросса показала наиболее высокие результаты интенсивности обменных процессов организма и оплаты корма продукцией.

**Ключевые слова:** куры-несушки, кроссы птицы, генотип, кормовые добавки, растительные ресурсы, фитогенные кормовые добавки, обмен веществ, конверсия корма

## **PHYTOBIOTICS IN THE DIETS OF LAYING HENS OF VARIOUS CROSSES, INFLUENCE OF THE GENOTYPE ON THE PAYMENT OF FORAGE**

✉ **Ignatovich L.S.**

*Magadan Research Institute of Agriculture*

Magadan, Russia

✉ e-mail: agrarian@maglan.ru

The paper presents the results of research on the introduction of phytogenic feed additives from local plant resources in the diets of egg-laying hens of different genotypes. The degree of assimilation (digestibility, use) of the feed nutrients and the conversion of the consumed feed (feed costs per 10 eggs and per 1 kg of egg weight) were determined. The costs of metabolizable energy and protein of feed per unit of production were analyzed. The composition of phytogenic feed additives under study: 1.5% (of the basic diet) flour of brown seaweeds (kelp) and 1.5% - flour of local wild herbs. It was found that their use in the diets of laying hens helps to intensify metabolic processes occurring in the body of all genotypes of poultry. The digestibility of the consumed forage hygroscopic moisture during the periods analyzed increased by 2.9-3.6%, protein digestibility by 2.9-4.3%, fat digestibility by 3.1-4.0%, nitrogen-free extractive substances by 3.9-4.6%, nitrogen use by 4.9-5.9% to the control indices of each genotype. Intensification of metabolic processes contributed to an increase in the payment for feed by products. Reduction of feed expenses for production of 10 eggs amounted to 5.5-7.3%, for 1 kg of egg weight - 8.4-13.9% to the control. The cost of metabolizable energy and protein of feed to produce a unit of product decreased. The

analysis of the data revealed that laying hens of all genotypes responded positively to the inclusion of biologically active feed additive in their basic diet. The most "responsive" genotype (cross) to the intake of nutrients included in the phyto-genic feed additive with the diet is the cross "Dekalb White". The birds of this cross showed higher results of intensity of metabolic processes of the body and payment for feed by products.

**Keywords:** laying hens, poultry crosses, genotype, feed additives, plant resources, phyto-genic feed additives, metabolism, feed conversion

**Для цитирования:** *Игнатович Л.С.* Фитобиотики в рационах кур-несушек различных кроссов, влияние генотипа на оплату корма // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 85–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-10>

**For citation:** Ignatovich L.S. Phytobiotics in the diets of laying hens of various crosses, influence of the genotype on the payment of forage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 85–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-10>

#### **Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### **Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020<sup>1</sup> перед сельхозпроизводителями поставлены задачи обеспечения продовольственной безопасности населения и сокращения импортозависимости государства. Для удовлетворения внутренних потребностей в пищевых яйцах российским птицеводам к 2025 г. необходимо производить не менее 45,3 млрд шт. яиц в год (в 2021 г. произведено 44,9 млрд шт.). Реализация этих планов потребует увеличения производства концентрированных комбикормов и повышения их качества в соответствии с потребностями сельскохозяйственной птицы.

Постановлением правительства РФ от 03.09.2021, частью которой является подпрограмма «Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных»<sup>2</sup>, поставлена цель создания устойчивой кормовой базы, в том числе организации производства кормовых добавок направленного и комплексного действия на основе биологически активных компонентов, позволяющих повысить сбалансированность кормления сельскохозяйственной и птицы. В России

птицеводство яичного направления обеспечивает внутренние потребности населения за счет собственного производства. С 2014 по 2017 г. прибавка валового производства яиц составляла свыше 3 млрд шт. в год. В дальнейшем, включая 2021 г., прироста в производстве яйца практически не было. В 2020 г. средняя цена на мясо птицы снизилась на 5,7% по сравнению с 2019 г., однако цена на яйца возросла на 3,8%. Увеличение производства яиц и яичной продукции и повышение ее качества может способствовать восстановлению степени доходности и компенсации роста себестоимости продукции, который в 2020 г. составил 20–25%<sup>3</sup>.

В птицеводстве сложилась самая высокая отдача ресурсов, затраченных на единицу произведенной продукции, в том числе кормов (в 2–3 раза ниже, чем в свиноводстве и скотоводстве), благодаря чему отрасль развивается уверенно и эффективно. Продуктивность птицы – это основной хозяйственно-полезный признак, имеющий достаточно высокую степень изменчивости. В России наращивание производства яиц осуществляется за счет интенсивных факторов: повы-

<sup>1</sup>Указ Президента РФ за № 20 от 21.01.2020 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».

<sup>2</sup>О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг. // Постановление правительства РФ от 03.09.2021, № 1489, Москва.

<sup>3</sup>*Бобылева Г. А.* Сохранить и преумножить: обзор российского сектора производства мяса птицы и яиц. URL: <https://www.agbz.ru/articles/obzor-rossiyskogo-sektora-proizvodstva-myasa-ptitsy-i-yaits/> (Дата обращения 15.04.2022).

шения продуктивности и сохранности птицы, повышения качества и потребительских свойств продукции, а также повышения конверсии кормов [1].

Из всех сельскохозяйственных животных куры-несушки являются наиболее интенсивным производителем биологически полноценного пищевого белка. При годовой яйценоскости 250 яиц курица производит на 1 кг живой массы около 875 г белка. В то же время корова с годовым удоем 5000 кг молока производит только 275 г белка в расчете на 1 кг живой массы. Такая высокая производительность белка у кур возможна благодаря эффективной конверсии протеина из потребляемых ими кормов в белки яиц (20–25%).

В связи с этим обеспечение кур-несушек питательными и биологически активными веществами для удовлетворения жизненных потребностей птиц и реализации генетически заложенного потенциала продуктивности должно быть иным, чем у других сельскохозяйственных животных. Повышенная потребность в качестве и питательной ценности кормов связана с физиологическими свойствами и особенностями обмена веществ в различные периоды жизненного цикла птиц. Это – развитие эмбрионов в замкнутом пространстве яйца; высокая скорость роста; интенсивный, снижающийся с возрастом, метаболизм у молодняка птицы; наличие предкладкового периода, во время которого происходит перестройка организма, в том числе биохимические изменения, затрагивающие все стороны обмена веществ; роль скелета в минеральном обмене (выполнение не только функции гомеостаза, но и участие в формировании яйца); наличие в яичнике и яйцеводе механизмов, обеспечивающих извлечение нутриентов из крови, их связывание и отложение в элементах яйца. Особенности пищеварения птиц являются быстрое продвижение корма

по желудочно-кишечному тракту, недостаточный синтез и ограниченное всасывание эндогенных витаминов в пищеварительном тракте. Отсутствие или недостаток необходимых нутриентов в рационе кур-несушек вызывает нарушение обмена веществ в организме, отставание в росте, снижение продуктивности и качества получаемой продукции<sup>4-6</sup>.

В связи с тем, что российская комбикормовая промышленность не готова к производству высококачественных полноценных комбикормов для птицеводческой отрасли, специалисты и ученые, занимающиеся кормлением сельскохозяйственной птицы, уделяют большое внимание использованию фитобиотиков (растительных компонентов) в кормах, причем эта тенденция усилилась в настоящее время.

Проблемой при кормлении сельскохозяйственной птицы является неконтролируемое применение антибиотиков. Чрезмерное их использование в рационах птицы уменьшает устойчивость к патогенам человека, в организм которого антибиотики переносятся с продуктами питания. Бактериальная резистентность и свойство антибиотиков оставаться в продуктах животного происхождения привели к ограничению использования антибиотиков в качестве стимуляторов роста и добавок в корма в большинстве развитых стран. Применение синтетических антибиотиков (AGP) в качестве профилактических доз в кормах для животных запрещено в Европейском союзе<sup>7</sup> [2, 3].

В качестве альтернативы антибиотикам специалистами, занимающимися кормлением продуктивных животных, и диетологами рекомендованы фитобиотики. Проведены исследования с использованием фитобиотиков в кормлении сельскохозяйственной птицы, где подтверждено антимикробное, антиоксидантное, противовоспалительное и стимулирующее действие фитобиотиков. Анти-

<sup>4</sup>Фисинин В.И., Егоров И.А., Дрозанов И.Ф. Кормление сельскохозяйственной птицы: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 344 с.

<sup>5</sup>Матюшкин В., Крисанов А., Егоров И. и др. Производство продукции животноводства: учебник. Саранск: Издательство Мордовского университета. 2008. С.157–233.

<sup>6</sup>Иванова О.В. Биологически активные добавки в птицеводстве. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2010. 142 с.

<sup>7</sup>Регламент ЕС, № 1831/2003.

оксидантная функция фитобиотиков может положительно влиять на стабильность корма, способствовать продлению сроков его хранения. Исследователями доказано, что включение фитобиотиков в рационы птицы оказывает положительное влияние на продуктивность птицы и качество производимой продукции (яиц). Показали положительные результаты исследования по стимулированию обменных процессов организма кур-несушек и повышению конверсии корма с помощью обогащения рационов птиц фитогенными кормовыми добавками различного состава<sup>8,9</sup> [4–11].

Основное требование к производству пищевых яиц, наряду с продуктивностью и качеством продукции, – высокая оплата корма продукцией. В настоящее время птицеводческая отрасль имеет своей целью использование высокопродуктивных генотипов (кроссов) птицы, отселекционированных и дифференцированных по этим требованиям. Отечественные селекционеры изучают возможности трансформирования генетического потенциала в новые породы, породные группы и кроссы птицы. Однако из-за недостатка селекционной базы, работающей с генотипами российской селекции, многие птицеводческие хозяйства используют промышленные кроссы кур-несушек зарубежных селекционных фирм («Иза Браун», «Хайсекс Браун», «Хайсекс Уайт», «Декалб Уайт»)<sup>10, 11</sup>.

В связи с этим специалистам, занимающимся выпуском птицеводческой продукции, необходима информация об эффективности содержания того или иного генотипа птицы для производства качественной продукции с высокой степенью оплаты корма.

Нами проведены исследования по обогащению рационов кур-несушек различных

зарубежных кроссов (генотипов) фитогенными биологически активными кормовыми добавками [12, 13].

Цель исследования – определить генотип кур-несушек, обладающий наиболее высокой степенью переваримости корма с биологически активными веществами, поступающими в составе фитогенных кормовых добавок; оценить оплату корма продукцией.

Задачи исследования – провести анализ данных, полученных в результате исследований по применению фитогенных кормовых добавок в рационах различных генотипов кур-несушек, выявить наиболее «отзывчивый» кросс птицы, обладающий высокой степенью оплаты корма продукцией.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в ООО Птицефабрика «Дукчинская» (г. Магадан), на различных генотипах кур-несушек: «Иза Браун», «Хайсекс Уайт», «Хайсекс Браун», «Декалб Уайт». Изучено применение в кормах фитогенных кормовых добавок, содержащих муку из бурых морских водорослей – ламинарии (*Laminaria*) – и муку из дикоросов (состав: пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), обладающих идентичной биологической активностью.

В настоящем исследовании для анализа выбран определенный возрастной период кур-несушек изучаемых кроссов – 40–55 нед. Условия содержания и кормления всех птиц соответствовали рекомендованным ВНИТИП нормам и в анализируемые периоды не различались между собой. Опыты по вводу кормовых добавок в рационы различных генотипов кур-несушек проводили по аналогичной схеме (см. табл. 1).

<sup>8</sup>Рабазанов Н. Использование муки из крапивы двудомной в кормлении цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 06.02.02 / Сергиев Посад, 2003. 22 с.

<sup>9</sup>Маммаева Т.В. Эколого-биологическое обоснование использования ламинарии как кормовой добавки в рационах кур: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Камчатский НИИСХ. Хабаровск, 2002. 23 с.

<sup>10</sup>Головкина О.О. Сравнительная оценка кроссов кур яичного направления «Хайсекс Коричневый» и «Хайсекс Белый» // Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных. 2020. URL: <http://azt.vssc.ac.ru/article/28454/full> (дата обращения 15.03.2020).

<sup>11</sup>Описание кросса Декалб: всё о содержании и разведении // Ферма. expert. 2020. URL: <https://ferma.Expert/pticy/kury/porody-kury/dekalb/> (дата обращения 15.03.2020).

**Табл. 1.** Схема опытов  
**Table 1.** Scheme of the experiments

| Группа      | Число птиц, гол. | Особенности кормления  |
|-------------|------------------|--|
| Контрольная | 50               | ОР (основной рацион)   |
| Опытная     | 50               | ОР + 1,5% муки из ламинарии + 1,5% муки из местных дикоросов |

**Табл. 2.** Состав и питательная ценность основного рациона

**Table 2.** Composition and nutritional value of the basic diet

| Компонент                             | Содержание, % |
|---------------------------------------|---------------|
| Пшеница                               | 56,88 ± 0,72  |
| Ячмень                                | 3,94 ± 0,17   |
| Овес                                  | 3,84 ± 0,85   |
| Шрот соя                              | 10,25 ± 0,55  |
| Шрот подсолнечный                     | 12,25 ± 0,65  |
| Соя полножирная                       | 2,66 ± 0,44   |
| Известняковая мука + ракушечная мука  | 10,18 ± 0,09  |
| <i>В 100 г комбикорма содержится:</i> |               |
| Обменная энергия, ккал/100 г          | 246,88 ± 0,89 |
| Сырой протеин                         | 16,35 ± 0,19  |
| Сырой жир                             | 2,21 ± 0,03   |
| Линолевая кислота                     | 1,14 ± 0,01   |

Состав и питательная ценность ОР всех генотипов кур-несушек находились в допустимом для сравнения диапазоне (см. табл. 2).

Исследования проведены согласно методическим рекомендациям<sup>12</sup>. Данные обрабатывали с использованием методик Н.А Плохинского<sup>13</sup>. Результаты исследований представлены в процентном отношении к контрольной группе каждого кросса (генотипа) за анализируемый период.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Применение в основных рационах кур-несушек изучаемых кормовых добавок позволило обогатить корм нутриентами, вхо-

дящими в состав фитобиотиков, что способствовало стимуляции обменных процессов в организме птицы (см. табл. 3).

Интенсификация обменных процессов организма птицы способствовала повышению продуктивных показателей всех изучаемых кроссов (генотипов) птицы, в связи с этим повысилась оплата корма продукцией (конверсии корма) (см. табл. 4).

В результате аналитических исследований выявлено, что ввод в рационы кур-несушек фитогенных кормовых добавок из местных растительных ресурсов способствовал повышению качества и потребительских свойств продукции (яиц) (см. табл. 5).

**Табл. 3.** Усвоение (переваримость, использование) питательных веществ корма, % к контролю  
**Table 3.** Assimilation (digestibility, use) of feed nutrients, % of control

| Показатель  | «Иза Браун» | «Хай-секс Уайт» | «Хай-секс Браун» | «Декалб Уайт» |
|---|-------------|-----------------|------------------|---------------|
| <i>Усвоено гигровлаги</i>                                     |             |                 |                  |               |
| Контроль  | 65,3        | 65,1            | 64,8             | 64,9          |
| Опыт  | 68,2        | 68,2            | 67,6             | 68,5          |
| К контрольной группе  | +2,9        | +3,1            | +2,8             | +3,6          |
| <i>Использовано азота</i>                                     |             |                 |                  |               |
| Контроль  | 41,9        | 41,6            | 41,8             | 41,6          |
| Опыт  | 47,1        | 46,5            | 46,9             | 47,5          |
| К контрольной группе  | +5,2        | +4,9            | +5,1             | +5,9          |
| <i>Переваримость сырого протеина</i>                          |             |                 |                  |               |
| Контроль  | 77,2        | 78,6            | 79,3             | 79,9          |
| Опыт  | 80,6        | 81,5            | 82,5             | 84,2          |
| К контрольной группе  | +3,4        | +2,9            | +3,2             | +4,3          |
| <i>Переваримость сырого жира</i>                              |             |                 |                  |               |
| Контроль  | 75,6        | 76,2            | 76,9             | 81,5          |
| Опыт  | 78,7        | 79,9            | 80,1             | 85,5          |
| К контрольной группе  | +3,1        | +3,7            | +3,2             | +4,0          |
| <i>Переваримость безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ)</i> |             |                 |                  |               |
| Контроль  | 75,2        | 76,1            | 77,3             | 79,8          |
| Опыт  | 79,1        | 80,2            | 81,7             | 84,4          |
| К контрольной группе  | +3,9        | +4,1            | +4,4             | +4,6          |

Примечание. Здесь и в табл. 4, 5: контролем для птицы каждого кросса (генотипа) являлась птица этого же кросса (генотипа), получавшая основной рацион кормления.

<sup>12</sup>Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы: рекомендации / Под общей ред. В.И. Фисинина, Ш.А. Имангулова. Сергиев Посад, 2004. 33 с.

<sup>13</sup>Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. С.76–87.

**Табл. 4.** Основные зоотехнические показатели**Table 4.** Main zootechnical indicators

| Показатель   | «Иза Браун» | «Хайсекс Уайт» | «Хайсекс Браун» | «Декалб Уайт» |
|--|-------------|----------------|-----------------|---------------|
| Показатели продуктивности кур-несушек              |             |                |                 |               |
| <i>Валовой сбор яиц</i>                            |             |                |                 |               |
| Контроль, шт.                                      | 3571        | 3685           | 3654            | 3701          |
| Опыт, шт.  | 3789        | 3939           | 3902            | 3979          |
| К контрольной группе, %                            | 106,1       | 106,9          | 106,8           | 107,5         |
| <i>Интенсивность яйцекладки</i>                    |             |                |                 |               |
| Контроль, %  | 82,6        | 82,3           | 82,9            | 82,6          |
| Опыт, %  | 88,5        | 89,1           | 89,3            | 89,7          |
| К контрольной группе (+, -), %                     | +5,9        | +6,8           | +6,4            | +7,1          |
| <i>Выход яичной массы</i>                          |             |                |                 |               |
| Контроль, кг                                       | 166,9       | 169,3          | 172,4           | 173,3         |
| Опыт, кг   | 185,8       | 186,9          | 194,6           | 202,9         |
| К контрольной группе, %                            | 111,3       | 110,4          | 112,9           | 117,1         |
| Оплата корма продукцией                            |             |                |                 |               |
| <i>Затраты корма на 10 шт. яиц</i>                 |             |                |                 |               |
| Контроль, кг                                       | 1,45        | 1,44           | 1,46            | 1,47          |
| Опыт, кг   | 1,37        | 1,36           | 1,37            | 1,36          |
| К контрольной группе, %                            | 94,5        | 94,1           | 93,8            | 92,7          |
| <i>Затраты корма на 1 кг яичной массы</i>          |             |                |                 |               |
| Контроль, кг                                       | 2,99        | 3,10           | 2,98            | 2,94          |
| Опыт, кг   | 2,64        | 2,77           | 2,73            | 2,53          |
| К контрольной группе, %                            | 88,4        | 89,3           | 91,6            | 86,1          |
| <i>Затраты ОЭ корма на 10 шт. яиц</i>              |             |                |                 |               |
| Контроль, МДж                                      | 15,3        | 15,29          | 14,92           | 14,99         |
| Опыт, МДж  | 14,47       | 14,40          | 13,97           | 13,90         |
| К контрольной группе, %                            | 94,6        | 94,2           | 93,6            | 92,7          |
| <i>Затраты ОЭ корма на 1 кг яичной массы</i>       |             |                |                 |               |
| Контроль, МДж                                      | 24,91       | 23,99          | 24,50           | 24,52         |
| Опыт, МДж  | 22,00       | 21,45          | 22,42           | 21,06         |
| К контрольной группе, %                            | 88,3        | 89,4           | 91,5            | 85,9          |
| <i>Затраты протеина корма на 10 шт. яиц</i>        |             |                |                 |               |
| Контроль, г  | 232         | 230            | 234             | 235           |
| Опыт, г  | 229         | 227            | 231             | 229           |
| К контрольной группе, %                            | 98,8        | 98,5           | 98,9            | 97,5          |
| <i>Затраты протеина корма на 1 кг яичной массы</i> |             |                |                 |               |
| Контроль, г  | 381         | 385            | 382             | 380           |
| Опыт, г  | 363         | 364            | 353             | 349           |
| К контрольной группе, %                            | 95,3        | 94,6           | 92,5            | 91,8          |

**Табл. 5.** Показатели качества и потребительских свойств яиц

**Table 5.** Indicators of quality and consumer properties of eggs

| Показатель  | «Иза Браун» | «Хайсекс Уайт» | «Хайсекс Браун» | «Декалб Уайт» |
|---|-------------|----------------|-----------------|---------------|
| <b>Морфометрические показатели яиц</b>                        |             |                |                 |               |
| <i>Масса яйца</i>   |             |                |                 |               |
| Контроль, г   | 57,27**     | 59,70***       | 59,10**         | 59,30***      |
| Опыт, г   | 58,93***    | 61,67**        | 62,94***        | 63,57***      |
| К контрольной группе, %                                       | 102,90      | 103,30         | 106,50          | 107,20        |
| <i>Масса желтка</i>   |             |                |                 |               |
| Контроль, г   | 15,21***    | 15,37**        | 15,28**         | 15,41***      |
| Опыт, г   | 15,68**     | 15,82***       | 15,95***        | 16,29***      |
| К контрольной группе, %                                       | 103,10      | 102,90         | 104,40          | 105,70        |
| <i>Масса белка</i>  |             |                |                 |               |
| Контроль, г   | 34,50**     | 34,70***       | 35,00**         | 34,90         |
| Опыт, г   | 36,02***    | 36,19***       | 36,72***        | 36,92**       |
| К контрольной группе, %                                       | 104,40      | 104,30         | 104,90          | 105,80        |
| <i>Кондиционных яиц</i>                                       |             |                |                 |               |
| Контроль, %   | 92,80       | 92,10          | 93,80           | 93,90         |
| Опыт, %   | 95,90       | 95,50          | 97,10           | 97,70         |
| К контрольной группе (+,-), %                                 | +3,10       | +3,40          | +3,30           | +3,80         |
| <i>Бой, насечка</i>   |             |                |                 |               |
| Контроль, шт.   | 68          | 68             | 73              | 75            |
| Опыт, шт.   | 65          | 66             | 69              | 70            |
| Контроль, %   | 1,90        | 1,85           | 2,00            | 2,03          |
| Опыт, %   | 1,72        | 1,68           | 1,77            | 1,76          |
| К контрольной группе (+,-), %                                 | -0,18       | -0,17          | -0,23           | -0,27         |
| <b>Качественные показатели (содержание в 100 г яйцемассы)</b> |             |                |                 |               |
| <i>Сухое вещество</i>   |             |                |                 |               |
| Контроль, г   | 23,64***    | 23,71**        | 23,70**         | 23,82***      |
| Опыт, г   | 24,54**     | 24,28**        | 24,58***        | 24,92***      |
| К контрольной группе, %                                       | 103,80      | 102,40         | 103,70          | 104,60        |
| <i>Жир</i>  |             |                |                 |               |
| Контроль, г   | 8,42**      | 8,71***        | 8,57**          | 8,61**        |
| Опыт, г   | 8,65***     | 9,02**         | 8,96***         | 9,05***       |
| К контрольной группе, %                                       | 102,70      | 103,60         | 104,50          | 105,10        |
| <i>Протеин</i>  |             |                |                 |               |
| Контроль, г   | 10,99***    | 11,20**        | 11,21**         | 11,18**       |
| Опыт, г   | 11,29**     | 11,47***       | 11,67**         | 11,84***      |
| К контрольной группе, %                                       | 102,70      | 102,40         | 104,10          | 105,90        |
| <i>Каротиноиды</i>  |             |                |                 |               |
| Контроль, мкг/г   | 13,42**     | 13,18**        | 13,55***        | 14,75***      |
| Опыт, мкг/г   | 14,87***    | 14,46***       | 15,34**         | 17,27***      |
| К контрольной группе, %                                       | 110,80      | 109,70         | 113,20          | 117,10        |

\*\*  $p \leq 0,01$ .  
\*\*\*  $p \leq 0,001$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлено, что в результате применения фитогенных кормовых добавок в рационах различных генотипов кур-несушек наиболее интенсивно обменные процессы происходили в организме кур-несушек кросса «Декалб Уайт». Отмечено повышение продуктивности, качества производимой продукции, а также наиболее высокая степень оплаты корма продукцией курами-несушками данного генотипа. Организмом кур-несушек затрачено наименьшее количество корма, обменной энергии и протеина корма на производство 10 шт. яиц и 1 кг яичной массы.

Генотип кросса «Декалб Уайт» оказался наиболее «отзывчивым» на обогащение рациона нутриентами, содержащимися в изучаемой фитогенной кормовой добавке из местных растительных ресурсов (1,5% муки из ламинарии + 1,5% муки из местных дикоросов дополнительно к основному рациону).

Полученные результаты соответствуют цели, поставленной перед разработчиками кросса – получить птицу с высокими продуктивными качествами и степенью оплаты корма продукцией. В настоящее время куры-несушки кросса «Декалб Уайт» являются наиболее перспективным из зарубежных кроссов для производства продукции высокого качества с соответствующей оплатой корма продукцией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чуприна Н. Интенсивное развитие птицеводства // Птицеводство. 2011. № 8. С. 2–5.
2. Schokker D., Jansman A.J., Veninga G., de Bruin N., Vastenhouw S.A., de Bree F.M. Perturbation of microbiota in one-day old broiler chickens with antibiotic for 24 hours negatively affects intestinal immune development // BMC Genomics, 2017. Vol. 18 (1). P. 241–254. DOI: 10.1186/s12864-017-3625-6.
3. Gustafson R.H., Bowen R.E. Antibiotic use in animal agriculture // Biology Journal of Applied Microbiolog. 1997. Vol. 83 (5) P. 531–541. DOI: 10.1046/j.1365-2672.1997.00280.x.
4. Steiner T., Syed B. Phytogenic Feed Additives in Animal Nutrition. In: Máthé Á. (eds) // Me-

dicinal and Aromatic Plants of the World, 2015, Vol. 1 P. 403–423.

5. *Пи Ниваль Коллен*. Морские водоросли – прогресс в создании кормовых добавок // Птица и птицепродукты. 2014. № 3. С. 40–42.
6. *Старикова Н.П.* Биологически активные добавки: состояние и проблемы: монография. Хабаровск: РИЦ ХГАЭП. 2005. 124 с.
7. *Егоров И., Струкова Г.* Использование травяной муки в птицеводстве // Птицеводство. 2013. № 8. С. 2–6.
8. *Егоров И.А.* Ценный корм для птицы // Птицеводство. 2014. № 06. С. 22–24.
9. *Манукян В.* Ценный природный корм // Животноводство России. 2012. № 4. С. 19–20.
10. *Tajodini M., Saeedi H., Moghbeli P.* Use of black pepper, cinnamon and turmeric as feed additives in the poultry industry // World's Poultry Science Journal. 2015. Vol. 71 (1) P. 175–183.
11. *Кавтараишвили А.Ш., Новоторов Е.Н., Рискун Д.В.* Роль каротиноидов при биофортификации пищевых яиц кур (*Gallus gallus L.*) ω-3 полиненасыщенными жирными кислотами, витамином и селеном // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 4. С. 738–749.
12. *Игнатович Л.С.* Травяная мука вместо антибиотиков // Животноводство России. 2013. № 1. С. 15.
13. *Игнатович Л.С.* Эффективность применения в рационах кур-несушек многокомпонентных кормовых добавок на основе травяной муки различного состава // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 3 (39). С. 49–55.

## REFERENCES

1. Chuprina N. Intensive development of poultry farming. *Pticevodstvo = Poultry farming*, 2011, no. 8, pp. 2–5. (In Russian).
2. Schokker D., Jansman A.J., Veninga G., de Bruin N., Vastenhouw S.A., de Bree F.M. Perturbation of microbiota in one-day old broiler chickens with antibiotic for 24 hours negatively affects intestinal immune development. *BMC Genomics*, 2017, vol. 18 (1), pp. 241–254. DOI: 10.1186/s12864-017-3625-6.
3. Gustafson R.H., Bowen R.E. Antibiotic use in animal agriculture. *Biology Journal of Applied Microbiolog*, 1997, vol. 83(5), pp. 531–541. DOI: 10.1046/j.1365-2672.1997.00280.x.
4. Steiner T., Syed B. Phytogenic Feed Additives in Animal Nutrition. In: Máthé Á. (eds).

- Medicinal and Aromatic Plants of the World*, 2015, vol. 1, pp. 403-423.
5. Pi Nival Collen. Seaweeds – progress in the creation of feed additives. *Ptica i pticeprodukty = Poultry and poultry products*, 2014, no. 3. pp. 40–42. (In Russian).
  6. Starikova N.P. *Biologically active additives: state and problems*. Khabarovsk: RIC KSAEL, 2005, 124 p. (In Russian).
  7. Egorov I., Strukova G. The use of grass flour in poultry farming. *Pticevodstvo = Poultry farming*, 2013. no. 8. pp. 2–6. (In Russian).
  8. Egorov I.A. Valuable feed for poultry. *Pticevodstvo = Poultry farming*, 2014, no. 06, pp. 22–24. (In Russian).
  9. Manukyan V. Valuable natural food. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal husbandry of Russia*, 2012, no. 4, pp. 19–20. (In Russian).
  10. Tajodini M., Saeedi H., Moghbeli P. Use of black pepper, cinnamon and turmeric as feed additives in the poultry industry. *World's Poultry Science Journal*, 2015, vol. 71(1), pp.175–183.
  11. Kavtarashvili A.Sh., Novotorov E.N., Risnik D.V. The role of carotenoids in the biofortification of food eggs of chickens (*Gallus gallus L.*) with  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids, vitamin and selenium. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya = Agricultural biology*, 2020, vol. 55, no. 4, pp. 738–749. (In Russian).
  12. Ignatovich L.S. Herbal flour instead of antibiotics. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal husbandry in Russia*, 2013, no. 1, pp. 15. (In Russian).
  13. Ignatovich L.S. The effectiveness of the use of multicomponent feed additives based on herbal flour of various compositions in the diets of laying hens. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2016, no. 3 (39), pp. 49–55. (In Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Игнатович Л.С., научный сотрудник;  
адрес для переписки: Россия, 685000, Магадан,  
ул. Пролетарская, 17; e-mail: agrarian@maglan.ru

#### AUTHOR INFORMATION

✉ Larisa S. Ignatovich, Researcher; address:  
17, Proletarskaya St., Magadan, 685000, Russia;  
e-mail: agrarian@maglan.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.04.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 20.07.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022

## ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ БРУЦЕЛЛЕЗОМ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ В АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ЯКУТИИ

✉Петров П.Л.<sup>1</sup>, Протодияконова Г.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Департамент ветеринарии Республики Саха (Якутия)

Республика Саха (Якутия), Россия

<sup>2</sup>Арктический государственный агротехнологический университет

Республика Саха (Якутия), Россия

✉e-mail: mr.lukich2010@yandex.ru

Изучено распространение бруцеллеза среди северных оленей в зависимости от агроклиматических условий их содержания. Эксперимент проведен в Момском, Нижнеколымском и Эвено-Бытантайском районах Якутии в 2012–2019 гг. Показано, что за исследуемый период по всем районам годовая температура воздуха была выше нормы на 1,1...1,9 °С за счет более значительного ее повышения в холодный период (на 1,5...2,8 °С) по сравнению с теплым (на 0,5...0,6 °С). Наибольшее повышение температуры отмечено в апреле (на 2,8...4,4 °С) и ноябре (на 2,2...4,1 °С), в весенне-летний период – в мае (на 0,9...1,7 °С), в июле она была ниже нормы на 0,2...1,0 °С. Годовое количество осадков на территории Эвено-Бытантайского района изменялось незначительно, на территории Момского и Нижнеколымского районов увеличилось на 40 и 70 мм соответственно. Заболеваемость бруцеллезом северных оленей в зависимости от места (района) их содержания и погодных условий составляла от 0 до 3,86% (коэффициент вариации 131%), меньше заболевших животных было на территории Нижнеколымского района (0,20%), больше – Эвено-Бытантайского (1,15%). Между заболеваемостью северных оленей бруцеллезом и температурой за холодные месяцы и годовой температурой установлена отрицательная связь ( $r = -0,19...-0,42$ ), с температурой весенне-летних месяцев – средняя положительная ( $r = 0,30...0,53$ ) с достоверным уровнем в июле. В целом, на заболеваемость температура оказывала большее влияние ( $r^2 = 0,115$ ), чем осадки ( $r^2 = 0,092$ ), однако между суммой осадков за год и заболеваемостью животных выявлена существенная обратная связь ( $r = -0,48$ ;  $r^2 = 0,23$ ). За все месяцы между этими показателями также наблюдалась отрицательная корреляция ( $r = -0,13...-0,41$ ), за исключением апреля и августа ( $r = 0,10$  и  $0,11$  соответственно). В зимние месяцы данная зависимость была более значимой ( $r = -0,30...-0,40$ ), чем в летние ( $r = -0,13...-0,27$ ).

**Ключевые слова:** арктические районы Якутии, агроклиматические условия, потепление климата, бруцеллез северных оленей, заболеваемость животных, корреляция

## EFFECT OF AGRO-CLIMATIC CONDITIONS ON THE INCIDENCE OF BRUCELLOSIS OF REINDEER IN THE ARCTIC REGIONS OF YAKUTIA

✉Petrov P.L.<sup>1</sup>, Protodyakonova G.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Veterinary Medicine of the Republic of Sakha (Yakutia)

Republic of Sakha (Yakutia), Russia

<sup>2</sup>Arctic State Agrotechnological University

Republic of Sakha (Yakutia), Russia

✉e-mail: mr.lukich2010@yandex.ru

The spread of brucellosis in reindeer depending on agroclimatic conditions of their housing was studied. The experiment was conducted in Momsky, Nizhnekolymsky and Eveno-Bytantaysky districts of Yakutia in 2012–2019. It was shown that the annual air temperature for the studied period in all districts was higher than the norm by 1.1 ... 1.9 °C due to its more significant increase in the cold period (by 1.5 ... 2.8 °C) compared to the warm period (by 0.5 ... 0.6 °C). The highest temperature increase was registered in April (by 2.8 ... 4.4 °C) and November (by 2.2 ... 4.1 °C), in spring-summer period - in May (by 0.9 ... 1.7 °C), in July it was 0.2 ... 1.0 °C below the norm. The annual precipitation on the territory of the Eveno-Bytantaysky district changed slightly, and on the

territory of the Momsky and Nizhnekolymsky districts increased by 40 and 70 mm, respectively. The incidence of brucellosis of reindeer, depending on the place (area) where reindeer are kept and weather conditions, ranged from 0 to 3.86% (coefficient of variation of 131%), fewer sick animals were in the Nizhnekolymsky district (0.20%), more – in Eveno-Bytantaysky (1.15%). There was a negative correlation ( $r = -0,19...-0,42$ ) between the incidence of brucellosis in reindeer and the temperature during the cold months and the annual temperature, with the temperature of the spring-summer months - medium positive ( $r = 0,30...0,53$ ) with a reliable level in July. In general, temperature had a greater effect on morbidity ( $r^2 = 0.115$ ) than precipitation ( $r^2 = 0.092$ ), but a significant inverse relationship ( $r = -0.48$ ;  $r^2 = 0.23$ ) was found between annual precipitation sum and animal morbidity. In all months there was also a negative correlation between these indicators ( $r = -0.13...-0.41$ ), except for April and August ( $r = 0.10$  and  $0.11$ , respectively). In winter months, this dependence was more significant ( $r = -0.30...-0.40$ ) than in summer ( $r = -0.13...-0.27$ ).

**Keywords:** Arctic regions of Yakutia, agro-climatic conditions, climate warming, reindeer brucellosis, animal morbidity, correlation

**Для цитирования:** Петров П.Л., Протодьяконова Г.П. Влияние агроклиматических условий на заболеваемость бруцеллезом северных оленей в арктических районах Якутии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 94–102. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-11>

**For citation:** Petrov P.L., Protodyakonova G.P. Effect of agro-climatic conditions on the incidence of brucellosis of reindeer in the Arctic regions of Yakutia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 94–102. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-11>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Важными условиями устойчивого развития агропромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) являются контроль производства животноводческой продукции и изучение факторов, влияющих на заболеваемость животных. Периодический ветеринарный анализ многолетних данных позволяет более оперативно оценивать эпизоотическую ситуацию и эффективно планировать и проводить мероприятия по предупреждению и ликвидации опасных болезней.

Бруцеллез – хронически протекающая болезнь животных, вызываемая бактериями, объединенными под общим названием *Brucella*. У заболевших северных оленей наблюдаются артриты, бурситы, тендовагиниты, орхиты, маститы, аборт у маточного поголовья, что негативно влияет на воспроизводство, затрудняет проведение племенной работы, приводит к снижению продуктивности животных. Основными источниками бруцеллеза являются больные домашние и дикие северные олени, а факторами пере-

дачи – инфицированные пастбища, места отелов [1]. Особую опасность представляют особи, которые при аборте и даже при нормальных родах выделяют во внешнюю среду большое количество бруцелл [2]. Бруцеллез животных регистрируется повсеместно на территории всего земного шара, но преимущественно распространен в Средиземноморском бассейне, Персидском заливе, на Индийском субконтиненте, в Мексике, Центральной и Южной Америке, Юго-Восточной Азии, Африке, а также во всех зонах Азиатского Севера, в том числе в Якутии [3–5]. Выявлено наличие бруцеллезной инфекции в таймырской, якутской и чукотской популяциях диких северных оленей<sup>1</sup>. У домашних оленей серологическим методом он диагностирован в 1942 г., бактериологическим – в 1955, у диких оленей – в 1960 г. [6].

Борьба с бруцеллезом методом выбраковки положительно реагирующих животных эффективна только при высокой культуре животноводства [7]. В Российской Федерации система контроля бруцеллеза, включа-

<sup>1</sup>Винокуров Н.В. Особенности диагностической ценности реакции непрямой гемагглютинации при бруцеллезе северных оленей: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Якутск, 2010. 18 с.

ющая его диагностику, профилактику, реализацию ограничительных ветеринарно-санитарных и организационно-хозяйственных мероприятий, сложилась во второй половине XX в. [8].

Один из факторов, влияющий на эпизоотическую обстановку по данному заболеванию, – природно-климатические условия. Климат Земли за столетие изменился как на глобальном, так и на региональном уровне, причем процесс изменений значительно ускорился в последние десятилетия [9]. Начиная с середины 1970–х годов средняя температура приземного воздуха на территории России повышается со средней скоростью 0,43 °С за десятилетие, что значительно превышает скорость глобального потепления. Особенно значительные изменения климата наблюдаются в Арктике и Субарктической зоне многолетней мерзлоты [10]. Рост годовых температур идет в основном за счет повышения ее в зимний период. Одновременно регистрируют удлинение теплого периода года: весна стала наступать на 10–15 дней раньше, а осень заканчиваться на 15–20 дней позже в сравнении с серединой прошлого столетия [11].

Изучение влияния условий внешней среды на эпизоотическую ситуацию по бруцеллезу северных оленей в разных природно-климатических условиях вызывает научный и практический интерес. Особенно это актуально для арктической зоны Якутии, где в условиях изменяющегося климата этот вопрос мало изучен.

Цель исследования – выявить изменения агроклиматических условий и оценить их влияние на заболеваемость бруцеллезом северных оленей в разных арктических районах Якутии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Арктическая зона Якутии характеризуется резко континентальным климатом, не-

достатком тепла, наличием длительного периода с незаходящим солнцем летом и отсутствием солнечного освещения зимой. Продолжительность периода со снежным покровом составляет около 220 дней, абсолютный минимум температуры достигает –67 °С, абсолютный максимум доходит до 35 °С. Регион занимает более 50% общей площади Якутии, в него входят 13 улусов (районов), в которых преобладают традиционные промыслы народов севера, в том числе оленеводство. Здесь находятся около 74% всего поголовья северных оленей республики, из которых значительная часть (свыше 51 тыс. гол., или более 28% от общего поголовья республики) содержится в трех разных по природно-климатическим условиям районах: Момском, Нижнеколымском и Эвено-Бытантайском. В этих районах часто наблюдается неблагоприятная эпизоотическая ситуация по заболеванию бруцеллезом северных оленей<sup>2</sup>.

Исходные данные по заболеваемости животных за 2012–2019 гг. получены из статистической отчетности Департамента ветеринарии Республики Саха (Якутия) и его подведомственных организаций – Управлений ветеринарии районов с ветеринарно-испытательными лабораториями. Использованы отчеты по выявлению положительно реагирующего поголовья домашних северных оленей на бруцеллез Якутской республиканской ветеринарно-испытательной лаборатории.

Больными бруцеллезом считались олени, положительно реагирующие на одновременное применение 3–4 серологических методов исследований (комплексная серодиагностика). В наших исследованиях использовали следующие методы серологической диагностики: реакция с розбенгал пробой (РБП), реакция гемагглютинации в пробирке (РА), реакция связывания комплемента (РСК), реакция иммунодиффузии (РИД) с 0-полисахаридным антигеном<sup>3</sup> [12, 13].

<sup>2</sup>Система ведения сельского хозяйства в Республике Саха (Якутия) на период 2021–2025 годов: методическое пособие / Министерство сельского хозяйства Республики Саха (Якутия). ФГБУН ФИЦ Якут. науч. центр Сиб. отд. Российской академии наук. Якут. науч.-исслед. ин-т с.-х. им. М.Г. Сафронова. Белгород: Изд-во Сангалова К.Ю. 2021. 592 с.

<sup>3</sup>Вашкевич Р.Б. Пластинчатая реакция агглютации при бруцеллезе северных оленей // Эпизоотология и иммунопрофилактика болезней: сб. науч. тр. Новосибирск, 1983. С. 16–20.

Анализ агроклиматических условий за 2012–2019 гг. проводили на основе архивных сведений метеостанций Хону (Момский район), Черский (Нижнеколымский район) и Батагай-Алыта (Эвено-Бытантайский район). Изучаемыми показателями были среднемесячные и годовые значения температуры воздуха и суммы осадков. Статистическую обработку полученных данных проводили методом вариации и корреляции по Б.А. Доспехову<sup>4</sup> с использованием пакета программ Snedecor<sup>5</sup> и Microsoft Office Excel 2007.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным Департамента ветеринарии Республики Саха (Якутия), в 2012–2019 гг. в регионе ежегодно регистрировали от 35 до 47 пунктов, неблагополучных по заболеваемости бруцеллезом северных оленей. За этот период в Момском районе зарегистрировано 14 таких неблагополучных пунктов, Нижнеколымском – 8, в Эвено-Бытантайском – 8.

Анализ статистических данных по заболеваемости северных оленей в исследуемых районах арктической зоны Якутии за 2012–2019 гг. показал, что число положительно реагирующих на бруцеллезную инфекцию животных изменялось от 0,08 до 3,68% от общего количества обследованных. Вариабельность данного показателя была очень значительной, коэффициент вариации составил 131%. В Момском районе в 2016 и 2018 годах, в Нижнеколымском районе в 2018 и 2019 годах положительно реагирующих оленей не выявлено (см. табл. 1).

За анализируемые годы наименьшее количество заболевших бруцеллезом животных зарегистрировано на территории Нижнеколымского района (0,20%), наибольшее – Эвено-Бытантайского (1,15%). В среднем по районам более высокая заболеваемость бруцеллезом северных оленей отмечена в 2012 и 2015 годах (соответственно 1,03 и 1,66%), менее высокая – в 2016 и 2017 годах (0,38

**Табл. 1.** Динамика эпизоотии по бруцеллезу северных оленей в арктических районах Якутии за 2012–2019 гг.

**Table 1.** Epizootic dynamics of reindeer brucellosis in the Arctic regions of Yakutia for 2012–2019

| Показатель                       | Момский район | Нижнеколымский район | Эвено-Бытантайский район | Всего  |
|----------------------------------|---------------|----------------------|--------------------------|--------|
| <i>2012 г.</i>                   |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 10060         | 16127                | 16335                    | 42522  |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 89            | 69                   | 281                      | 439    |
| %                                | 0,88          | 0,43                 | 1,72                     | 1,03   |
| <i>2013 г.</i>                   |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 15114         | 18450                | 15600                    | 49164  |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 115           | 40                   | 69                       | 224    |
| %                                | 0,76          | 0,22                 | 0,44                     | 0,46   |
| <i>2015 г.</i>                   |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 3325          | 13003                | 10718                    | 27046  |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 8             | 46                   | 394                      | 448    |
| %                                | 0,24          | 0,35                 | 3,68                     | 1,66   |
| <i>2016 г.</i>                   |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 2200          | 8897                 | 14103                    | 25200  |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 0             | 14                   | 83                       | 97     |
| %                                | 0,0           | 0,16                 | 0,59                     | 0,38   |
| <i>2017 г.</i>                   |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 6415          | 14267                | 17039                    | 37721  |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 32            | 12                   | 65                       | 109    |
| %                                | 0,50          | 0,08                 | 0,38                     | 0,29   |
| <i>2018 г.</i>                   |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 7207          | 12500                | 12850                    | 32557  |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 0             | 0                    | 164                      | 164    |
| %                                | 0,0           | 0,0                  | 1,28                     | 0,50   |
| <i>2019 г.</i>                   |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 4716          | 8432                 | 14709                    | 27857  |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 32            | 0                    | 114                      | 146    |
| %                                | 0,68          | 0,0                  | 0,78                     | 0,52   |
| <i>2012–2019 гг.</i>             |               |                      |                          |        |
| Исследовано всего, гол.          | 49037         | 91676                | 101354                   | 242067 |
| Из них положительно реагирующих: |               |                      |                          |        |
| голов                            | 276           | 181                  | 1170                     | 1627   |
| %                                | 0,56          | 0,20                 | 1,15                     | 0,67   |

<sup>4</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 416 с.

<sup>5</sup>Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.

и 0,29%). Наибольшее количество заболевших животных на территории Момского (0,88%) и Нижнеколымского (0,43) районов выявлено в 2012 г., Эвено-Бытантайского (3,68%) – в 2015 г.

Для обеспечения сохранности оленей и их эпизоотического благополучия только ветеринарной помощи недостаточно, своевременное предупреждение и ликвидирование бруцеллеза возможно при принятии комплекса мер. Для планирования и оперативного проведения оздоровительных работ необходима точная и объективная информация не только об уровне эпизоотической ситуации и состоянии стада, но и об условиях содержания животных.

Анализ погодных условий показал, что агрометеорологические показатели в исследуемых районах существенно различались: среднегодовая температура воздуха за исследуемые годы в Нижнеколымском районе составила  $-8,7^{\circ}\text{C}$ , Эвено-Бытантайском  $-13,4$ , Момском районе  $-14,0^{\circ}\text{C}$ .

На территории этих районов в период с 2012 по 2019 г. отмечено повышение средне-

годовой температуры воздуха на  $1,1...1,9^{\circ}\text{C}$  (в среднем на  $1,5^{\circ}\text{C}$ ) в сравнении с нормой – среднемноголетним значением за последние 50 лет (см. табл. 2).

Более заметное потепление наблюдали в апреле (на  $2,8...4,4^{\circ}\text{C}$ ) и ноябре ( $2,2...4,1^{\circ}\text{C}$ ), в весенне-летний период – в мае (на  $0,9...1,7^{\circ}\text{C}$ ) и августе (на  $1,0...1,1^{\circ}\text{C}$ ). Во всех районах только в июле отмечено понижение температуры воздуха на  $0,2...1,0^{\circ}\text{C}$  в сравнении со среднемноголетним значением.

Анализ распределения атмосферных осадков на территории изучаемых районов в 2012–2019 гг. позволил выявить некоторые особенности их распределения. Наименьшее количество и незначительная изменчивость осадков за год (181 мм при норме 179 мм) зарегистрированы на метеостанции Батагай-Альта (Эвено-Бытантайский район). На территории Момского (метеостанция Хону) и Нижнеколымского (метеостанция Черский) районов годовая сумма осадков составила 263 и 294 мм, что было больше среднемноголетнего значения на 41 и 70 мм соответственно (см. табл. 3).

**Табл. 2.** Температура воздуха в арктических районах Якутии за 2012–2019 гг.,  $^{\circ}\text{C}$

**Table 2.** Air temperature in the arctic regions of Yakutia for 2012–2019,  $^{\circ}\text{C}$

| Показатель   | Январь | Февраль | Март  | Апрель | Май  | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | За год |
|--|--------|---------|-------|--------|------|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|--------|
| <i>Момский район (метеостанция Хону)</i>                     |        |         |       |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Среднее  | -44,1  | -41,6   | -29,1 | -10,4  | 4,7  | 12,4 | 14,6 | 11,5   | 2,6      | -12,3   | -32,8  | -43,7   | -14,0  |
| Норма  | -46,0  | -42,4   | -31,1 | -13,2  | 3,0  | 12,2 | 14,8 | 10,5   | 2,1      | -14,7   | -35,5  | -45,1   | -15,4  |
| Отклонение от нормы  | 1,9    | 0,8     | 2,0   | 2,8    | 1,7  | 0,2  | -0,2 | 1,0    | 0,5      | 2,4     | 2,7    | 1,4     | 1,4    |
| <i>Эвено-Бытантайский район (метеостанция Батагай-Альта)</i> |        |         |       |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Среднее  | -44,6  | -42,4   | -27,4 | -8,1   | 4,7  | 14,5 | 15,2 | 12,7   | 3,1      | -12,8   | -32,8  | -43,0   | -13,4  |
| Норма  | -45,5  | -42,3   | -29,3 | -11,7  | 3,8  | 13,5 | 16,2 | 11,6   | 2,6      | -14,3   | -35,0  | -43,3   | -14,5  |
| Отклонение от нормы  | 0,9    | -0,1    | 1,9   | 3,6    | 0,9  | 1,0  | -1,0 | 1,1    | 0,5      | 1,5     | 2,2    | 0,3     | 1,1    |
| <i>Нижнеколымский район (метеостанция Черский)</i>           |        |         |       |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Среднее  | -30,3  | -29,6   | -21,1 | -9,2   | 0,7  | 10,8 | 12,5 | 10,7   | 4,1      | -6,7    | -18,6  | -27,5   | -8,7   |
| Норма  | -32,4  | -30,9   | -23,7 | -13,6  | -0,2 | 10,1 | 12,9 | 9,6    | 3,2      | -9,2    | -22,7  | -30,4   | -10,6  |
| Отклонение от нормы  | 2,1    | 1,3     | 2,6   | 4,4    | 0,9  | 0,7  | -0,4 | 1,1    | 0,9      | 2,5     | 4,1    | 2,9     | 1,9    |
| Среднее по районам   |        |         |       |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Отклонение от нормы  | 1,6    | 0,7     | 2,2   | 3,6    | 1,2  | 0,6  | -0,5 | 1,1    | 0,6      | 2,1     | 3,0    | 1,5     | 1,5    |

**Табл. 3.** Сумма осадков в арктических районах Якутии за 2012–2019 гг., мм

**Table 3.** Precipitation sum in the Arctic regions of Yakutia for 2012–2019, mm

| Показатель   | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май  | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | За год |
|--|--------|---------|------|--------|------|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|--------|
| <i>Момский район (метеостанция Хону)</i>                     |        |         |      |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Среднее  | 7,4    | 8,6     | 4,4  | 5,3    | 14,1 | 42,1 | 77,1 | 45,2   | 22,2     | 15,2    | 14,0   | 7,1     | 263    |
| Норма  | 7,0    | 7,2     | 4,9  | 5,4    | 12,6 | 37,1 | 49,8 | 40,1   | 23,4     | 14,7    | 12,1   | 7,8     | 222    |
| Отклонение от нормы  | 0,4    | 1,4     | -0,5 | -0,1   | 1,5  | 5,0  | 27,3 | 5,1    | -1,2     | 0,5     | 1,9    | -0,7    | 41     |
| <i>Эвено-Бытантайский район (метеостанция Батагай-Алыта)</i> |        |         |      |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Среднее  | 6,1    | 5,2     | 2,7  | 4,2    | 17,3 | 33,3 | 29,5 | 29,9   | 19,9     | 14,3    | 12,6   | 5,5     | 181    |
| Норма  | 6,3    | 5,7     | 4,6  | 5,1    | 14,0 | 29,6 | 34,2 | 30,8   | 18,0     | 13,0    | 10,3   | 7,8     | 179    |
| Отклонение от нормы  | -0,2   | -0,5    | -1,9 | -0,9   | 3,3  | 3,7  | -4,7 | -0,9   | 1,9      | 1,3     | 2,3    | -2,3    | 2      |
| <i>Нижнеколымский район (метеостанция Черский)</i>           |        |         |      |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Среднее  | 19,8   | 13,2    | 11,9 | 5,4    | 10,7 | 29,0 | 47,0 | 33,7   | 36,3     | 32,8    | 33,6   | 21,0    | 294    |
| Норма  | 14,2   | 11,3    | 9,7  | 7,8    | 9,5  | 18,6 | 32,2 | 29,1   | 29,1     | 27,1    | 20,5   | 15,0    | 224    |
| Отклонение от нормы  | 5,6    | 1,9     | 2,2  | -2,4   | 1,2  | 10,4 | 14,8 | 4,6    | 7,2      | 5,7     | 13,1   | 6,0     | 70     |
| <i>Среднее по районам</i>                                    |        |         |      |        |      |      |      |        |          |         |        |         |        |
| Отклонение от нормы  | 1,9    | 0,9     | -0,1 | -1,1   | 2,0  | 6,4  | 12,5 | 2,9    | 2,6      | 2,5     | 5,8    | 1,0     | 37     |

Наибольшее увеличение атмосферных осадков в Нижнеколымском и Момском районах за годы исследований по сравнению со среднемноголетними значениями наблюдалось в июле (14,8 и 27,3 мм соответственно) и июне (10,4 и 5,0 мм), в зимние месяцы изменения были незначительные.

Анализ температурного режима за теплый (май – сентябрь) и холодный (октябрь – апрель) периоды года показал, что потепление климата в указанных районах с 2012 по 2019 г. произошло за счет более значительного повышения температуры в холодный период года (на 1,5...2,8 °С) по сравнению с теплым периодом (на 0,5...0,6 °С) (см. табл. 4).

По данным метеостанции Хону (Момский район), увеличение суммы осадков за

годы исследования от 222 (норма) до 263 мм произошло в основном за счет осадков теплого периода. В Нижнеколымском районе (метеостанция Черский) вклад атмосферных осадков теплого и холодного периодов в увеличение их количества за год на 70 мм был практически равнозначным – 32 и 38 мм соответственно. На территории Эвено-Бытантайского района (метеостанция Батагай-Алыта) существенных изменений количества осадков за теплый и холодный периоды не наблюдали. В среднем по районам за исследуемые годы соотношение осадков за холодный и теплый периоды составило 1 : 1,5.

Статистическая обработка полученных данных свидетельствует о том, что на территории исследуемых районов количество

**Табл. 4.** Отклонение агроклиматических показателей за теплый и холодный периоды от нормы в арктических районах Якутии. Среднее за 2012–2019 гг.

**Table 4.** Deviation of agro-climatic indicators for warm and cold periods from the norm in the Arctic regions of Yakutia. Average for 2012–2019

| Район              | Температура воздуха за теплый период, °С | Температура воздуха за холодный период, °С | Сумма осадков за теплый период, мм | Сумма осадков за холодный период, мм |
|--------------------|--|--|------------------------------------|--------------------------------------|
| Момский            | 0,6                                      | 2,0  | 37,7                               | 2,9                                  |
| Эвено-Бытантайский | 0,5                                      | 1,5  | -2,2                               | 3,3                                  |
| Нижнеколымский     | 0,6                                      | 2,8  | 32,1                               | 38,2                                 |
| Среднее            | 0,6                                      | 2,3  | 22,5                               | 14,8                                 |

осадков за месяц и год характеризуется более значительной изменчивостью (коэффициент вариации 28–96%, в среднем 69%), чем температура воздуха (13–69%, в среднем 27%). Наибольшая изменчивость температуры воздуха отмечена в мае (69%) и сентябре (47%), то есть в переходные периоды от весны к лету и от осени к зиме, а суммы осадков – в марте (96%) и ноябре (91%) (см. табл. 5).

Значительные изменения климата, происходящие в настоящее время в арктических районах Якутии, и периодически возникающие неблагоприятные эпизоотические ситуации по бруцеллезу северных оленей в регионе вызывают необходимость изучения взаимосвязи этих факторов. Корреляционный анализ показал, что между заболеваемостью бруцеллезом северных оленей и температурой воздуха холодного периода (сентябрь – апрель) и годовой температурой наблюдается отрицательная слабая или средняя связь ( $r = -0,19...-0,42$ ), а температурой месяцев теплого периода (май – август) – средняя положительная ( $r = 0,30...0,53$ ) с достоверным уровнем в июле (см. табл. 6).

Коэффициент детерминации ( $r^2$ ) свидетельствует, что уровень заболеваемости животных на 4–28% определялся колебаниями

температуры воздуха по месяцам и на 13% – годовой температуры.

Осадки по месяцам оказывали меньшее влияние на изменчивость изучаемого показателя (в среднем  $r^2 = 0,092$ ), чем температура ( $r^2 = 0,115$ ), однако между годовой суммой осадков и заболеваемостью бруцеллезом северных оленей выявлена существенная ( $r = -0,48$ ) обратная связь при коэффициенте детерминации 0,23. За все месяцы между этими показателями также отмечена слабая или средняя отрицательная корреляция ( $r = -0,13...-0,41$ ), за исключением апреля и августа ( $r = 0,10$  и  $0,11$  соответственно). В зимние месяцы эта зависимость была более значимой ( $r = -0,30...-0,40$ ), чем в теплый период ( $r = -0,13...-0,27$ ). Выявленные взаимосвязи логично объясняют высокий уровень заболеваемости оленей (3,68% от обследованных) в 2015 г. в Эвено-Бытантайском районе по сравнению с Момским (0,24%) и Нижнеколымским (0,35%) районами, так как в этот год на территории Эвено-Бытантайского района за весенне-летний период (май – август) среднесуточная температура воздуха была на 1,2...3,5 °C выше, а сумма осадков на 44–71 мм меньше, чем в Момском и Нижнеколымском районах.

**Табл. 5.** Изменчивость агроклиматических показателей по трем районам арктической зоны Якутии за 2012–2019 гг.

**Table 5.** Variability of agro-climatic indicators in three regions of the Arctic zone of Yakutia for 2012–2019

| Месяц    | Температура воздуха, °C |             |              |                         | Сумма осадков, мм |             |              |                         |
|----------|-------------------------|-------------|--------------|-------------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------------------|
|          | средняя                 | минимальная | максимальная | Коэффициент вариации, % | средняя           | минимальная | максимальная | Коэффициент вариации, % |
| Январь   | -39,4                   | -47,4       | -27,7        | 19                      | 11,0              | 1,7         | 37,7         | 86                      |
| Февраль  | -38,4                   | -48,3       | -21,7        | 19                      | 8,2               | 0,8         | 25,6         | 86                      |
| Март     | -26,0                   | -33,4       | -14,5        | 19                      | 6,2               | 0,2         | 23,7         | 96                      |
| Апрель   | -9,2                    | -14,1       | -5,3         | 30                      | 4,5               | 0,6         | 16,0         | 73                      |
| Май      | 3,5                     | -1,4        | 7,1          | 69                      | 14,0              | 1,8         | 40,0         | 71                      |
| Июнь     | 12,7                    | 8,7         | 17,9         | 17                      | 31,3              | 5,1         | 64,9         | 58                      |
| Июль     | 14,0                    | 10,8        | 16,7         | 13                      | 52,2              | 9,6         | 122,0        | 55                      |
| Август   | 11,2                    | 8,3         | 14,6         | 15                      | 36,6              | 8,8         | 103,0        | 58                      |
| Сентябрь | 3,2                     | 1,4         | 7,4          | 47                      | 26,9              | 3,2         | 56,9         | 52                      |
| Октябрь  | -10,7                   | -16,8       | -2,3         | 34                      | 20,3              | 5,7         | 53,7         | 66                      |
| Ноябрь   | -27,5                   | -35,6       | -13,0        | 26                      | 20,1              | 4,2         | 78,5         | 91                      |
| Декабрь  | -37,7                   | -46,9       | -21,4        | 24                      | 12,2              | 2,4         | 38,9         | 80                      |
| Год      | -12,0                   | -14,5       | -7,4         | 21                      | 243,5             | 107         | 391,2        | 28                      |
| Среднее  |                         |             |              | 27                      |                   |             |              | 69                      |

**Табл. 6.** Влияние агроклиматических показателей на заболеваемость бруцеллезом северных оленей в арктических районах Якутии за 2012–2019 гг.

**Table 6.** Influence of agro-climatic indicators on the incidence of brucellosis in reindeer in the Arctic regions of Yakutia for 2012–2019

| Месяц    | Температура воздуха        |  | Сумма осадков              |  |
|----------|----------------------------|--|----------------------------|--|
|          | Коэффициент корреляции (r) | Коэффициент детерминации (r <sup>2</sup> ) | Коэффициент корреляции (r) | Коэффициент детерминации (r <sup>2</sup> ) |
| Январь   | -0,40                      | 0,160                                      | -0,41                      | 0,168                                      |
| Февраль  | -0,25                      | 0,063                                      | -0,34                      | 0,116                                      |
| Март     | -0,21                      | 0,044                                      | -0,39                      | 0,152                                      |
| Апрель   | -0,21                      | 0,044                                      | 0,10                       | 0,010                                      |
| Май      | 0,32                       | 0,102                                      | -0,13                      | 0,017                                      |
| Июнь     | 0,35                       | 0,123                                      | -0,27                      | 0,073                                      |
| Июль     | 0,53*                      | 0,281                                      | -0,16                      | 0,026                                      |
| Август   | 0,30                       | 0,090                                      | 0,11                       | 0,012                                      |
| Сентябрь | -0,19                      | 0,036                                      | -0,19                      | 0,036                                      |
| Октябрь  | -0,42                      | 0,176                                      | -0,33                      | 0,109                                      |
| Ноябрь   | -0,32                      | 0,102                                      | -0,30                      | 0,090                                      |
| Декабрь  | -0,38                      | 0,144                                      | -0,40                      | 0,160                                      |
| Год      | -0,36                      | 0,130                                      | -0,48*                     | 0,230                                      |
| Среднее  |                            | 0,115                                      |                            | 0,092                                      |

\*Достоверно на 5%-м уровне значимости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в арктических районах Якутии происходят процессы, направленные на потепление климата. Наблюдается повышение годовой температуры воздуха в сравнении с нормой на 1,1...1,9 °С за счет более значительного ее повышения в холодный период. Годовое количество осадков на территории некоторых арктических районов за исследуемый период превышало среднемноголетнее значение на 41–70 мм.

Выявлено, что агроклиматические условия могут оказывать определенное влияние на заболеваемость бруцеллезом северных оленей в регионе. Показано, что уменьшение суммы осадков за год и в зимние месяцы, а также понижение температуры воздуха за холодный период года (сентябрь – апрель) и повышение в теплый период (май – август) вызывает увеличение уровня заболеваемости животных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хоч А.А., Слепцов Е.С. Бруцеллез северных оленей в Якутии. Якутск, 2001. 216 с.
2. Федоров А.И., Искандаров М.И., Искандарова С.С. Свойства культур бруцелл, выделенных от северных оленей // Ветеринария. 2022. № 5. С. 20–27.

3. Pappas G., Akritidis N., Bosilkovski M., Tsianos E. Brucellosis // The New England Journal of Medicine. 2005. № 352. P. 2325–2336.
4. Hurtado R. Brucellosis – new and old issues regarding diagnosis and management // Harvard education online (31 октября 2001 г.): <http://www.mgh.harvard.edu/id/images/brucellosis.pdf>.
5. Слепцов Е.С., Винокуров Н.В., Федоров В.И., Григорьев И.И., Захарова О.И. Эпизоотическое состояние по бруцеллезу северных оленей в Республике Саха (Якутия) // Аграрный вестник Урала. 2018. № 8 (175). С. 57–61.
6. Забродин В.А., Лайшев К.А., Гулюкин М.И., Гулюкин А.М., Искандаров М.И., Слепцов Е.С., Винокуров Н.В., Федоров В.И., Бочкарев И.И., Захарова О.И. Бруцеллез оленей и некоторых диких животных на Енисейском Севере: монография. Новосибирск: Издательство АНС «СибАК», 2018. 290 с.
7. Слепцов Е.С., Искандаров М.И., Винокуров Н.В., Племяшов К.В., Павлова А.И. Анализ материалов эффективности применения вакцинных штаммов и систем профилактики и ликвидации бруцеллеза животных на территории РФ // Ветеринария и кормление. 2020. № 5. С. 45–48. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020.
8. Красиков А.П., Зуев А.В., Ермакова Т.В. Эпизоотологический анализ основных бактериальных и вирусных инфекционных болезней крупного рогатого скота на территории Омской области // Ветеринарно-санитарные мероприятия по предупреждению антропоознозов и незаразных болезней животных. 2018. С. 39–47.

9. Панин Г.Н., Выручалкина Т.Ю., Соломонова В.И. Региональные климатические изменения в Северном полушарии и их взаимосвязь с циркуляционными индексами // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2010. Т. 23. С. 92–108.
10. Кириллина К.С. Тенденции изменения климата Республики Саха (Якутия) // Вопросы географии Якутии. 2013. Вып. 11. С. 115–121.
11. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / под ред. акад. А.Л. Иванова, В.И. Кирюшина. М.: Россельхозакадемия. 2009. С. 331–342.
12. Абиджанов М.С., Гринько В.К., Назарова С.А. Розбенгал проба в диагностике бруцеллеза животных // Труды УзбНИВИ. 1980. Вып. 30. С. 8–12.
13. Винокуров Н.В. Изучение диагностической эффективности реакции непрямой гемагглютинации при бруцеллезе // Якутский медицинский журнал. 2008. № 4. С. 72–73.

## REFERENCES

1. Khoch A.A., Sleptsov E.S. *Brucellosis of reindeer in Yakutia*. Yakutsk, 2001, 216 p. (In Russian).
2. Fedorov A.I., Iskandarov M.I., Iskandarova S.S. Properties of brucella cultures isolated from reindeer. *Veterinariya = Veterinary medicine*, 2022, no. 5, pp. 20–27. (In Russian).
3. Pappas G., Akritidis N., Bosilkovski M., Tsianos E. Brucellosis. *The New England Journal of Medicine*, 2005, no. 352, pp. 2325–2336.
4. Hurtado R. Brucellosis – new and old issues regarding diagnosis and management. *Harvard education online* (31 октября 2001 г.): <http://www.mgh.harvard.edu/id/images/brucellosis.pdf>.
5. Sleptsov E.S., Vinokurov N.V., Fedorov V.I., Grigoriev I.I., Zakharova O.I. Epizootic state of brucellosis of reindeer in the Republic of Sakha (Yakutia). *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2018, no. 8 (175), pp. 57–61. (In Russian).
6. Zabrodin V.A., Laishev K.A., Gulyukin M.I., Gulyukin A.M., Iskandarov M.I., Sleptsov E.S., Vinokurov N.V., Fedorov V.I., Bochkarev I.I.,

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Петров П.Л.**, руководитель Департамента ветеринарии Республике Саха (Якутия); **адрес для переписки:** Россия, 677001, Республика Саха (Якутия), Якутск, ул. Курашова, 30/1; e-mail: [mr.lukich2010@yandex.ru](mailto:mr.lukich2010@yandex.ru)

**Протожьяконова Г.П.**, доктор ветеринарных наук, декан

- Zakharova O.I. *Brucellosis of deer and some wild animals in the Yenisei North*. Novosibirsk: Publishing house of ANS "SibAK", 2018, 290 p. (In Russian).
7. Sleptsov E.S., Iskandarov M.I., Vinokurov N.V., Plemashov K.V., Pavlova A.I. Analysis of materials on the effectiveness of the use of vaccine strains and systems for the prevention and elimination of brucellosis of animals in the territory of the Russian Federation. *Veterinariya i kormlenie = Veterinaria i kormlenie*, 2020, no. 5, pp. 45–48. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020.
8. Krasikov A.P., Zuev A.V., Ermakova T.V. Epizootological analysis of the main bacterial and viral infectious diseases of cattle in the Omsk region. *Veterinarno-sanitarnye meropriyatiya po preduprezhdeniyu antropozoonozov i nezaraznykh boleznei zhivotnykh = Veterinary and sanitary measures to prevent anthroozoonosis and non-infectious animal diseases*, 2018, pp. 39–47. (In Russian).
9. Panin G.N., Vyruchalkina T.Yu., Solomonova V.I. Regional climatic change in the Northern Hemisphere and their relationship with circulation indices. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem = Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystem*, 2010, Vol. 23, pp. 92–108. (In Russian).
10. Kirillina K.S. Trends in climate change in the Republic of Sakha (Yakutia). *Voprosy geografii Yakutii = Questions of the geography of Yakutia*. Yakutsk, 2013, is. 11, pp. 115–121. (In Russian).
11. *Global climate change and risk forecast in Russian agriculture* / edited by acad. A.L. Ivanova, V.I. Kiryushina M.: Rosselkhozakademiya, 2009, pp. 331–342. (In Russian).
12. Abidzhanov M.S., Grinko V.K., Nazarova S.A. Rozbengal test in the diagnosis of animal brucellosis. *Trudy UzbNIVI = Proceedings of UzbNIVI*, 1980. is. 30. pp. 8–12. (In Russian).
13. Vinokurov N.V. Study of the diagnostic efficiency of the reaction of indirect hemagglutination in brucellosis. *Yakutskii meditsinskii zhurnal = Yakut Medical Journal*, 2008, no. 4, pp. 72–73. (In Russian).

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Petr L. Petrov**, Head of Department of Veterinary Medicine of the Republic of Sakha (Yakutia); **address:** 30/1, Kurashova St., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia; e-mail: [mr.lukich2010@yandex.ru](mailto:mr.lukich2010@yandex.ru)

**Galina P. Protodyakonova**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Dean

Дата поступления статьи / Received by the editors 31.05.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 16.09.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022



## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ РОТОРНОГО ТИПА

✉ Кукаев Х.С.<sup>1</sup>, Асманкин Е.М.<sup>1</sup>, Ушаков Ю.А.<sup>1</sup>, Абдюкаева А.Ф.<sup>1</sup>, Наумов Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет

Оренбург, Россия

<sup>2</sup>Оренбургский институт путей сообщения –

филиал Самарского государственного университета путей сообщения

Оренбург, Россия

✉ e-mail: kxamza@mail.ru

Изучены возможности энергосбережения при работе измельчителя зерна за счет повышения эффективности взаимодействия сырья с рабочими органами машины. Предложен измельчитель роторного типа, в котором частицы сырья разрушаются исключительно ударными воздействиями в процессе первичных ударов элементами вращающегося ротора и последующих вторичных ударов о неподвижные элементы камеры. При этом конструктивные параметры устройства обеспечивают частицам контакты с поверхностями ударных элементов под углами атаки, близкими к прямому углу, что обеспечивает высокую эффективность удара. Таким образом, каждая частица сырья в зоне удара испытывает только два, следующих друг за другом, контакта с ударными элементами, после чего частицы переработанного продукта выводятся из зоны удара. В такой схеме воздействия на сырье энергия ротора используется наиболее рационально. Эффективность работы предлагаемого устройства рассмотрена на основе потерь кинетической энергии, которые происходят при ударе частиц о поверхности рабочих органов. Взаимодействия сырья с элементами ротора и элементами камеры изучены как единый взаимосвязанный процесс, а совокупность ударных элементов ротора и камеры выделены в конструктивную единицу. Найдено аналитическое выражение, определяющее общие энергетические затраты, необходимые для реализации ударных воздействий в предлагаемом устройстве. Также введен критерий, характеризующий эффективность измельчителя в потреблении механической энергии для разрушения сырья ударными воздействиями. По введенному критерию выполнено сравнение эффективности работы предлагаемого устройства и центробежной дробилки, в которой измельчение сырья также осуществляется ударными воздействиями.

**Ключевые слова:** измельчитель зерна, удар, потери энергии, эффективность

## THEORETICAL STUDY OF THE ENERGY EFFICIENCY OF A ROTARY GRINDER

✉ Kukaev Kh.S.<sup>1</sup>, Asmankin E.M.<sup>1</sup>, Ushakov Yu.A.<sup>1</sup>, Abdyukaeva A.F.<sup>1</sup>, Naumov D.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Orenburg State Agrarian University

Orenburg, Russia

<sup>2</sup>Orenburg Railway Engineering Institute – Branch of the Samara State Transport University

Orenburg, Russia

✉ e-mail: kxamza@mail.ru

The possibilities of energy saving in the work of a grain grinder by increasing the efficiency of interaction of raw materials with the working bodies of the machine have been studied. A rotary

grinder, in which the raw material particles are destroyed solely by impact actions in the process of primary impacts by the elements of the rotating rotor and the subsequent secondary impacts on the stationary elements of the chamber, is proposed. In this case, the design parameters of the device provide the particles with contacts with the surfaces of the impact elements at angles of attack close to the right angle, which ensures high impact efficiency. Thus, each raw material particle in the impact zone experiences only two successive contacts with the impact elements, after which the processed product particles are removed from the impact zone. In this scheme of action on the raw material the rotor energy is used most rationally. The effectiveness of the proposed device is considered on the basis of the loss of kinetic energy that occurs when the particles hit the surface of the working bodies. The interaction of the raw material with the rotor and chamber elements is studied as a single interrelated process, and the set of shock elements of the rotor and chamber are allocated as a structural unit. An analytical expression was found that determines the total energy cost required to implement the impact forces in the proposed device. A criterion that characterizes the efficiency of the grinder in the consumption of mechanical energy for the destruction of raw materials by impact forces is also introduced. A comparison of the efficiency of the proposed device and the centrifugal crusher, in which crushing of raw materials is also carried out by impact effects, is performed according to the introduced criterion.

**Keywords:** grain grinder, impact, energy loss, efficiency

**Для цитирования:** Кукаев Х.С., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Абдюкаева А.Ф., Наумов Д.В. Теоретическое исследование энергоэффективности измельчителя роторного типа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 103–110. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-12>

**For citation:** Kukaev Kh.S., Asmankin E.M., Ushakov Yu.A., Abdyukaeva A.F., Naumov D.V. Theoretical study of the energy efficiency of a rotary grinder. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 103–110. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-12>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Среди машин, применяемых для измельчения зернового сырья, широкое распространение получили роторные измельчители. Их популярность обусловлена следующими преимуществами: простота конструкции, надежность, универсальность, легкость в обслуживании. Совершенствование этих машин является актуальной задачей, особенно в аспекте снижения энергопотребления [1–5].

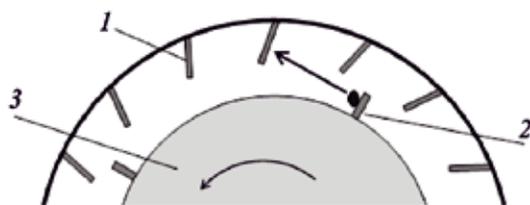
Один из путей совершенствования роторных измельчителей – уменьшение потребляемой энергии за счет повышения эффективности взаимодействия сырья с рабочими органами измельчителя<sup>1</sup> [6–8]. В рабочей камере измельчение сырья происходит в результате ударов элементами вращающегося ротора, а также ударов и истирания частиц

сырья о рабочие поверхности элементов камеры. Особенность работы роторных измельчителей в том, что ударное воздействие элемента ротора не только нагружает частицу, но и одновременно сообщает ей или образовавшимся фрагментам кинетическую энергию, которая затем расходуется при последующем взаимодействии с элементами камеры. Качество взаимодействия частицы с элементом камеры определяется тем, насколько полно используется запас ее энергии, полученной от ротора. В этом аспекте ряд исследователей отмечают, что главными причинами повышенных энергозатрат являются нерациональные потери энергии вследствие некачественных ударных воздействий на сырье, а также его трение об элементы камеры из-за кругового движения. [9, 10].

<sup>1</sup>Денисов В.А. Расчет потребной мощности дробилки центробежноударного действия // Научные труды. Механизация и автоматизация приготовления кормов. М.: ВИЭСХ, 1986. Т. 66. С. 106–122.

Авторами предложен роторный измельчитель, в котором частицы сырья, попадая в рабочую камеру, разрушаются в процессе первичных ударов элементами вращающегося ротора (бил) и последующих вторичных ударов о неподвижные элементы камеры (пластины) под углами атаки, близкими к  $90^\circ$ , что обеспечивает высокую эффективность ударных воздействий (см. рис. 1). При этом сырье подается в камеру перпендикулярно плоскости вращения ротора, и после взаимодействия с пластинами частицы переработанного продукта выводятся из зоны удара. Таким образом, частицы сырья в зоне удара испытывают только два контакта: с сообщением кинетической энергии (при ударе била) и с поглощением энергии (при ударе частицы о пластину). В таком способе измельчения отсутствует трение сырья, разрушение частиц происходит исключительно ударными воздействиями с высокой эффективностью. Следовательно, энергия ротора используется максимально рационально. Удар била полностью определяет последующий удар частицы о пластину, что позволяет рассмотреть и математически формализовать эти удары как единый процесс. В таком случае, била и пластины, соответствующие им, функционируют как единый орган, который можно назвать ударно-отражательной парой [11].

Цель исследования – теоретически изучить энергоэффективность работы предлагаемого измельчителя и найти аналитическое выражение, характеризующее затраты энергии для реализации процесса измельчения.



**Рис. 1.** Рабочие органы измельчителя (1 – пластина, 2 – било, 3 – ротор)

**Fig. 1.** Working bodies of the grain grinder (1 – plate, 2 – beater, 3 – rotor)

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Известно, что суммарная кинетическая энергия тел после столкновения оказывается меньше, чем до него<sup>2</sup>. Потери энергии связаны с рядом возникающих при ударе физических процессов, в числе которых – деформация тел и развитие в их объемах дефектов (трещин и т.п.). Если целью удара является разрушение одного из сталкивающихся тел, то потери кинетической энергии косвенно показывают результативность удара. Тогда отношение потерь кинетической энергии к общим затратам энергии для реализации удара можно использовать в качестве критерия эффективности работы устройства, осуществляющего измельчение ударом.

Во взаимодействии сырья с ударно-отражательной парой общие потери кинетической энергии можно представить как сумму потерь энергии при взаимодействии с биллом и при взаимодействии с пластиной. Будем считать, что все контакты частиц с поверхностями рабочих органов измельчителя происходят под прямым углом. В этом случае потери кинетической энергии  $\Delta T$  можно найти по формуле (см. сноску 2)

$$\Delta T = (1 - k^2) \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}, \quad (1)$$

где  $m_1, m_2$  – массы сталкивающихся тел, кг;  $v_1, v_2$  – скорости тел до соударения, м/с;  $k$  – коэффициент восстановления.

Рассмотрим взаимодействие била и частицы. Пусть  $M$  – масса била кг,  $m$  – масса частицы, кг,  $v$  – линейная скорость била, м/с. Начальная скорость частицы перед ударом намного меньше скорости била, поэтому для простоты примем ее равной нулю. Применим (1) для данного случая, тогда выражение потерь кинетической энергии при ударе била  $\Delta T_б$  примет следующий вид:

$$\Delta T_б = (1 - k^2) \frac{Mmv^2}{2(M + m)}. \quad (2)$$

Поскольку било жестко закреплено к ротору, то при контакте с частицей участвует большая часть массы ротора. Следовательно, масса частицы много меньше массы била

<sup>2</sup>Яблонский А.А. Курс теоретической механики: учебник для вузов /А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. М.: Интеграл-Пресс, 2006. 608 с.

( $m \ll M$ ) и в знаменателе выражения (2) его можно пренебречь, а массу била сократить:

$$\Delta T_6 = (1 - k^2) \frac{mv^2}{2}. \quad (3)$$

После контакта с биллом частица может уцелеть или разрушиться на части. Во втором случае фрагменты разрушенной частицы отлетают от била, образуя конус разлета. Для упрощения будем считать, что фрагменты после удара имеют одинаковую скорость и движутся в направлении пластины вдоль центральной оси конуса разлета. Будем также полагать, что взаимодействие всех фрагментов частицы с пластиной эквивалентно соответствующему взаимодействию самой частицы, если бы она уцелела.

Скорость  $u$ , которую частица приобретает после удара била, можно найти, используя известное выражение (см. сноску 2)

$$u = v_2 + (1 + k) \frac{m_1(v_1 - v_2)}{(m_1 + m_2)}, \quad (4)$$

которое с учетом  $v_1 = v$ ,  $v_2 = 0$ ,  $m_1 = M$ ,  $m_2 = m$ ,  $m \ll M$  примет следующий вид:

$$u = (1 + k)v. \quad (5)$$

Положим, что скорость частицы  $u$  сохраняется до момента ее контакта с неподвижной пластиной массой  $M_{\text{п}}$ . Применим выражение (1) для нахождения потерь кинетической энергии  $\Delta T_{\text{п}}$  при ударе частицы о пластину

$$\Delta T_{\text{п}} = (1 - k^2) \frac{mM_{\text{п}}u^2}{2(m + M_{\text{п}})}. \quad (6)$$

Пластина закреплена к корпусу камеры, следовательно  $m \ll M_{\text{п}}$  и массой частицы в знаменателе можно пренебречь:

$$\Delta T_{\text{п}} = (1 - k^2) \frac{mu^2}{2}. \quad (7)$$

Необходимо учесть, что коэффициент восстановления в общем случае зависит от многих факторов, в том числе и от скорости удара. На основе проведенных экспериментов с различными зерновыми культурами

С.В. Зверев предложил следующую функциональную зависимость<sup>3,4</sup>:

$$k = A - Bv - C\phi, \quad (8)$$

где  $A, B, C$  – эмпирические коэффициенты,  $v$  – скорость удара, м/с;  $\phi$  – влажность зерна, %.

По формуле (5) скорость столкновения частицы с пластиной больше, чем при столкновении с биллом и, следовательно, в этих контактах разные коэффициенты восстановления. Положим, что эмпирические коэффициенты  $A, B, C$  постоянны, а влажность зерна  $\phi$  фиксирована.

Обозначим коэффициенты восстановления при контактах с биллом  $k$  и пластиной  $k_2$ :

$$\begin{cases} k = A - Bv - C\phi; \\ k_2 = A - Bu - C\phi. \end{cases} \quad (9)$$

Во второе уравнение системы подставим формулу (5) и коэффициент  $A$ , выраженный из первого уравнения. Выполнив преобразования, получим:

$$k_2 = k(1 - Bv). \quad (10)$$

Введем обозначение:  $\delta = 1 - Bv$ , тогда

$$k_2 = \delta k. \quad (11)$$

Определим потери кинетической энергии  $\Delta T_{\text{п}}$  при контакте с пластиной, для чего преобразуем выражение (7) с учетом формул (5) и (11):

$$\begin{aligned} \Delta T_{\text{п}} &= (1 - k_2^2) \frac{mu^2}{2} = (1 - \delta^2 k^2) \frac{mu^2}{2} = \\ &= (1 - \delta^2 k^2) \frac{m}{2} (1 + k)^2 v^2 = \\ &= \frac{mv^2}{2} (1 - \delta^2 k^2) (1 + 2k + k^2); \end{aligned} \quad (12)$$

$$\Delta T_{\text{п}} = \frac{mv^2}{2} (1 + 2k + (1 - \delta^2)k^2 - 2\delta^2 k^3 - \delta^2 k^4). \quad (13)$$

Теперь найдем общие потери кинетической энергии  $\Delta T$  при взаимодействии частицы с ударно-отражательной парой. Для этого сложим выражения (3) и (13) и после преобразований получим:

<sup>3</sup>Зверев С.В. Зверева Н.С. Физические свойства зерна и продуктов его переработки: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 260601 (170600) "Машины и аппараты пищевых производств" направления подготовки дипломированного специалиста 260600 (655800) "Пищевая инженерия". ООО "ДеЛи принт", 2007. 175 с.

<sup>4</sup>Совершенствование процесса измельчения компонентов комбикормов / Л.А. Глебов и др. М.: ЦНИИТЭИ Минхлебопродукта СССР, 1988. 51 с.

$$\Delta T = mv^2 \left( 1 + k - \frac{\delta^2 k^2}{2} - \delta^2 k^3 - \frac{\delta^2 k^4}{2} \right). \quad (14)$$

Затраты энергии, необходимые для реализации контактов частицы с рабочими органами ударно-отражательной пары, равны затратам механической энергии ротора при взаимодействии била и частицы. После удара энергия ротора уменьшается на величину  $W$ , равную сумме потерь кинетической энергии при ударе била  $\Delta T_6$  и изменения кинетической энергии  $\Delta E$  частицы:

$$W = \Delta T_6 + \Delta E. \quad (15)$$

До контакта с биллом скорость частицы незначительна, примем ее равной нулю. Тогда изменение кинетической энергии равно кинетической энергии, приобретенной частицей сразу после удара:

$$\Delta E = \frac{mv^2}{2}. \quad (16)$$

С учетом выражения (5) последняя формула примет вид:

$$\Delta E = \frac{mv^2}{2} (1 + k)^2. \quad (17)$$

Подставим в формулу (15) выражения (3) и (17) и, выполнив необходимые преобразования, получим окончательное выражение, определяющее затраты энергии, связанные с процессом реализации измельчения сырья в ударно-отражательной паре:

$$W = mv^2 (1 + k). \quad (18)$$

Введем понятие коэффициента поглощения энергии (КПЭ) как величину, равную отношению общих потерь кинетической энергии при ударных воздействиях к затратам энергии на их реализацию, и обозначим  $\gamma$ . Значение КПЭ показывает долю от затраченной механической энергии, которая преобразовалась в другие виды энергии, связанные в том числе с разрушением частиц. Соответственно, для ударно-отражательной пары  $\gamma$  находится, как отношение  $\Delta T$  к  $W$ :

$$\gamma = \frac{\Delta T}{W}. \quad (19)$$

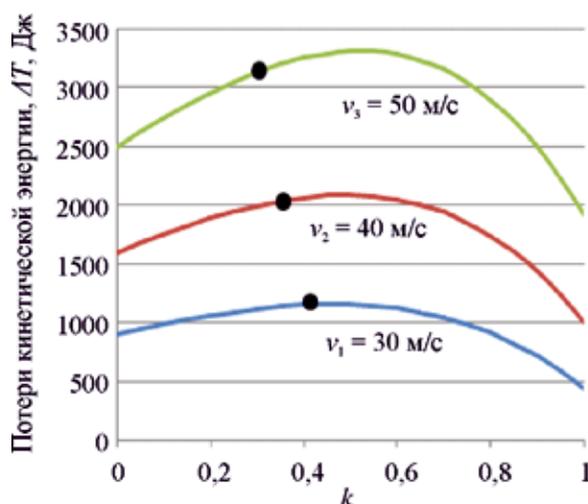
С учетом формул (14) и (18) выражение  $\gamma$  для ударно-отражательной пары примет вид:

$$\gamma = \frac{\left( 1 + k - \frac{\delta^2 k^2}{2} - \delta^2 k^3 - \frac{\delta^2 k^4}{2} \right)}{(1 + k)}. \quad (20)$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Соотношение (14) позволяет выполнить анализ зависимости общих потерь кинетической энергии от коэффициента восстановления при взаимодействии сырья с ударно-отражательной парой  $\Delta T(k)$ . На рис. 2 представлены теоретические графики  $\Delta T(k)$ , построенные при различных значениях скорости била (30, 40, 50 м/с) в расчете на единицу массы сырья ( $m = 1$  кг). Наличие экстремумов свидетельствует о том, что при определенных значениях коэффициента восстановления  $k$  общие потери кинетической энергии будут максимальны для данной скорости била. Однако коэффициент восстановления является функцией скорости [см. выражение (8)], поэтому для данной скорости соответствует определенный коэффициент восстановления, определяющий значение общих потерь энергии (на графиках отмечены точками), и он не соответствует максимуму кривой  $\Delta T(k)$ .

Выражение (18) позволяет определить энергетические затраты, связанные с про-



**Рис. 2.** Графики зависимостей общих потерь кинетической энергии  $\Delta T(k)$  при взаимодействии сырья с ударно-отражательной парой  
**Fig. 2.** Graphs of dependences of the total losses of kinetic energy  $\Delta T(k)$  during the interaction of raw materials with an impact-reflective pair

цессом измельчения сырья, а КПЭ [см. выражение (19)] показывает, насколько эффективно при этом используется затраченная энергия. Понятие КПЭ можно использовать в качестве критерия для сравнения эффективности работы устройств, осуществляющих измельчение ударным способом.

Известно, что разрушение сырья ударными воздействиями осуществляется также и в центробежных дробилках, но по сравнению с роторными измельчителями они характеризуются низкими показателями потребления энергии<sup>5</sup> [12]. Определим КПЭ для центробежной дробилки и сравним его с КПЭ ударно-отражательной пары. В центробежной дробилке частицы сырья ускоряются разгонным диском и отбрасываются на неподвижные отбойные элементы, где разрушаются от удара. Пусть контакты частиц с поверхностями отбойных элементов происходят под прямым углом. Тогда потери кинетической энергии определяются выражением

$$\Delta T_{\text{уд}} = (1 - k^2) \frac{mv^2}{2}, \quad (21)$$

где  $m$  – соответственно масса, кг;  $v$  – скорость частицы (м/с), разогнанной диском.

Затраты энергии для реализации удара в центробежной дробилке складываются из сообщенной частицы кинетической энергии и работы по преодолению трения частицы на лопатке разгонного диска:

$$W_{\text{уд}} = \frac{mv^2}{2} + A. \quad (22)$$

Если не учитывать трение на лопатке, то работа по преодолению трения равна нулю ( $A = 0$ ) и выражение КПЭ для центробежной дробилки примет вид:

$$\gamma_{\text{уд}} = \frac{\Delta T_{\text{цб}}}{W_{\text{уд}}} = 1 - k^2. \quad (23)$$

Анализ выражений (20) и (23) показал, что для всех возможных значений коэффициента восстановления  $k \in [0,1]$  справедливо неравенство

$$\gamma \geq \gamma_{\text{уд}}. \quad (24)$$

Следовательно, ударно-отражательная

пара затрачивает механическую энергию эффективнее, чем центробежная дробилка даже без учета трения в последней. Графики зависимостей КПЭ ударно-отражательной пары при различных скоростях била (кривые 1, 2, 3) находятся близко друг от друга (см. рис. 3). Это означает, что эффективность работы ударно-отражательной пары не зависит от режима работы. При  $k = 0$  (неупругие удары) КПЭ ударно-отражательной пары и центробежного измельчителя без трения на лопатках (кривая 4) равны максимально возможному значению – единице. С ростом  $k$  от 0 до 1 КПЭ как центробежной дробилки, так и ударно-отражательной пары, монотонно уменьшаются. КПЭ центробежной дробилки, в которой учитываются затраты на трение, будет, очевидно, меньше, чем у дробилки без трения при любом значении  $k$  (кривая 5).

Подставив формулу (8) в выражения (20) и (23), можно получить соответствующие зависимости КПЭ от скорости: для ударно-отражательной пары  $\gamma(v)$  и центробежной дробилки  $\gamma_{\text{уд}}(v)$  без трения. Выражения функций  $\gamma(v)$  и  $\gamma_{\text{уд}}(v)$  здесь не приводятся из-за их величины, но представлены их теоретические графики (см. рис. 4). Они показывают правильность соотношения

$$\gamma(v) \geq \gamma_{\text{уд}}(v) \quad (25)$$

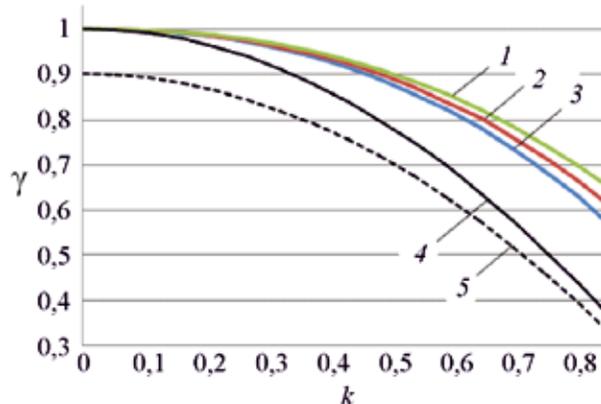
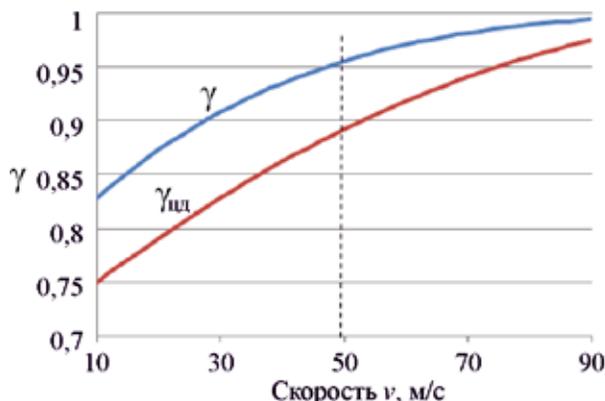


Рис. 3. Графики зависимостей  $\gamma(k)$  ударно-отражательной пары (1 – 30 м/с, 2 – 40 м/с, 3 – 50 м/с) и центробежной дробилки  $\gamma_{\text{уд}}(k)$  (4, 5)

Fig. 3. Graphs of dependences  $\gamma(k)$  of an impact-reflective pair (1 – 30 m/s, 2 – 40 m/s, 3 – 50 m/s) and a centrifugal crusher  $\gamma_{\text{уд}}(k)$  (4, 5)

<sup>5</sup>Золотарев С.В. Ударно-центробежные измельчители фуражного зерна (основы теории и расчета). Барнаул: ГИПП «Алтай», 2001. 200 с.



**Рис. 4.** Графики зависимостей КПЭ для ударно-отражательной пары  $\gamma(v)$  и для центробежной дробилки  $\gamma_{цд}(v)$  без учета трения

**Fig. 4.** Graphs of dependences of the energy absorption coefficient for the impact-reflective pair  $\gamma(v)$  and for the centrifugal crusher  $\gamma_{цд}(v)$  without friction

для любых значений скоростей, реализуемых на практике. Например, расчеты, выполненные при скорости била  $v = 50$  м/с, показали, что различие между  $\gamma(v)$  и  $\gamma_{цд}(v)$  составляет около 0,07 (7%). Но с учетом трения кривая  $\gamma_{цд}(v)$  окажется гораздо ниже  $\gamma(v)$ , а разница между  $\gamma(v)$  и  $\gamma_{цд}(v)$  станет существенной. Следует отметить, что ударно-отражательная пара противопоставляется такой центробежной дробилке, в которой скорость столкновения частиц с отбойными элементами равна скорости движения била ударно-отражательной пары. В расчетах и графиках (см. рис. 2–4) положены эмпирические коэффициенты (см. сноску 3):  $A = 0,66$ ;  $B = 0,0043$ ;  $C = 0,009$  для ячменя при влажности  $\varphi = 13\%$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Найдено аналитическое выражение для определения энергетических затрат, связанных с измельчением сырья в рабочей зоне ударно-отражательной пары предлагаемого измельчителя. Введен критерий, характеризующий эффективность устройства в затратах энергии для разрушения сырья ударными воздействиями. На основе данного критерия показано преимущество предлагаемого измельчителя в энергоэффективности по сравнению с центробежными дробилками, которые, как правило, характеризуются низкими значениями потребляемой энергии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искендеров Р.Р., Лебедев А.Т. Молотковые дробилки: достоинства и недостатки // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 1 (17). С. 27–30.
2. Баранов Н.Ф., Фарафонов В.Г., Лопатин Л.А. Исследование взаимодействия частиц с рабочими органами молотковой дробилки // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 4–11.
3. Созонтов А.В., Лопатин Л.А. Исследование и оптимизация рабочего процесса дробилки зерна ударного действия // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6 (85). С. 27–36.
4. Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Миронов К.Е. Исследование взаимодействия зерна с лопастями ротора дробилки закрытого типа // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 26–34.
5. Zhao X., Zhou H., Rong S. Research on the New Combined Type Crusher Hammer // International Conference on Advanced Engineering Materials and Architecture Science. 2014. Vol. 488–489. P. 1160–1164.
6. Ushakov Y., Shakhov V., Asmankin E., Naumov D. Theoretical study results of product flow management process in hammer-type shredder working chamber // Engineering for Rural Development. 2019. P. 185–191. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N231.
7. Федоренко И.Я., Смышляев А.А., Левин А.М. Энергетические соотношения при ударном измельчении зерна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. № 11. С. 31–32.
8. Якименко А.В., Вараксин А.В. О коэффициенте полезного действия измельчителей зерна // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 6. С. 17–18.
9. Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Абдюкаева А.Ф., Наумов Д.В. Кинематические и динамические аспекты взаимодействия ингредиентных частиц с функциональными элементами рабочей камеры измельчителя зернового материала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 87–89.
10. Асманкин Е.М., Петров А.А., Абдюкаева А.Ф., Наумов Д.В., Фёдоров А.Н. Пути развития машин для измельчения зерновой массы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 79–81.
11. Кукаев Х.С., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Шахов В.А., Абдюкаева А.Ф. Энергосберегающий способ ударного измельчения зерновых материалов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). С. 162–166. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-162-166.

12. Труфанов В.В., Опрышко В.М., Ляпин В.В. Центробежный измельчитель // Сельский механизатор. 2008. № 4. С. 40.

## REFERENCES

1. Iskenderov R.R., Lebedev A.T. Hammer crushers: advantages and disadvantages. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*, 2015, no. 1 (17), pp. 27–30. (In Russian).
2. Baranov N.F., Farafonov V.G., Lopatin L.A. Investigation of particle interaction with the working bodies of a hammer mill. *Permskii agrarnyi vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2018, no. 3 (23), pp. 4–11. (In Russian).
3. Sozontov A.V., Lopatin L.A. Investigation and optimization of the working process of the crusher grain percussion. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2018, no. 6 (85), pp. 27–36. (In Russian).
4. Bulatov S.Yu., Nechaev V.N., Mironov K.E. Investigation of grain interaction with rotor of rotary closed type crusher. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2017, no. 8 (75), pp. 26–34. (In Russian).
5. Zhao X., Zhou H., Rong S. Research on the New Combined Type Crusher Hammer // International Conference on Advanced Engineering Materials and Architecture Science, 2014, vol. 488–489. pp. 1160–1164.
6. Ushakov Y., Shakhov V., Asmankin E., Naumov D. Theoretical study results of product flow management process in hammer-type shredder working chamber. *Engineering for Rural Development*, 2019, pp. 185–191. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N231.
7. Fedorenko I.Ya., Smyshlyaev A.A., Levin A.M. Energy ratios in impact grinding of grain. *Mekha-*

*nizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva = Mechanization and Electrification of Agriculture*, 2002, no 11, pp. 31–32. (In Russian).

8. Yakimenko A.V., Varaksin A.V. About efficiency of grain crushung. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve = Agricultural machinery*, 2007, no. 6, pp. 17–18. (In Russian).
9. Asmankin E.M., Ushakov Yu.A., Abdyukaeva A.F., Naumov D.V. Kinematic and dynamic aspects of ingredient particles interaction with functional elements of the grain mill working chamber. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2017, no. 3 (65), pp. 87–89. (In Russian).
10. Asmankin E.M., Petrov A.A., Abdyukaeva A.F., Naumov D.V., Fedorov A.N. Ways of improvement the machines for grain mass grinding. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2017. no. 2 (64), pp. 79–81. (In Russian).
11. Kukaev Kh.S., Asmankin E.M., Ushakov Yu.A., Shakhov V.A., Abdyukaeva A.F. Energy-saving method of impact milling for cereals. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2021, no. 3 (89), pp. 162–166. (In Russian). DOI 10.37670/2073-0853-2021-89-3-162-166.
12. Trufanov V.V., Opryshko V.M., Lyapin V.V. Centrifugal grinder. *Sel'ckii mekhanizator = Selskiy Mechanizator*, 2008, no. 4, p. 40. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Кукаев Х.С.**, аспирант; адрес для переписки: 460014, Россия, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18; e-mail: kxamza@mail.ru

**Асманкин Е.М.**, доктор технических наук, профессор

**Ушаков Ю.А.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

**Абдюкаева А.Ф.**, кандидат технических наук, доцент

**Наумов Д.В.**, кандидат технических наук, доцент

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Khamza S. Kukaev**, Postgraduate Student; address: 18, Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014, Russia; e-mail: kxamza@mail.ru

**Evgeny M. Asmankin**, Doctor of Science in Engineering, Professor

**Yuriy A. Ushakov**, Doctor of Science in Engineering, Professor, Department Head

**Alfiya F. Abdyukaeva**, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

**Denis V. Naumov**, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.05.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.09.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПШЕНИЦЫ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

✉ Ермохин В.Г., Солошенко В.А., Соловьев К.А.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук*  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: v\_ermohin\_56@mail.ru

Для решения задачи органического производства продукции регионального животноводства и создания соответствующей кормовой базы необходимым этапом является концептуальное обоснование перечня основного кормового сырья, перспективного для реализации органических технологий в Сибири. Представлены результаты обоснованности применения модифицированной фуражной пшеницы в органическом производстве продукции животноводства. Предложены пути преобразования пшеницы, обеспечивающие повышение эффективности использования ее в кормлении животных. В задачи исследований входило изучение агротехнических возможностей возделывания пшеницы в Сибири по правилам органического производства, оценка масштабности использования ее на кормовые цели, определение аминокислотного состава региональных сортов пшеницы, обоснование эффективности получения из нее кормовой добавки, оценка возможности применения новой добавки в рационах животных, содержащихся по правилам органического производства. Урожайность яровой пшеницы, возделанной в Сибири по пару и нормам органического производства, составляет от урожайности пшеницы, возделываемой по обычной интенсивной технологии, в среднем 62,5%. Потеря 38% урожая, обусловленная органической технологией, может быть восполнена за счет увеличения площади ее посевов. Средние значения содержания нормируемых аминокислот в пшенице исследованных 82 районированных сортов сибирской селекции меньше справочных значений. Из пшеницы получена экспериментальная кормовая добавка с содержанием лизина порядка 20 г/кг в пересчете на сухое вещество. Это сопоставимо с содержанием лизина в мясокостной муке, шроте подсолнечном – традиционных белковых ингредиентах сибирских комбикормов для моногастричных животных, но не включенных в перечень сырья, разрешенного к использованию в органическом животноводстве. С использованием полученной добавки составлены полнорационные комбикорма для молодняка свиней и птицы. Экспериментально установлено положительное влияние полученной добавки из пшеницы на продуктивность подопытных животных, содержащихся по правилам органического производства.

**Ключевые слова:** органическое производство продукции животноводства, пшеница, добавка из пшеницы, нормируемые аминокислоты, лизин

## EFFICIENCY OF WHEAT USE IN ORGANIC ANIMAL HUSBANDRY

✉ Ermokhin V.G., Soloshenko V.A., Soloviev K.A.

*Siberian Federal Research Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences*  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: v\_ermohin\_56@mail.ru

Conceptual justification of the basic feed raw materials list which is promising for the implementation of organic technologies in Siberia is a necessary step to solve the problem of organic production of regional livestock and the creation of an appropriate feed base. The results of the validity of

the use of wheat in the organic production of livestock products are presented. The ways of transforming wheat to improve the efficiency of its use in animal feed are proposed. The objectives of the research included studying the agronomic possibilities of wheat cultivation in Siberia according to the rules of organic production, assessing the scale of its use for fodder purposes, determining the amino acid composition of regional wheat varieties, justifying the effectiveness of obtaining a feed additive from it, assessing the possibility of using the new additive in the diets of animals kept according to the rules of organic production. The yield of spring wheat cultivated in Siberia on fallow and organic production norms is 62.5% on average of the yield of wheat cultivated on conventional intensive technology. The loss of 38% of the yield due to organic technology can be compensated by increasing the area of its crops. The average values of the content of normalized amino acids in wheat of the studied 82 released varieties of Siberian breeding are less than the reference values. An experimental feed additive with a lysine content of about 20 g/kg in terms of dry matter was obtained from wheat. This is comparable with the lysine content in meat and bone meal, sunflower oil meal - traditional protein ingredients of Siberian feed for monogastric animals, but not included in the list of raw materials permitted for use in organic animal husbandry. Using the obtained additive full-fat mixed fodder for young pigs and poultry were composed. Positive effect of the obtained wheat additive on the productivity of experimental animals kept under the rules of organic production was experimentally established.

**Keywords:** organic production of livestock products, wheat, wheat additive, normalized amino acids, lysine

**Для цитирования:** Ермохин В.Г., Солошенко В.А., Соловьев К.А. Эффективность использования пшеницы в органическом животноводстве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 111–121. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-13>

**For citation:** Ermokhin V.G., Soloshenko V.A., Soloviev K.A. Efficiency of wheat use in organic animal husbandry. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 111–121. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-13>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Комитетом Государственной Думы по аграрным вопросам Российской Федерации разработан межгосударственный стандарт ГОСТ 33980–2016<sup>1</sup> «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации». Новый ГОСТ соответствует основным нормативным положениям международного стандарта Кодекса Алиментариус САС/GL 32-1999 и введен в действие на территории Российской Федерации с 1 января 2018 г.

Можно констатировать, что государство в целях повышения качества жизни населения, его долголетия определило перспективным создание и реализацию продуктов питания органического производства. Такая задача для агропромышленного комплекса России во всех аспектах нова и вследствие

этого привлекательна как для науки, так и для отечественного рынка.

Проводимые в стране новейшие исследования в области органического производства можно оценивать как положительные предпосылки успешного создания отечественной органической продукции [1–6].

Объективные трудности практического выполнения норм и правил ГОСТ 33980–2016 состоят в том, что этот нормативный документ содержит ряд существенных ограничений. Применительно к обозначенной теме выполняемой работы основными ограничениями (обозначенными в ГОСТ 33980–2016) являются следующие:

- применение минеральных азотных удобрений не допускается (п. 5.1.4);
- не допускается использование синтетических гербицидов (п. 5.1.5);

<sup>1</sup>ГОСТ 33980–2016. Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации. М.: Стандартинформ, 2016. 41 с.

– не допускается использование синтетических аминокислот (п. 6.11.5).

В перечне кормового сырья (обязательное Приложение Д [1]), разрешенного к использованию в органическом животноводстве, отсутствуют:

- шроты;
- мясное (мясокостное) сырье.

Вместе с тем следует отметить, что в перечень кормовых добавок и некоторых веществ, используемых в кормлении животных (обязательное Приложение Е), включены ферменты (п. Е.1.2).

Современной науке прежде, чем перейти на перечисленные ограничения производства сельскохозяйственной продукции, целесообразно провести комплексные исследования совместно с медиками и экономистами, чтобы оценить достоинства и эффективность продукции органического производства.

Учитывая, что шроты (соевый, подсолнечный), мука мясокостная, а также в последнее время и синтетические аминокислоты широко применяются в животноводстве<sup>2-4</sup>, необходимо предложить адекватную (сопоставимую) им по качеству замену. Нужна такая кормовая добавка, которую, во-первых, возможно производить в Сибири, во-вторых, она должна соответствовать нормам ГОСТ 33980–2016, в-третьих, являться результативной в кормлении животных.

Цель работы – определить перспективное кормовое сырье для получения в Сибири животноводческой продукции органического производства и предложить пути его рационального использования.

Рабочая гипотеза: пшеница является перспективным региональным сельскохозяйственным сырьем для получения органических кормовых добавок соответствующего качества (аминокислотного, легкодоступного углеводного состава).

Задачи исследований:

– изучить агротехнические возможности возделывания в Сибири пшеницы по правилам органического производства;

– оценить возможность производства и использования существенных объемов пшеницы глубокой переработки на внутреннем рынке для кормления животных;

– определить аминокислотный состав сортов пшеницы, районированных в Западной Сибири, оценить целесообразность селекции ее по аминокислотному содержанию;

– предложить метод получения из пшеницы кормовой добавки, ожидаемо эффективной в органическом производстве продукции животноводства;

– расчетно оценить возможность применения новой добавки при формировании рационов для животных, содержащихся по технологии органического производства;

– экспериментально исследовать предпосылки использования аминокислотной добавки из пшеницы в кормлении животных с учетом норм и правил органического производства.

Пшеница – самая распространенная зерновая культура как в Сибири, так и в целом в России<sup>5</sup>. За последние годы пшеницей полностью обеспечены все потребности внутреннего рынка России, так что существенная часть ее ежегодно реализуется за рубеж.

Пшеница в стране есть, ее производство прогнозируемо и достаточно стабильно. Однако речь идет о потенциальном увеличении расхода пшеницы на внутреннем рынке в больших объемах, поэтому необходима оценка рациональности использования пшеницы в органическом производстве продукции животноводства.

Ничего нового в применении пшеницы в составе зерносмесей для кормления животных нет. В современном сельском хозяйстве она повсеместно используется на фуражные цели. Например, рекомендуемое содержание пшеницы в рецептах полнорационных комбикормов для свиней, мясной птицы составляет соответственно до 25–45% (см. сноску 4). По рекомендациям ВИЖ, содержание

<sup>2</sup>Справочник сибирского животновода / СО РАСХН, СибНИПТИЖ; под ред. М.Д. Чамухи, А.С. Донченко. Новосибирск, 2000. 220 с.

<sup>3</sup>Фисинин В.И., Егоров И.А., Драганов И.Ф. Кормление сельскохозяйственной птицы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 344 с.

<sup>4</sup>Новое в кормлении животных: справочное пособие / под общ. ред. В.И. Фисинина. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 788 с.

<sup>5</sup>Каишеваров Н.И. Проблемные вопросы сельского хозяйства и кормопроизводства. Новосибирск, 2016. 106 с.

пшеницы в комбикормах для высокопродуктивных лактирующих коров составляет от 15,5 до 26,0%<sup>6</sup>.

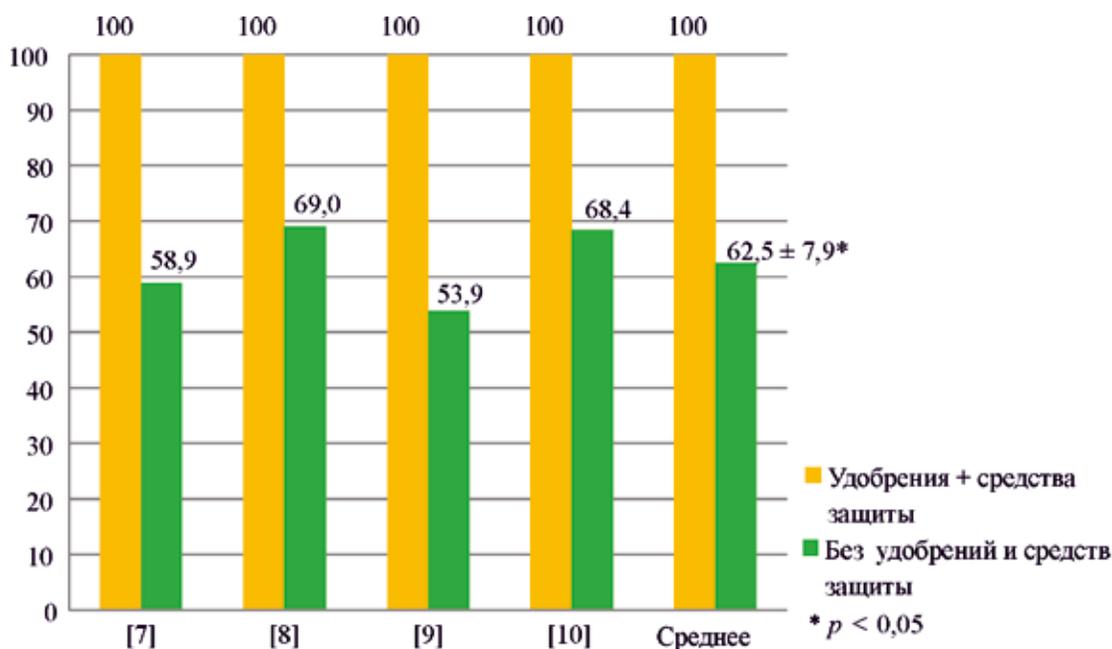
Поскольку в органическом производстве пшеницу, как и любое другое растениеводческое сырье, необходимо возделывать без использования минеральных азотных удобрений и синтетических гербицидов, проведен анализ литературных материалов о возможности получения пшеницы по правилам органического производства.

По результатам опубликованных современных экспериментальных исследований ведущих ученых Сибири [7–10] установлено, что в регионе производство пшеницы, соответствующей нормам органического производства (см. сноску 1), возможно: урожайность яровой пшеницы, возделываемой по пару по нормам органического производства (т.е. без минеральных азотных удобрений и синтетических гербицидов), составляет от пшеницы, возделываемой по обычной интенсивной технологии, в среднем 62,5% (см. рис. 1).

Очевидно, что такой результат положителен и открывает технологическую возможность использования пшеницы в Сибири на цели органического производства.

Вместе с тем следует учесть, что реальные успехи органического производства в растениеводстве России во многом зависят от результативности борьбы (разрешенными для органического производства методами и средствами) с зараженностью зерновых микотоксинами. Исследования в этом направлении в стране проводили [11–16], но радикально положительных результатов в этом серьезном вопросе пока не получено.

Если рассматривать предложение более объемного расхода пшеницы на фуражные цели, учитывая, что в мире, по данным ВОЗ, около 800 млн чел. голодают, возникает вопрос: насколько этично увеличить внутри России расход пшеницы для кормления сельскохозяйственных животных, в то время, когда значительная часть мирового населения голодает?



**Рис. 1.** Соотношение урожайности яровой пшеницы в Сибири по пару при различных вариантах применения минеральных (азотных) удобрений и средств защиты растений (гербицидов), %. [7], [8], [9], [10] – литературные источники, из которых взяты данные.

**Fig. 1.** Yield ratio of spring wheat in Siberia by fallow at different variants of mineral (nitrogen) fertilizers and plant protection agents (herbicides), %. [7], [8], [9], [10] - literature sources from which the data were taken.

<sup>6</sup>Особенности кормления молочных коров с удоем 8000–10000 кг молока: аналит. обзор / А.В. Головин, С.В. Воробьева, Н.П. Перлов, А.С. Аникин. Дубровицы: Россельхозакадемии, 2013. 56 с.

Для ответа на поставленный вопрос проведён макроанализ состояния по обеспечению мирового населения продовольствием. При современном мировом населении 7 млрд 812 млн чел. валовое годовое производство только по пяти злаково-бобовым культурам составляет около 3 млрд 240 млн т (кукуруза – 1 млрд 102 млн т, пшеница – 761 млн, рис – 509 млн, соя – 343 млн, ячмень – 154 млн т). Этого продовольствия (после учета переходящих запасов и съедобной части продуктов), по расчетам, достаточно для обеспечения в среднем на каждого жителя планеты в день более 2800 ккал энергии и примерно 120 г белка. Такое общее количество белка мирового интегрированного зернового продукта (кукуруза, пшеница, рис, соя, ячмень) обеспечивает (в соответствии с теорией академика Н.Н. Липатова<sup>7</sup> и эталоном белка ФАО/ВОЗ<sup>8</sup>) порядка 74 г белка в сутки, который утилизируется организмом человека. Если учесть, что российская норма потребления белка в сутки для взрослого человека составляет от 70 г, а энергопотребление от 2100 ккал<sup>9</sup>, то однозначно напрашивается вывод: существующее голодание значительной части зарубежного населения не имеет под собой биологической основы, а обусловлено исключительно несовершенством существующего социально-политического и технологического мироустройства. Полученный вывод позволяет надеяться на этичность, даже в условиях ныне действующих по отношению к РФ санкций «коллективного запада», потенциального масштабного использования российской пшеницы в отечественном органическом производстве продукции животноводства.

Оценка качества кормов обязательно учитывает их белковую (протеиновую) питательность. При этом в современном живот-

новодстве, по мнению академика В.И. Фисинина, под протеиновой питательностью следует понимать свойства кормов удовлетворять потребность животных в аминокислотах (см. сноску 4). В известном смысле, говоря о белке (протеине), мы подразумеваем аминокислоты, говоря об аминокислотах, – подразумеваем белок, поэтому более правильно учитывать аминокислотную составляющую всех применяемых кормов, в том числе и фуражной пшеницы.

Известно, что для мясной птицы лимитирующими незаменимыми аминокислотами являются метионин и лизин, для свиней – лизин, треонин и метионин (см. сноску 4), для высокопродуктивных лактирующих коров – метионин (см. сноску 6). В связи с этим содержание данных незаменимых аминокислот в кормах необходимо знать и учитывать при составлении соответствующих рационов.

Если такое состояние дел требует учета аминокислотного содержания пшеницы, используемой на корм животным, то традиционный анализ состава сортов пшеницы (и других злаковых, бобовых культур), как правило, не учитывает содержание в них аминокислот. Возникает противоречие: в современной зоотехнии признана целесообразность учета аминокислотного состава пшеницы, тогда как в агрономической практике такой учет не распространен. В связи с этим селекционные работы по кормовым культурам целесообразно проводить, учитывая не только урожайность данных культур, но и их функциональные элементы белка.

Предполагая, что сорта пшеницы имеют различное аминокислотное содержание, выполнен анализ по аминокислотному составу районированных в Западной Сибири сортов пшеницы. Основные районированные сорта

<sup>7</sup>Липатов Н.Н. Некоторые аспекты моделирования аминокислотной сбалансированности пищевых продуктов // Пищ. и перераб. пром-сть, 1986. С. 48–52.

<sup>8</sup>Энергетические и белковые потребности. Серия технических докладов № 522. Серия докладов совещаний ФАО по питанию № 52. Доклад Специального объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 1974. 143 с.

<sup>9</sup>Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. 2008. 41 с.

пшеницы ведущих оригинаторов в зоне Западной Сибири: Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции (СибНИИРС) – филиала Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск), Федерального научного центра агробиотехнологий (ФАНЦА) (Барнаул), Омского аграрного научного центра, а также Омского ГАУ – на договорной основе исследованы в Комплексном аналитическом центре Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН) на аминокислотное содержание. Исследования проведены по 82 сортам пшеницы.

Предварительный анализ показал следующие результаты:

- средние значения содержания нормируемых аминокислот исследуемых сортов пшеницы сибирской селекции менее справочных значений содержания аминокислот в пшенице (лизина в среднем на 24,4%, метионина – на 38,9, треонина – на 26,1%);

- некоторые сорта пшеницы сибирской селекции отличаются более высоким содержанием нормируемых аминокислот.

По результатам предварительных испытаний сорт Новосибирская 32 (озимая мягкая селекции ИЦиГ) превосходит справочные значения по лизину на 55,6%, по треонину – на 38,4%. Новосибирская 22 (яровая пшеница селекции ИЦиГ) отличается среди испытанных образцов наибольшим содержанием метионина: превосходит справочное значение на 122,2%.

Рассмотрим потенциальную эффективность целесообразности определения аминокислотного состава фуражной пшеницы на примере рационов для яичных кур. Проанализируем на содержание лизина рацион, приводимый в справочнике (см. сноску 3), в сравнении с модельным.

Модельный рацион ориентирован на органическое животноводство и имеет от справочного аналога следующие отличия:

- усредненная (справочная) пшеница заменена на пшеницу сорта Новосибирская 32;

- шрот подсолнечный – на жмых подсолнечный;

- дрожжи кормовые – на дрожжи пекарские;

- синтетический лизин не применяется.

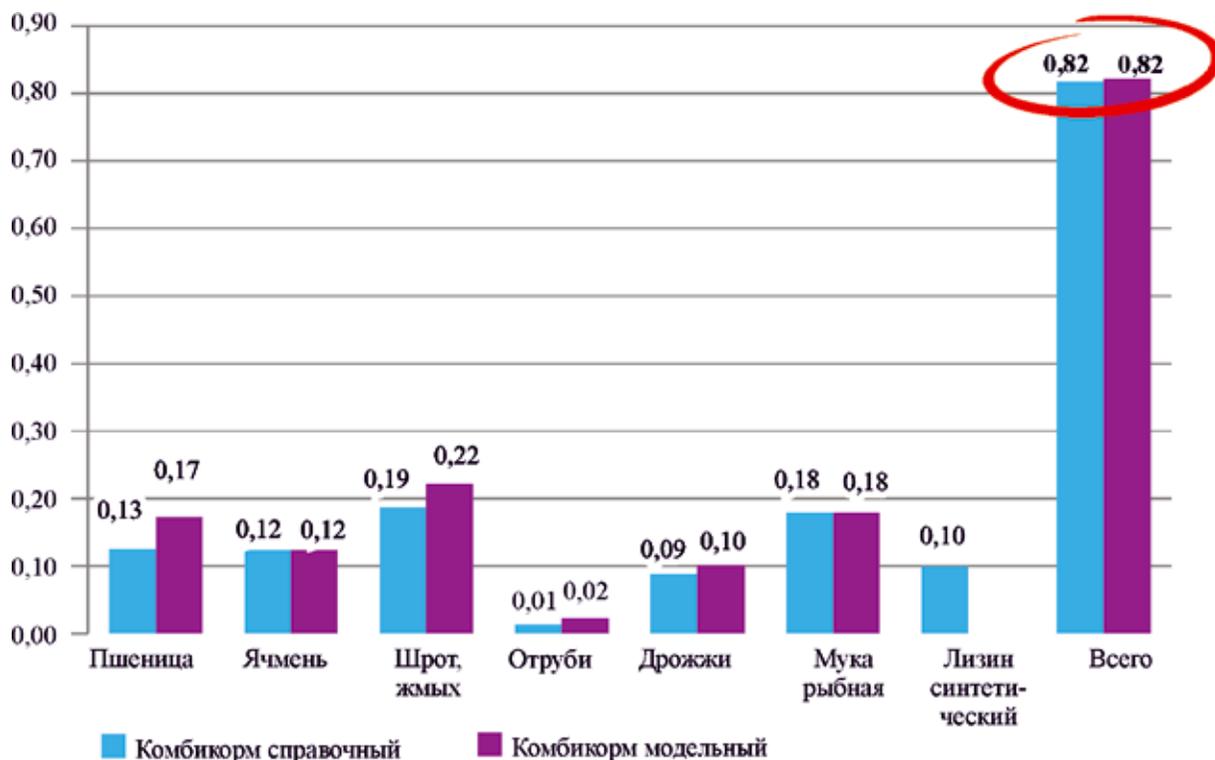
Замена шрота на жмых, дрожжей кормовых на дрожжи пекарские, исключение из модельного рациона синтетического лизина обусловлены соответствующими нормами ГОСТ 33980–2016.

В результате расчетов выявлено, что значения общего содержания лизина в обоих рационах равны между собой (составляют по 0,82%) (см. рис. 2). Однако подлинное отличие состоит в том, что справочный рацион содержит синтетический лизин, а модельный – нет. Следовательно, благодаря осознанному применению сорта пшеницы с высоким содержанием лизина можно получить сбалансированный комбикорм без использования синтетического лизина, что соответствует требованию норматива для органического производства.

Полученный на примере Новосибирской 32 расчетный результат свидетельствует о целесообразности исследований по определению аминокислотного содержания пшеницы и оценке нового рациона на продуктивность птицы, а в последующем в случае положительного результата можно вести селекцию по созданию новых сортов пшеницы с повышенным содержанием лизина.

Из классического составления рецептур комбикормов хорошо известно, что исключительно из каких-либо зерновых (или любых их сочетаний) невозможно обеспечить нормативно требуемое содержание белка (аминокислот) и энергии в комбикорме. Это обусловлено тем, что зерновые содержат относительно много энергии и при этом мало белка (аминокислот). В пересчете на сухое вещество пшеница содержит требуемый уровень энергии, рекомендуемый для интенсивно развивающихся животных, но при этом лизина в пшенице меньше его нормируемого уровня в полнорационных комбикормах в несколько раз.

Таким образом, даже какая-либо самая высоколизинная пшеница априори не сопоставима по аминокислотному качеству ни с мукой мясокостной, ни со шротами (соевым,



**Рис. 2.** Содержание лизина в справочном и модельном комбикормах для яичных кур (возраст 21–45 нед), %

**Fig. 2.** Lysine content in reference and model feeds for egg chickens (age 21-45 weeks), %

подсолнечниковым). Без преобразований аминокислотно-энергетического состава пшеницы она не может выполнить функцию адекватной замены традиционному белковому сырью, которое не рекомендуется к применению в органическом животноводстве (мука мясокостная, шроты).

В связи с этим необходимо создать из пшеницы кормовую добавку, которая отличалась бы от стандартной пшеницы прежде всего более высоким содержанием лимитирующих незаменимых аминокислот.

Такая задача была поставлена и в принципе (в первом приближении) решена<sup>10</sup>. Положительный результат достигнут методом двухступенчатых последовательных преобразований: сначала ферментативный гидролиз (смесь: измельченная пшеница + вода + фермент), затем центрифугирование. Применен фермент комплексного действия

Протосубтилин ГЗх производства ООО ПО «Сиббиофарм» (г. Бердск Новосибирской области). В результате получены две фракции различного содержания: одна преимущественно белковая, вторая – углеводистая. Белки представлены в основном свободными аминокислотами, углеводы – среднемолекулярными декстринами и сахарами.

Содержание лизина в полученной экспериментальной добавке из пшеницы составляет порядка 20,3 г/кг СВ, что сопоставимо с его содержанием в шротах (соевый экструдированный – 25,9 г/кг СВ, подсолнечный – 13,3 г/кг СВ), муке мясокостной (25,8 г/кг СВ)<sup>11</sup>. Содержание метионина в экспериментальной добавке составляет порядка 1,47 г/кг СВ.

Таким образом, из самого распространенного местного зернового сырья – пшеницы – получен экспериментальный кормовой

<sup>10</sup>Способ производства высокобелковой основы из зерна пшеницы для приготовления пищевого продукта: пат: 2453126 Российская Федерация: МПК А23J 1/12 / В.Г. Ермохин, Т.Т. Вольф, В.А. Углов; № 2010141619/10. Заявл. 11.10.2010; Бюл. № 17.

<sup>11</sup>Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы. ВНИТИП. М.: Лика, 2018. 226 с.

ингредиент, содержащий высокий уровень лизина (первой лимитирующей аминокислоты при кормлении высокопродуктивных моногастрических животных) и при этом отвечающий требованиям органического производства.

Для расчетной оценки потенциальной эффективности экспериментальной добавки из пшеницы (на примере свиноводства) составлены модельные рецепты полнорационных комбикормов органического содержания для растущих свиней различной живой массы (от 20–30 до 110–120 кг) (см. табл. 1).

Оцененные качества комбикормов всех модельных рецептур соответствуют основным нормам кормления растущих свиней при среднесуточном приросте за весь период откорма 650 г.

Первичная проверка результативности и безопасности для свиней экспериментальной кормовой добавки из пшеницы осуществлена на свиноферме ОАО племзавод «Учхоз Тулинское» Новосибирской области (учхоз НГАУ). Опыт поставлен на поросятах породы СМ-1. Свиноматки контрольной и опытной групп подобраны равной молочности. Опытные поросята получали в рационе

7% экспериментальной добавки из пшеницы. Количество потребленного комбикорма в расчете на сухое вещество в среднем на одну голову контрольных и опытных поросят было равным. На протяжении всего опыта (49 дней) поросята опытной группы поедали корм заметно охотнее, чем поросята контрольной. Молодняк опытной группы опередил сверстников из контрольной по приросту на 19,5%: средняя живая масса опытных поросят увеличилась от 6,7 кг на начало опыта до 22,6 кг в конце, в контрольной – от 6,6 до 19,9 кг (см. табл. 2) [17].

На перепелиной ферме СибНИПТИЖ СФНЦА РАН поставлен опыт по предварительной оценке целесообразности использования экспериментальной добавки из пшеницы в кормлении перепелов, выращиваемых на мясо.

Опыт проведен в течение 6 нед (42 дня) по общепринятой методике<sup>12</sup> на перепелах японской породы, сформированных в суточном возрасте в две аналогичные группы (контрольная и опытная) по 45 гол. в каждой. Птица обеих групп получала полнорационный комбикорм, приготовленный с учетом возраста и физиологических особен-

**Табл. 1.** Модельные рецепты полнорационных комбикормов для растущих свиней различной живой массы

**Table 1.** Model formulations of complete feed for growing pigs of various live weights

| Живая масса свиней, кг | Состав модельного комбикорма, кг на 1 гол. в сутки |        |                  |       |       |         | Суточный расход комбикорма на 1 гол. |                                 |
|------------------------|--|--------|------------------|-------|-------|---------|--------------------------------------|---------------------------------|
|                        | Добавка из пшеницы                                 | Ячмень | Дикальций-фосфат | Мел   | Соль  | Премикс | натуральной влажности, кг            | в расчете на сухое вещество, кг |
| От 20 до 30            | 1,98   | 0,92   | 0,012            | 0,009 | 0,003 | 0,002   | 2,926                                | 1,177                           |
| От 30 до 40            | 2,37   | 1,11   | 0,014            | 0,011 | 0,004 | 0,003   | 3,512                                | 1,417                           |
| От 40 до 50            | 2,70   | 1,43   | 0,017            | 0,017 | 0,009 | 0,017   | 4,190                                | 1,782                           |
| От 50 до 60            | 2,86   | 1,67   | 0,020            | 0,020 | 0,010 | 0,020   | 4,600                                | 2,029                           |
| От 60 до 70            | 2,81   | 1,96   | 0,022            | 0,022 | 0,011 | 0,022   | 4,847                                | 2,279                           |
| От 70 до 80            | 2,66   | 2,26   | 0,024            | 0,024 | 0,012 | 0,024   | 5,004                                | 2,521                           |
| От 80 до 90            | 2,32   | 2,63   | 0,027            | 0,027 | 0,014 | 0,027   | 5,045                                | 2,793                           |
| От 90 до 100           | 1,96   | 2,98   | 0,030            | 0,030 | 0,015 | 0,030   | 5,045                                | 3,045                           |
| От 100 до 110          | 1,76   | 3,17   | 0,032            | 0,032 | 0,016 | 0,032   | 5,042                                | 3,181                           |
| От 110 до 120          | 1,75   | 3,19   | 0,032            | 0,032 | 0,016 | 0,032   | 5,052                                | 3,197                           |

Примечание. Для поросят живой массой от 20 до 40 кг применен премикс П51-І, для свиней живой массой от 40 до 120 кг – премикс П52-І; влажность добавки из пшеницы 82,3%; влажность ячменя 13,0%.

<sup>12</sup>Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы: рекомендации. ВНИТИП. Сергиев Посад, 2004. 42 с.

**Табл. 2.** Результаты испытаний экспериментальной добавки из пшеницы на поросятах  
**Table 2.** Test results of an experimental wheat supplement on piglets

| Показатель                        | Контрольная группа | Опытная группа |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|
| Количество поросят в группе, гол. | 10                 | 10             |
| Продолжительность опыта, дней     | 49                 | 49             |
| Живая масса одной головы, кг:     |                    |                |
| на начало опыта                   | 6,6 ± 0,6          | 6,7 ± 0,6      |
| по окончании опыта                | 19,9 ± 1,9         | 22,6 ± 2,6     |
| Среднесуточный прирост, г         | 271 ± 36           | 324 ± 45*      |

\* $p < 0,05$ .

**Табл. 3.** Результаты испытаний экспериментальной добавки из пшеницы на перепелятах  
**Table 3.** Test results of an experimental wheat additive on quail

| Показатель                     | Контрольная группа | Опытная группа |
|--------------------------------|--------------------|----------------|
| Число перепелят в группе, гол. | 45                 | 45             |
| Продолжительность опыта, дней  | 42                 | 42             |
| Живая масса одной головы, г:   |                    |                |
| на начало опыта                | 8,6 ± 0,2          | 8,6 ± 0,2      |
| по окончании опыта             | 139,8 ± 9,3        | 168,3 ± 7,8    |
| Среднесуточный прирост, г      | 3,13 ± 0,21        | 3,80 ± 0,18*   |

\* $p < 0,01$ .

ностей перепелов. Рацион молодняка опытной группы содержал экспериментальную добавку из пшеницы (17,5% для перепелов возраста 1–4 нед и 18,0% для птицы возраста 5–6 нед). Кормовые ингредиенты, использованные при составлении рационов птицы опытной группы, соответствовали перечню кормового сырья, разрешенного к использованию в органическом животноводстве (см. сноску 1).

По результатам эксперимента прирост живой массы перепелов опытной группы статистически достоверно ( $p < 0,01$ ) превысил прирост живой массы перепелов группы контроля на 21,4% (см. табл. 3). Биохимические показатели крови цыплят находились в пределах физиологической нормы.

Таким образом, по результатам экспериментальной части работы (первичному

практическому опыту на основе использования доступного лабораторного оборудования) можно заключить, что разрабатываемая белковая добавка из пшеницы является для поросят и перепелят аппетитным кормом, не оказывает неблагоприятного воздействия на их здоровье, положительно влияет на продуктивность, поэтому может быть применена в дальнейших экспериментальных исследованиях на животных, выращиваемых по правилам органического производства.

## ВЫВОДЫ

1. Современные агротехнические приемы принципиально позволяют в зоне Западной Сибири осуществлять промышленное производство пшеницы по нормам органического производства.

2. По предварительным данным некоторые сорта пшеницы сибирской селекции отличаются высоким содержанием лимитирующих для животных незаменимых аминокислот, поэтому представляют практический интерес для использования в животноводстве.

3. Биофракционирование пшеницы позволяет получать кормовую добавку, по своему качеству эффективную для применения в животноводстве.

4. Экспериментальная добавка из пшеницы расчетно применима для откорма свиней, выращиваемых по нормам органического производства.

5. Выполненные поисковые эксперименты дают основание для углубления исследований по созданию и использованию добавок из пшеницы в органическом производстве продукции животноводства Сибири.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чекмарев П.А., Глишушкина А.П., Старцев В.И. Производство органической продукции – конкурентное преимущество АПК Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 3. С. 5–6.
2. Лещуков К.А. Научно-практические аспекты органического сельскохозяйственного производства // Вестник аграрной науки. 2019. № 2. С. 66–71.

3. Нековаль С.Н., Беляева А.В., Маскаленко О.А., Чурикова А.К., Лукина А.Е., Горло В.Е. Перспективы производства органической продукции в России // *Агрохимический вестник*. 2019. № 5. С. 77–82. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080.
4. Сайфетдинов А.Р., Сайфетдинова Н.Р., Ульянов А.В. Тенденции развития и факторы эффективности производства продукции органического сельского хозяйства в России // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2019. № 76. С. 73–80.
5. Шеленок А.В. Оценка эффективности развития производства органической продукции растениеводства // *Научное обозрение: теория и практика*. 2020. № 5. С. 749–763. DOI: 10.35679/2226-0226-2020-10-5-749-763.
6. Горбатов А.В., Горбатова О.А. Производство органической продукции как фактор развития агропромышленного комплекса и укрепления продовольственной безопасности России // *Фундаментальные исследования*. 2020. № 11. С. 70–76. DOI: 10.17513/1742-876.
7. Шарков И.Н., Захаров Г.М., Крупская Т.Н. Эффективность применения средств химизации под яровую пшеницу в лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2017. № 6. С. 16–18.
8. Олешко В.П., Гаркуша А.А., Пургин Д.В., Кравченко В.И. Продуктивность и экономическая эффективность зернопарового севооборота в Кулундинской степи в зависимости от агротехнологий // *Земледелие*. 2016. № 7. С. 27–30.
9. Усенко В.И., Гаркуша А.А., Пургин Д.В. Эффективность азотных удобрений и гербицидов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки каштановой почвы в Кулундинской степи // *Земледелие*. 2019. № 6. С. 33–39.
10. Усенко В.И., Усенко С.В. Эффективность применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от предшественника, обработки почвы и средств защиты растений в лесостепи Алтайского Приобья // *Земледелие*. 2016. № 8. С. 4–8.
11. Мустафина М.А., Таракановский А.Н. Защита от фузариоза колоса – определяющий фактор качества зерна // *Защита и карантин растений*. 2018. № 5. С. 14–16.
12. Попов В.С., Самбуров Н.В., Воробьева Н.В. Проблемы микотоксинов в современных условиях и принципы профилактических решений // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 3. С. 101–105.
13. Гагкаева Т.Ю., Ордина А.С., Гаврилова О.П., Аблова И.Б., Беспалова Л.А. Характеристика сортов озимой пшеницы по устойчивости к фузариозу зерна // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018. № 6. С. 685–692. DOI: 10.18699/VJ18.411.
14. Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Мустафина М.А., Селюк М.П. Грибы рода *Fusarium* на зерне пшеницы в Западной Сибири // *Защита и карантин растений*. 2019. № 1. С. 21–23.
15. Митюков А.С., Торбаева А.А., Баракова Н.В., Нсемгумуремый Д. Поиск новых решений в борьбе с микотоксинами // *Генетика и разведение животных*. 2020. № 2. С. 63–69. DOI: 10.31043/2410-2733-2020-2-63-69.
16. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Красникова Е.С., Фауст Е.А., Семилет Н.А. Технология и средства механизации для обработки зерна // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2020. № 1. С. 137–147.
17. Ермохин В.Г., Жучаев К.В., Богатырева С.Н. Аминокислотно-сахаристая добавка из пшеницы в рационах свиней // *Вестник НГАУ*. 2014. № 2 (31). С. 73–77.

## REFERENCES

1. Chekmarev P.A., Glishushkina A.P., Startsev V.I. Production of organic products is a competitive advantage of the agroindustrial complex of the Russian Federation. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2018, no. 3, pp. 5–6. (In Russian).
2. Leshchukov K.A. Scientific and practical aspects of organic agricultural production. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2019, no. 2, pp. 66–71. (In Russian).
3. Nekoval' S.N., Belyaeva A.V., Maskalenko O.A., Churikova A.K., Lukina A.E., Gorlo V.E. Perspectives of organic farming in Russia. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2019, no. 5, pp. 77–82. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10080.
4. Saifetdinov A.R., Saifetdinova N.R., Ul'yanov A.V. Development trends and efficiency factors of organic agriculture in Russia. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State*

- Agrarian University*, 2019, no. 76, pp. 73–80. (In Russian).
5. Shelenok A.V. Evaluation of the effectiveness of the development of organic crop production. *Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika = Scientific Review: Theory and Practice*, 2020, no. 5, pp. 749–763. (In Russian). DOI: 10.35679/2226-0226-2020-10-5-749-763.
  6. Gorbato A.V., Gorbato O.A. Production of organic products as a factor of development of agricultural complex and strengthening of food security of Russia. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2020, no. 11, pp. 70–76. (In Russian). DOI: 10.17513/fr.42876.
  7. Sharkov I.N., Zakharov G.M., Krupskaya T.N. Efficiency of chemicals application for spring wheat in the forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie = Zemledelie*, 2017, no. 6, pp. 16–18. (In Russian).
  8. Oleshko V.P., Garkusha A.A., Purgin D.V., Kravchenko V.I. Productivity and economic efficiency of grain-fallow crop rotation in the Kulunda Steppe depending on agricultural technologies. *Zemledelie = Zemledelie*, 2016, no. 7, pp. 27–30. (In Russian).
  9. Usenko V.I., Garkusha A.A., Purgin D.V. Efficiency of nitrogen fertilizers and herbicides in grain-fallow crop rotation depending on the method of processing chestnut soil in the Kulunda Steppe. *Zemledelie = Zemledelie*, 2019, no. 6, pp. 33–39. (In Russian).
  10. Usenko V.I., Usenko S.V. Efficiency of mineral fertilizers for spring wheat in dependence of the forecrop, soil cultivation and plant protection means in the forest-steppe of the Altai Ob Region. *Zemledelie = Zemledelie*, 2016, no. 8, pp. 4–8. (In Russian).
  11. Mustafina M.A., Tarakanovskii A.N. Protection from the fusarium head blight – the determining factor of grain quality. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantin*, 2018, no. 5, pp. 14–16. (In Russian).
  12. Popov V.S., Samburov N.V., Vorob'eva N.V. Problems of mycotoxins in modern conditions and principles of preventive solutions. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2018, no. 3, pp. 101–105. (In Russian).
  13. Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gavrilova O.P., Ablova I.B., Bepalova L.A. Characterization of resistance of winter wheat varieties to Fusarium head blight. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2018, no. 6, pp. 685–692. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ18.411.
  14. Toropova E.Yu., Vorob'eva I.G., Mustafina M.A., Selyuk M.P. Fungi of *Fusarium* genus on wheat grains in Western Siberia. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantin*, 2019, no. 1, pp. 21–23. (In Russian).
  15. Mityukov A.S., Torbaeva A.A., Barakova N.V., Nsemgumuremyi D. The search for new solutions to fight mycotoxins. *Genetika i razvedenie zhivotnykh = Animal Genetics and Breeding*, 2020, no. 2, pp. 63–69. (In Russian). DOI: 10.31043/2410-2733-2020-2-63-69.
  16. Rudik F.Ya., Morgunova N.L., Krasnikova E.S., Faust E.A., Semilet N.A. Technology and means of mechanization for grain processing. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya = Storage and processing of farm products*, 2020, no. 1, pp. 137–147. (In Russian).
  17. Ermokhin V.G., Zhuchayev K.V., Bogatyreva S.N. Saccharine amino acid additive out of wheat in pig diets. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2014, no. 2 (31), pp. 73–77. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ермохин В.Г.**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: v\_ermohin\_56@mail.ru

**Солошенко В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; e-mail: soloshenko@sfsca.ru

**Соловьев К.А.**, научный сотрудник; e-mail: vetvrach1@mail.ru

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Vitaly G. Ermokhin**, Candidate of Science in Engineering, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: v\_ermohin\_56@mail.ru

**Vladimir A. Soloshenko**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; e-mail: soloshenko@sfsca.ru

**Konstantin A. Soloviev**, Researcher; e-mail: vetvrach1@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.06.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.11.2022  
Дата публикации / Published 27.12.2022



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-14>

УДК: 94(47+57)+351.746(332)"1917/1920"

Тип статьи: обзорная

Type of article: review

## НАРКОМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПЕРВОГО СОВЕТСКОГО ПРАВИТЕЛЬСТВА И НАЧАЛО РЕВОЛЮЦИОННЫХ АГРАРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В РОССИИ (1917–1920 гг.)

Донченко А.С.<sup>1</sup>, Папков С.А.<sup>2</sup>, ✉ Самоловова Т.Н.<sup>1</sup>, Донченко Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

<sup>2</sup>Институт истории Сибирского отделения Российской академии наук  
Новосибирск, Россия

✉ e-mail: tamara-2340@yandex.ru

Представлен анализ деятельности первых советских наркомов земледелия в контексте переустройства аграрной экономики после революции 1917 г. Дано описание причин и особенностей земельного кризиса в России и его влияния на политическую жизнь. Проанализирован характер первых опытов преобразования сельского хозяйства на фоне революционных событий. Приход к власти в России радикальных революционных сил послужил причиной попытки проведения в жизнь проекта «социализации» земли, разработанного партией левых эсеров и поддержанного большевиками. Основу этого проекта составляли специфические представления социалистов о достижении прогресса в сельском хозяйстве лишь путем максимальной централизации аграрного производства и огосударствления земли, исключающего какое-либо частное землевладение. Отдельное место в описании занимает оценка советских законодательных актов, связанных с внедрением коллективных форм землеустройства и государственного управления сельской экономикой. Отмечено, что в течение первых трех лет развития революции были сделаны решительные шаги по реализации данного проекта. Однако практические результаты ясно обнаружили их утопичность. К 1921 г. развитие сельского хозяйства, как и других отраслей на основе огосударствления, привело к общеполитическому кризису в стране и необходимости введения нэпа. Освещена роль первых организаторов советской аграрной системы – наркомов земледелия РСФСР. Приведены некоторые биографические сведения о них, дана оценка их политических взглядов относительно способов решения земельного вопроса в стране. Статья дает оригинальную интерпретацию первых революционных преобразований аграрной экономики России, а также участия в них наркомов земледелия.

**Ключевые слова:** революция, Наркомат земледелия, Декрет о земле, В.П. Милютин, А.Л. Колегаев, С.П. Середя, крестьянство, сельскохозяйственное производство

## PEOPLE'S COMMISSARS FOR AGRICULTURE OF THE FIRST SOVIET GOVERNMENT AND THE BEGINNING OF THE REVOLUTIONARY AGRARIAN TRANSFORMATIONS IN RUSSIA (1917-1920)

Donchenko A.S.<sup>1</sup>, Papkov S.A.<sup>2</sup>, ✉ Samolovova T.N.<sup>1</sup>, Donchenko N.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

<sup>2</sup>Institute of History of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: tamara-2340@yandex.ru

Analysis of the activities of the first Soviet people's commissars of agriculture in the context of the restructuring of the agrarian economy after the Revolution of 1917 is presented. A

description of the causes and features of the land crisis in Russia and its impact on political life is given. The nature of the first experiments in the transformation of agriculture against the backdrop of revolutionary events is analyzed. As radical revolutionary forces came to power in Russia, the project of "socialization" of the land, developed by the Left Socialist Revolutionary Party and supported by the Bolsheviks, was attempted. The basis of this project was the specific ideas of socialists to achieve progress in agriculture only through the maximum centralization of agricultural production and the nationalization of land, eliminating any private land ownership. The assessment of the Soviet legislative acts related to the introduction of collective forms of land management and state management of the rural economy stands out in this description. It is noted that during the first three years of the revolution's development, decisive steps were taken to implement this project. However, the practical results clearly revealed their utopian nature. By 1921, the development of agriculture, as well as other sectors on the basis of governmentalization led to a general political crisis in the country and the need to introduce the New Economic Policy. The role of the first organizers of the Soviet agrarian system, the people's commissars of agriculture of the RSFSR, is highlighted. Some biographical information about them is given, and their political views on the ways of solving the land issue in the country are evaluated. The article provides an original interpretation of the first revolutionary transformations of the agrarian economy of Russia, as well as the participation of the people's commissars of agriculture in them.

**Keywords:** revolution, People's Commissariat of Agriculture, Decree on Land, V. P. Milyutin, A.L. Kolegaev, S. P. Sereda, peasantry, agricultural production

**Для цитирования:** Донченко А.С., Папков С.А., Самоловова Т.Н., Донченко Н.А. Наркомы земледелия первого советского правительства и начало революционных аграрных преобразований в России (1917–1920 гг.) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 122–131. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-14>

**For citation:** Donchenko A.S., Papkov S.A., Samolovova T.N., Donchenko N.A. People's commissars for agriculture of the first Soviet government and the beginning of the revolutionary agrarian transformations in Russia (1917-1920). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 122–131. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-14>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Аграрный, или крестьянский, вопрос – один из самых жгучих и актуальных проблем в истории Российского государства. На протяжении десятилетий по поводу вопроса о земле происходили отчаянные столкновения различных социальных групп, возникали массовые народные волнения и мятежи, шли горячие споры между политическими партиями и их лидерами. В конечном итоге проблема землеустройства, от решения которой зависела судьба подавляющей части населения России, стала одной из главных причин и основным мотивом революции 1917 г.

После отмены крепостного права в 1861 г. развитие противоречий в аграрном строе России шло по линии противостояния двух альтернативных моделей: крестьянское движение объективно выражало

собой борьбу за «американский» (фермерский) путь, т.е. за решительный раздел помещичьих земель и свободное существование частных производителей, царское правительство и помещики стремились направить эволюцию аграрного строя по «прусскому» пути с сохранением крупных помещичьих латифундий. В то же время в среде различных полулегальных и нелегальных (революционных) партийных групп и объединений велись отчаянные дискуссии о других моделях аграрного развития страны. Это были социалистические проекты, отстаивавшие принципы уравнительного распределения земли (эсеры) и коллективных (кооперативных) форм землепользования (социал-демократы).

Временное правительство, получившее власть в стране после свержения монархии

в 1917 г., ясно осознавало значение безотлагательного проведения аграрной реформы, без которой дальнейшее строительство новых демократических институтов в России было невозможным. Однако чрезвычайные внутриполитические условия, вызванные последствиями Первой мировой войны, обострение продовольственного кризиса и безудержное стремление крестьян к самовольному разделу помещичьих земель не позволяли новой власти в России начать коренные изменения аграрного строя. Временное правительство ограничилось лишь передачей государству кабинетских земель (25 марта 1917 г.) и удельных земель (29 марта). Оно также приняло постановление, призывавшее крестьян воздержаться от самочинных захватов и обещавшее поставить аграрный вопрос на решение предстоящего Учредительного собрания. В мае 1917 г. было издано «Положение о земельных комитетах», на основе которого на местах образовались органы (комитеты), подготовившие материалы по земельному вопросу для Учредительного собрания.

В октябре 1917 г. в России произошла новая революция. Власть перешла в руки большевиков во главе с Лениным. С этого момента проведение аграрной реформы и судьбы российского крестьянства полностью стали зависеть от воли и интересов людей радикальной политической философии и мировоззрения. В конечном счете, это вылилось в цепь непредвиденных, во многом умозрительных социальных экспериментов с многочисленными народными жертвами.

Важным аспектом анализа революционных последствий в области земельных отношений является вопрос о влиянии конкретных деятелей на происходившие события. В связи с этим возникает необходимость обратиться к личности основных инициаторов и исполнителей большевистского земельного проекта, к описанию роли первых наркомов земледелия в осуществлении советской аграрной политики. Научная литература об этих лицах довольно разнообразна. В монографических трудах и статьях показано участие наркомов в разработке первых законо-

дательных актов в области сельского хозяйства, описаны коллизии и формы борьбы в ходе разработки земельных декретов, отмечены также трагические повороты в личной судьбе наркомов [1–10]. В то же время некоторые биографические аспекты, как отмечает современная историография, остаются малоизученными.

Первые шаги по преобразованию аграрных отношений в России связаны с принятием на II съезде Советов рабочих и солдатских депутатов Декрета о земле и назначением на пост наркома земледелия В.П. Милютин.



Милютин  
Владимир Павлович  
(1884–1937)

Владимир Павлович Милютин родился в 1884 г. в деревне Туганцево Льговского уезда Курской губернии в семье сельского учителя. Законченного высшего образования не имел; учился на юридическом факультете Петербургского университета, позднее

в Московском коммерческом институте, но обучение не закончил из-за увлечения революционными идеями и нелегальной политической деятельностью. В партию социал-демократов вступил в 1903 г. как сторонник ее меньшевистского крыла. С 1911 г. Милютин стал профессиональным революционером и в результате прошел целую цепь преследований со стороны царского правительства: неоднократные аресты, пять лет тюремного заключения, дважды подвергался ссылке. Февральская революция застала его в Саратове. Он стал первым председателем Саратовского комитета РСДРП (б) и Совета рабочих и солдатских депутатов. В апреле 1917 г. в качестве делегата саратовских большевиков Милютин посылает на Апрельскую партийную конференцию и здесь избирают в состав ЦК. Затем он становится товарищем председателя Петроградской городской думы.

Накануне вооруженного восстания в Петрограде 24 октября 1917 г. при распределении обязанностей между членами ЦК Милютин назначен организатором продо-

вольственного дела, а на следующий день – наркомом земледелия первого советского правительства.

Реализация аграрной реформы в стране началась уже на второй день революции, 26 октября (8 ноября по новому стилю), с принятия Декрета о земле. Декрет основывался на 242 местных крестьянских наказах, составленных по инициативе партии эсеров еще до большевистского переворота, и содержал два основных положения. Во-первых, объявлял «отмену частной собственности навсегда» и передачу земли в «общенародное достояние»; во-вторых, провозглашал принцип «социализации» земли, т.е. уравнительного распределения земли (по трудовой или потребительской норме). Эсеровский лозунг «социализации» не соответствовал программным целям и требованиям большевиков, а был лишь политической уступкой крестьянству и его политической партии. Это отмечал и вождь коммунистов В.И. Ленин. В ноябре 1918 г. он говорил: «Мы, большевики, были противниками закона о социализации земли. Но все же мы его подписывали, потому что мы не хотели идти против воли большинства крестьянства. ... Мы не хотели навязывать крестьянству чуждой ему мысли о никчемности уравнительного распределения земли. Мы считали, что лучше, если сами трудящиеся крестьяне собственным горбом, на собственной шкуре увидят, что уравнительная дележка – вздор... Дележка хороша была только для начала. Она должна была показать, что земля отходит от помещиков, что она переходит к крестьянам. Но этого недостаточно. Выход только в общественной обработке земли» [11].

Осуществление программы «социализации» земли было неизбежным условием поддержки большевистской власти со стороны крестьян. Дело в том, что крестьянство – основное население страны – не желало более ждать какого-либо правительственного решения. Уже с лета 1917 г. повсеместно оно встало на путь самозахвата и раздела помещичьих земель. Никакая власть не могла бы остановить этот огромный стихийный процесс, поэтому первое, что должно было при-

нять советское правительство, – узаконить и ввести в определенные рамки уничтожение помещичьего землевладения.

В этих условиях небольшой аппарат наркома земледелия стремился овладеть процессом и придать крестьянской стихии сколько-нибудь организованный характер. В своих воспоминаниях В.П. Милютин писал: «Первая забота наша была – прежде всего связаться с местами. Я помню, что главная моя деятельность в эти дни заключалась в том, что рассылал различного рода эмиссаров на места.

3-го ноября было издано положение о волостных земельных комитетах, на которые возлагалась обязанность «скорейшей и окончательной ликвидации всех пережитков крепостного права», «учет земли». Они же определяют площадь пахотной земли, подлежащей обработке, отводят селам и деревням определенные пахотные участки и т.п. Впоследствии земельные комитеты были превращены в отделы советов.

Весь период с 1917 по 1918 г. был заполнен осуществлением укрепления новых органов, с помощью которых возможно было бы регулировать сельское хозяйство и связать центр с местами.

Второстепенную сравнительно задачу составляло овладение центральным аппаратом министерства земледелия, где оказывалось сопротивление, выражавшееся в саботаже, в забастовках, в отказе от работ и т.д.» [12].

Усилия наркома Милютина и его аппарата по проведению в жизнь Декрета о земле неожиданно прервалась вмешательством чрезвычайных политических событий.

Викжель (Всероссийский исполком профсоюза железнодорожников) 4 ноября 1917 г., угрожая всеобщей забастовкой, потребовал от большевиков создания «однородного социалистического правительства», т.е. коалиционного правительства с участием всех революционных партий и движений. Это был момент исключительной важности, предопределивший судьбу революции и страны в целом. Блок большевиков с другими социалистическими партиями (эсерами, меньшевиками и др.) позволял существенно укрепить

пить социальную базу революции. Отказ от такого блока неизбежно обрекал страну на обострение межпартийных разногласий, углубление внутривластного кризиса и развязывание гражданской войны.

Однако для Ленина и его сторонников компромиссы с партиями меньшевистского толка в такой принципиальной повестке, как вопрос о власти, были абсолютно неприемлемыми. Союзы с другими левыми силами, даже временные, когда власть уже завоевана, оценивались как недопустимое соглашательство с «мелкобуржуазной демократией», как измена революционным принципам.

Нарком Милютин видел перспективу в ином свете. Не разделяя радикализма большевистского руководства, он заявил о выходе из состава Совнаркома и ЦК РКП (б).

Дальнейший карьерный путь бывшего наркома, занимавшего должность в течение девяти дней, продолжался на менее значимых постах. С мая 1918 г. он стал членом президиума Высшего совета народного хозяйства (ВСНХ), с ноября – заместителем председателя ВСНХ и одновременно являлся членом Совета Труда и Оборона республики. На своем новом посту Милютин был одной из ключевых фигур в проведении всеобщего огосударствления и централизации системы управления экономикой под названием «главизм». В этот период национализирована вся промышленность и кооперация, а также мелкое кустарное производство. Как основной элемент политики «военного коммунизма», система «главизма» подрывала внутренние стимулы развития производства и вскоре привела к параличу экономики страны. С переходом к нэпу она была упразднена.

Милютин перешел на партийно-дипломатическую работу. В 1922–1924 гг. он – представитель Коминтерна в Австрии и на Балканах. Затем был членом коллегии Наркомата рабоче-крестьянской инспекции, с 1925 г. – заместителем председателя Коммунистической академии. Одновременно писал научные статьи и книги на актуальные темы, в частности такие крупные работы,

как «Аграрная политика в СССР» (М.; Л., 1926 г.), «История экономического развития СССР (1917–1927)» (М.; Л., 1928 г.).

Находясь на высоких постах в государственном управлении и научной сфере, В.П. Милютин разделял с этой системой все ее крупные недостатки и заблуждения, поддерживал и развивал многие необоснованные идеи. В годы гражданской войны он выступал активным проводником политики «военного коммунизма» и сторонником принудительных мер, в том числе в отношении крестьянства. Поддерживая курс партии на всеобщую коллективизацию деревни, резко критиковал выдающихся экономистов-аграрников, представителей организационно-производственного направления экономической мысли – А.В. Чаянова, Н.Д. Кондратьева, Н.П. Макарова и других, отстаивавших идею сохранения и поддержки индивидуальных крестьянских хозяйств как предприятий семейно-трудового типа.

В конечном счете, Милютину пришлось разделить участь тех «вредителей», с которыми он боролся и обличал в 1920-е годы: 26 июля 1937 г. он был арестован и 29 октября Военной коллегией Верховного суда СССР приговорен к расстрелу по обвинению в принадлежности к контрреволюционной организации правых. Расстрелян на следующий день. Реабилитирован в 1956 г.



Коллегаев  
Андрей Лукич  
(1887–1937)

После отставки В.П. Милютина новым наркомом земледелия был назначен левый эсер Андрей Лукич Коллегаев. Выдвижение этой кандидатуры в состав советского правительства являлось важной уступкой большевиков левоэсеровской партии, с которой они сотрудничали в дни подготовки и проведения Октябрьского вооруженного восстания 1917 г. Коллегаев – потомственный революционер, активный участник ряда террористических актов и экспроприаций. Родился в 1887 г. в Сургуте Тюменской губернии в семье ссыльного народовольца.

По образованию землемер, учился в Харьковском университете, но не окончил его. За участие в революционной деятельности был исключен из университета, а затем выслан за границу. Семь лет прожил в эмиграции, где также пытался продолжить образование, однако в большей степени занимался партийно-политической деятельностью.

В конце ноября 1917 г. А.Л. Коллегаев был утвержден на пост наркома земледелия. Одновременно сформирована коллегия Наркомата, целиком составленная из левых эсеров.

С этого момента проведение в жизнь Декрета о земле и разработка сопутствующих аграрных законов полностью перешли в руки левых эсеров, поэтому период реформирования земельных отношений в стране с 1918 г. получил название «левоэсеровский» [2]. Основное содержание преобразований на этом этапе революции сводилось к двум главным задачам: окончательной ликвидации старых аграрных отношений, дававших преимущества помещичьим хозяйствам, и «социализации» земли, что означало ее равномерное (уравнительное) распределение между отдельными категориями крестьянства.

Имея различные взгляды на проблему землеустройства, большевики и левые эсеры полностью совпадали в одном пункте – частной собственности на землю в России быть не должно. На этом основании обе партии решительно отстаивали ликвидацию частновладельческих хозяйств, прежде всего помещичьих имений и крупных фермерских («кулацких») дворов, в которых крестьянская масса видела главную причину своего угнетенного положения и неравенства.

19 февраля 1918 г. был принят основной закон о «социализации». Как и Декрет о земле, он вновь провозглашал «отмену навсегда» в пределах РСФСР всякой собственности на землю, недра, воды, леса и тому подобное и передачу всей земли «без всякого выкупа в пользование трудового народа». Подчеркивалось, что «право пользоваться землей принадлежит лишь тем, кто обрабатывает ее собственным трудом» (ст. 3). Устанавливалась также очередность распределе-

ния земельного фонда для ведения сельского хозяйства. В первую очередь землю должны были получить сельхозкоммуны, затем – сельхозтоварищества, за ними – сельские общества, и только в последнюю очередь – отдельные семьи и лица [12].

Таким образом, первое советское законодательство отчетливо отразило глубокое неприятие крестьянством той формы земельной собственности, которая ассоциировалась с помещиками и сельскими «мироедами», и вместе с тем выразило стремление крестьян к разделу земли по «трудовой норме» как своеобразному типу «мужицкого социализма».

Однако при обсуждении конкретных способов реализации закона сразу же наметились линии политического раскола. Принципиальное значение приобрел вопрос о том, кому должно принадлежать право пользования и распоряжения землей. Кто будет внедрять «основы равенства и справедливости» при разделе земли? Левые эсеры выступали за то, чтобы в законе о «социализации» были зафиксированы права местных органов самоуправления в лице земельных комитетов и земств, на которые возлагались бы функции по распределению земельного фонда. Однако большевики выступили против. В ходе обсуждения закона они добились исключения из текста упоминания земельных комитетов и земств, заменив их советами, т.е. органами государственного управления, что открывало путь к последовательной национализации земли.

Левозэсеровские надежды на развитие крестьянской самоорганизации и инициативы были перечеркнуты в угоду большевистским идеалам централизации и этатизма, с которыми вожди РКП (б) связывали свои проекты строительства социализма в России. После утверждения закона Коллегаев с горечью сказал: «Получился закон не о социализации, а о национализации земли» [цит. по: 1, с. 292].

В марте 1918 г. в России разразился новый политический кризис. В результате подписания Брестского мира с Германией левые эсеры по решению ЦК своей партии

вышли из состава правительства. Заявление о выходе подал и нарком Колегаев. Оставив пост в правительстве, он полностью не порвал с большевиками и продолжал работать в качестве члена коллегии Наркомзема, возглавляя в нем одновременно сразу три отдела. Однако на этой должности Колегаев не задержался. Его направили в Казань, где он стал председателем губисполкома, сосредоточившись на перераспределении земли и ликвидации помещичьей собственности. В ноябре 1918 г. Колегаев вступил в партию большевиков.

В течение последующих лет А.Л. Колегаев оставался активным сотрудником различных советских организаций. В январе 1919 г. его назначили на ответственный пост в Красной армии в качестве начальника снабжения армии Южного фронта, а затем членом Реввоенсовета (РВС) фронта. Одновременно Колегаев энергично занимался вопросами сбора продовольствия на Дону для центральных районов страны: руководил формированием продотрядов из рабочих, организовывал продразверстку. Вскоре проводимые мероприятия советской власти вызвали широкое недовольство населения. Началось крупное восстание казаков, угрожавшее свержением большевистской власти на Дону.

ЦК РКП (б) и Реввоенсовет республики приняли срочные меры. Были смещены командующий Южным фронтом и члены РВС, в том числе и Колегаев. В июне 1919 г. по решению ЦК Колегаева перевели на пост председателя Центрального отдела военных заготовок. Позднее он стал членом коллегии Наркомата путей сообщения, затем – членом совета ВСНХ. Некоторое время занимал также руководящую должность в Центральном статуправлении, а последнее его место работы – управляющий трестом «Уралцветмет» в Свердловске.

Карьера и жизнь бывшего наркома оборвались в период, который известен по биографиям тысяч других известных государственных деятелей и рядовых советских граждан. В декабре 1936 г. Андрей Лукич Колегаев был арестован по обвинению в

контрреволюционной деятельности и приговорен к расстрелу. Казнен 22 марта 1937 г., в день своего рождения.

С именем Колегаева связан важный этап аграрных преобразований советской власти – осуществление программы «социализации» земли. Эта программа привела к двум основным результатам. Во-первых, было ликвидировано частное землевладение в стране и разгромлены наиболее продуктивные производители сельхозтоваров – помещичьи, арендные и «кулацкие» хозяйства. Во-вторых, открыт доступ к земле миллионам бедных крестьян, благодаря чему внутри деревни произошло социальное выравнивание слоев за счет падения доли верхних (зажиточных) и нижних (безземельных) групп населения.

Однако реальная картина земельного передела оказалась значительно хуже, чем ожидалось. Как пишет свидетель происходивших событий в деревне, «громадное количество земель, разделенное между многомиллионной массой крестьянства, дало ничтожные результаты. ... увеличение площади на едока выражается в ничтожных величинах: десятых и даже сотых десятины на душу. В громадном большинстве губерний увеличение это не превышало полудесятины; лишь в немногих оно достигает одной десятины.

Таким образом, положительные итоги раздела для малоземельных и безземельных слоев крестьянства были ничтожны. Отрицательные же были чрезвычайно ощутительны. Крупные владельческие хозяйства, дававшие высокие урожаи, представлявшие собою большую ценность, снабжавшие рынок большим количеством продуктов, были «разорваны на части», были уничтожены» [2].

Такие итоги землеустройства не могли удовлетворить власть коммунистов. Большевики рассматривали достигнутые цели как завершение «мелкобуржуазного этапа» реформирования аграрного строя, за которым должно последовать «настоящее» строительство социализма в деревне путем внедрения коллективных форм хозяйства и

государственного регулирования земельных отношений.

Переход к новым, «коммунистическим», формам земледелия начался с лета 1919 г., когда руководство Наркомземом уже находилось в руках большевиков. Работу Наркомата возглавил ветеран партии С.П. Середа.



Середа  
Семен Пафнутьевич  
(1871–1933)

Семен Пафнутьевич Середа родился в 1871 г. в Черниговской губернии в семье железнодорожного служащего. Окончил реальное училище в Смоленске. Был арестован за кружковую работу. Жил в Калуге, а затем в Смоленске. Определился в земскую статистику, которая стала основной его специальностью. В 1903 г. он вступил в ряды большевиков, занимался революционно-пропагандистской деятельностью. С 1901 по 1908 г. Середа работал заведующим отделением в Смоленской губернской земской управе, позднее – на такой же должности в Рязани.

После Февральской революции 1917 г. он входил в состав исполкома Рязанского совета, а в апреле 1918 г. был назначен наркомом земледелия. На этом посту он оставался до 1921 г. Получил отставку в связи с болезнью.

После ухода из правительства Середа в течение еще нескольких лет занимал ответственные посты в государственном аппарате: был заместителем председателя Госплана, членом президиума, затем заместителем председателя ВСНХ СССР, управляющим ЦСУ СССР. В последние годы жизни (1930–1933) являлся заместителем председателя Совнаркома РСФСР. Умер 21 мая 1933 г.

Непродолжительный, но очень бурный период революции, в течение которого Середа был наркомом земледелия, отличался радикальными изменениями в аграрном строе России в соответствии с экономической программой большевиков. Прежде всего, началась ликвидация последствий левоэсеров-

ской «социализации». Административными решениями Наркомзема были ликвидированы местные земельные комитеты с заменой их земельными отделами исполкомов совдепов. К концу лета 1918 г. упразднен и Центральный земельный комитет вместе с левоэсеровским центром – Крестьянской секцией ВЦИК. В сентябре последовали первые шаги по национализации. В государственную собственность передавались «имения, сельскохозяйственные предприятия и участки земли, имеющие в культурно-просветительном и промышленном смысле общегосударственное значение» [13]. Еще более решительный шаг в сторону огосударствления сделан в декабре 1918 г. на съезде представителей земотделов, комбедов и коммун. По инициативе большевиков съезд принял проект нового земельного закона, в котором ясно указал (ст. 1 и 2), что вся земля принадлежит государству и находится в непосредственном заведывании Наркомзема. В феврале 1919 г. ВЦИК утвердил с некоторыми изменениями выработанный съездом проект закона «О социалистическом землеустройстве и мерах перехода к социалистическому земледелию».

Этот специфический документ в полной мере выразил представление большевиков о том типе аграрного устройства, который, по их мнению, в наибольшей мере отвечал интересам крестьян и общественного прогресса, даже если крестьяне еще не видели в нем выгоды для себя.

Закон устанавливал, что вся земля в стране, в чьем бы пользовании она ни состояла, считается единым государственным фондом, а распоряжаются им Наркоматы и подведомственные им местные органы власти. Лучшими формами землепользования объявлялись крупные совхозы, коммуны и товарищества, «поэтому на все виды единоличного землепользования следует смотреть как на проходящие и отживающие»<sup>1</sup>.

На этих принципах началось переустройство сельского хозяйства в России. Уже в мае 1918 г. в Наркомземе было создано

<sup>1</sup> Положение о социалистическом землеустройстве и о мерах перехода к социалистическому земледелию, принятое ВЦИК 14 февраля 1919 года // [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/ussr\\_442.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/ussr_442.htm).

Бюро коммун, которое обобщало опыт работы первых сельскохозяйственных коллективов и практически руководило их строительством. На его мероприятия правительство выделило ассигнования в размере 10 млн рублей. К концу 1918 г. при всех уездных и губернских земельных отделах также появились Бюро коммун с задачами регистрации новых коммун и артелей, а также контроля за их работой.

Однако приоритетное значение придавалось строительству совхозов. Их социально-политическая роль виделась в том, что это будет наиболее прогрессивный вид сельскохозяйственных предприятий, своего рода образец для всех остальных участников производства, создающий условия для массового перехода сельской экономики к социализму. Нарком С.П. Середя выступал наиболее горячим сторонником и участником строительства совхозов. Как и другие большевики, он разделял уверенность в том, что совхозы, построенные на базе передовых бывших помещичьих хозяйств, – ключевое звено в аграрном переустройстве России; что под управлением центральной государственной власти (Наркомзема) совхозы позволят достичь наибольшего успеха, так как «только центр может определять, какая отрасль сельского хозяйства нуждается в возможном развитии, и поэтому, какие советские хозяйства в каком районе должны бы усиливаться, какие задания могут им ставиться» [2].

В течение 1919–1920 гг. шло интенсивное строительство совхозов по всей стране. В феврале 1919 г. их образовано 35, а летом 1920 г. стало уже 3076.

Параллельно также создавались колхозы для крестьян. В 1918 г. насчитывалось 1579 коллективных хозяйств, объединявших 16,4 тыс. дворов, в 1919 г. – 6188 (81,3 тыс. дворов), в 1920 г. – 10 600 колхозов (131 тыс. дворов).

Важнейшей задачей Наркомзема тех лет считалась и организация переселений крестьян на пустующие окраины. В частности, в Зауралье уже к маю 1918 г. волна переселенцев достигла 175 тыс. чел. Даже восстание чехословаков и вызванное этим

прекращение связей с Сибирью не могли приостановить движения переселенцев на обширные сибирские земли.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эпоха первых советских преобразований оставила глубокий след в аграрной истории России. Она проявила себя как тяжелый поиск путей социального переустройства страны и нормальных жизненных условий для миллионов людей, где веками вообще не проводились никакие серьезные реформы. В этих условиях переустройство экономики, в том числе в сельском хозяйстве, оказалось в руках наиболее радикальных революционных элементов, и реформирование превратилось в цепь непрерывных экспериментов с непредсказуемыми результатами.

Коллективные формы землепользования и централизованное государственное управление аграрным производством как главные элементы новой системы не принесли позитивных результатов. Созданные большевиками колхозы, совхозы и коммуны оказались безжизненными. Их деятельность очень быстро обнаружила глубокие противоречия между государственным интересом и частной инициативой, следствием которых стали бесхозяйственность, нерациональное управление, культивирование отсталых форм производства и общий упадок. В конце 1920 г. стали очевидны все основные недостатки большевистского проекта реформирования экономики. На следующий год вождям РКП (б) пришлось изменить экономический курс советской власти и перейти к нэпу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кабанов В.В.* Народный комиссар земледела В.П. Милютин // Первое советское правительство. Октябрь 1917 – июль 1918: монография. М.: Политиздат, 1991.
2. *Милютин В.* Первые шаги // Сельскохозяйственная жизнь. 1922. № 7.
3. *Коллегаев А.Л.* На рубеже // Сельскохозяйственная жизнь. 1922. № 7.
4. Солдаты партии. М., 1971. С. 27–49.
5. *Сторожева А.М.* Несгибаемые большевики: монография. Рязань: Московский рабочий, 1986.

6. Деятели СССР и революционного движения России: монография. М.: Советская энциклопедия, 1989.
7. Первое Советское правительство: монография. М.: Политиздат, 1991.
8. Политические деятели России 1917: Биографический словарь. М.: Большая российская энциклопедия, 1993.
9. *Кабанов В.В.* Народный комиссар земледелия А.Л. Колегаев // Первое советское правительство. Октябрь 1917 – июль 1918: монография. М.: Политиздат, 1991.
10. *Черноиванов В.И.* Комиссары и министры сельского хозяйства СССР: монография. 1917–1991. М., 1997.
11. *Ленин В.И.* Речь на совещании делегатов комитетов бедноты 8 ноября 1918 г. Полн. собр. соч. М.: Госполитиздат, 1965. Т. 37.
12. *Книпович Б.Н.* Очерк деятельности Народного Комиссариата Земледелия за три года (1917–1920). М.: Государственное издательство, 1920.
13. *Митрофанов А.* Революционное земельное законодательство 1917–1920 гг. // Сельскохозяйственная жизнь. 1922. № 7.
3. *Kolegaev A.L.* At the frontier. *Sel'skokhozyaistvennaya zhizn' = Agricultural Life*, 1922, no. 7. (In Russian).
4. *Soldiers of the Party.* Moscow, 1971, pp. 27–49.
5. *Storozheva A.M.* *The resilient Bolsheviks.* Ryazan', Moskovskii rabochii Publ., 1986. (In Russian).
6. *Public figures of the Soviet Union and the revolutionary movement in Russia.* Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1989. (In Russian).
7. *The first Soviet government.* Moscow, Politizdat, Publ., 1991. (In Russian).
8. *Political Figures of Russia 1917: Biographical Dictionary.* Moscow, Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya Publ., 1993. (In Russian).
9. *Kabanov V.V.* People's Commissar of Agriculture A.L. Kolegaev. *The first Soviet government. October 1917 - July 1918.* Moscow, Politizdat Publ., 1991. (In Russian).
10. *Chernoivanov V.I.* *Commissars and Ministers of Agriculture of the USSR.* 1917–1991. Moscow, 1997. (In Russian).
11. *Lenin V.I.* Speech at the meeting of the delegates of the Poor People's Committees on November 8, 1918. Complete Works, Moscow, Gospolitizdat Publ., 196, vol. 37. (In Russian).
12. *Knipovich B.N.* Analytical review of the activities of the People's Commissariat for Agriculture over three years (1917–1920). Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo, 1920. (In Russian).
13. *Mitrofanov A.* Revolutionary land legislation 1917–1920. *Sel'skokhozyaistvennaya zhizn' = Agricultural Life*, 1922, no. 7. (In Russian).

## REFERENCES

1. *Kabanov V.V.* *People's Commissar of Agriculture V.P. Milyutin.* The First Soviet Government. October 1917 - July 1918. Moscow, Politizdat Publ., 1991. (In Russian).
2. *Milyutin V.* The first steps. *Sel'skokhozyaistvennaya zhizn' = Agricultural Life*, 1922, no. 7.
3. *Kolegaev A.L.* At the frontier. *Sel'skokhozyaistvennaya zhizn' = Agricultural Life*, 1922, no. 7. (In Russian).
4. *Soldiers of the Party.* Moscow, 1971, pp. 27–49.
5. *Storozheva A.M.* *The resilient Bolsheviks.* Ryazan', Moskovskii rabochii Publ., 1986. (In Russian).
6. *Public figures of the Soviet Union and the revolutionary movement in Russia.* Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1989. (In Russian).
7. *The first Soviet government.* Moscow, Politizdat, Publ., 1991. (In Russian).
8. *Political Figures of Russia 1917: Biographical Dictionary.* Moscow, Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya Publ., 1993. (In Russian).
9. *Kabanov V.V.* People's Commissar of Agriculture A.L. Kolegaev. *The first Soviet government. October 1917 - July 1918.* Moscow, Politizdat Publ., 1991. (In Russian).
10. *Chernoivanov V.I.* *Commissars and Ministers of Agriculture of the USSR.* 1917–1991. Moscow, 1997. (In Russian).
11. *Lenin V.I.* Speech at the meeting of the delegates of the Poor People's Committees on November 8, 1918. Complete Works, Moscow, Gospolitizdat Publ., 196, vol. 37. (In Russian).
12. *Knipovich B.N.* Analytical review of the activities of the People's Commissariat for Agriculture over three years (1917–1920). Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo, 1920. (In Russian).
13. *Mitrofanov A.* Revolutionary land legislation 1917–1920. *Sel'skokhozyaistvennaya zhizn' = Agricultural Life*, 1922, no. 7. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Донченко А.С.**, академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель научного направления

✉ **Самоловова Т.Н.**, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: tamara-2340@yandex.ru

**Папков С.А.**, доктор исторических наук, профессор

**Донченко Н.А.**, член-корреспондент РАН, руководитель структурного подразделения

## AUTHOR INFORMATION

**Alexandr S. Donchenko**, Academician RAS, Head Researcher, Head of Research Group

✉ **Tamara N. Samolovova**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: tamara-2340@yandex.ru

**Sergey A. Papkov**, Doctor of Science in History, Professor

**Nikolay A. Donchenko**, Corresponding Member RAS, Business Unit Supervisor

Дата поступления статьи / Received by the editors 01.10.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 09.11.2022

Дата публикации / Published 27.12.2022



### ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ХИМИЗАЦИЯ

- Власенко Н.Г., Бурлакова С.В., Егорычева М.Т.** Эффективность обработки семян яровой пшеницы Триходермином и Споробактерином, № 5.
- Власенко Н.Г., Теплякова О.И.** Разложение целлюлозы в прикорневой зоне яровой пшеницы, возделываемой с применением препаратов БиоВайс, ТурМакс и азотного удобрения, № 2.
- Дридигер В.К., Гаджиумаров Р.Г., Джандаров А.Н., Котляров Д.В.** Влияние технологии No-till на содержание супрессивной и патогенной микрофлоры в почве, № 4.
- Дьяченко Е.Н.** Минеральные удобрения, известь и сидерация в плодосменном севообороте в условиях Прибайкалья, № 6.
- Садохина Т.А., Матенькова Е.А., Гаврилец Т.В., Петров А.Ф., Данилов В.П., Кокорин А.В.** Влияние органических удобрений на основе куриного помета на продуктивность овса и микробиологические показатели почвы, № 3.
- Семендяева Н.В., Морозова А.А., Елизаров Н.В.** Умеренно опасные микроэлементы в почвах засоленных агроландшафтов Барабинской равнины, № 1.
- Шмалько И.А., Багринцева В.Н.** Урожай и окупаемость удобрений при корневом и некорневом питании растений кукурузы, № 3.

### РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

- Аппаев С.П., Кагермазов А.М., Хачидогов А.В., Бижоев М.В.** Оценка новых гибридов кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии, № 6.
- Гурова Т.А., Чесноченко Н.Е.** Флуоресценция хлорофилла листьев пшеницы при инфицировании *Bipolaris sorokiniana*, хлоридном засолении и гипертермии семян, № 6.
- Дорохов Б.А., Браилова И.С., Беляева Е.П.** Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в Центральном Черноземье, № 3.
- Исачкова О.А., Логинова А.О., Коркина В.И.** Содержание аминокислот в зерне голозерного овса при различных условиях возделывания, № 5.
- Козак Д.К., Иваченко Л.Е., Голохваст К.С.** Изменение биохимических показателей сои в зависимости от условий выращивания, № 1.
- Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А., Козьякова Н.Н.** Сравнение методов оценки технологического качества льноволокнистой продукции, № 1.
- Лепехов С.Б., Петин В.А., Валекжанин В.С., Коробейников Н.И.** Изучение мягкой пшеницы по снижению температуры полога в условиях Алтайского края, № 6.
- Марченко Л.А.** Признаки качества плодов земляники садовой и селекция на их улучшение, № 5.
- Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Кашлева А.И.** Анализ морфометрических и оптических параметров семян подрода сера (*Allium L.*, Alliaceae) методом цифрового сканирования, № 2.
- Прахова Т.Я., Таишев Н.Р.** Приемы повышения продуктивности горчицы белой в условиях Среднего Поволжья, № 4.
- Сазонов Ф.Ф.** Селекционная оценка черной смородины по признаку габитус куста, № 3.
- Соколова Л.М.** Селекционно-иммунологические схемы в агроценозах моркови столовой, № 4.

Сурин Н.А., Бутковская Л.К., Сурина Е.А. Влияние удобрений и сроков посева на качество семян ярового ячменя в Красноярской лесостепи, № 2.

### КОРМОПРОИЗВОДСТВО

Боголюбова Е.В. Влияние приемов возделывания на урожайность клевера паннонского сорта Премьер в лесостепи Западной Сибири, № 3.

Садохина Т.А. Влияние эндофитных грибов на рост и развитие кормовых бобов (*Vicia faba* L.), № 4.

Шаманин А.А., Попова Л.А. Продуктивность кормовых агроценозов в условиях северных регионов Архангельской области, № 3.

### ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Андреева И.В., Шаталова Е.И., Ульянова Е.Г., Ходакова А.В., Агриколянская Н.И., Голохваст К.С. Техническая энтомология: история, современное состояние и перспективы развития, № 4.

Баскаков И.В., Оробинский В.И., Василенко В.В., Гиевский А.М. Озонная дезинсекция зерна от амбарного долгоносика и булавоусого хрущака, № 5.

Волкова Г.В., Яхник Я.В., Жуковский А.Г. Чувствительность северокавказской и белорусской популяций *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & hallet к фунгицидам, № 6.

Костюк А.В., Ляшенко Е.В. Изучение фитотоксичности гербицида Люмакс в посевах кукурузы на зерно в условиях юга Дальнего Востока, № 2.

Мороховец Т.В., Мороховец В.Н., Маркова Е.С., Басай З.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Фазовая чувствительность некоторых видов широколистных сорных растений к гербициду Флекс, № 5.

Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л., Царапнева Ж.В., Харaborкина Н.И., Мисникова Н.В. Фунгициды для защиты люпина узколистного от антракноза и других болезней, № 4.

Разина А.А., Дятлова О.Г. Фитопатогенные микромицеты овса в условиях Иркутской области, № 2.

Сурначева В.В., Казанцев М.П., Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф. Влияние температуры и влажности на состав фитопатогенов пшеницы при хранении зерна, № 5.

Сырмолот О.В., Ластушкина Е.Н., Кочева Н.С. Использование биологических препаратов в посевах сои, № 6.

Тимофеев В.Н., Вьюшина О.А. Испытание наночастиц макро- и микроэлементов на зерновых культурах, № 1.

Шабатуков А.Х. Устойчивость сортов озимой пшеницы к возбудителям болезней в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики, № 3.

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Афонюшкин В.Н., Фуди Ян, Миронова Т.Е., Нефедова Е.В., Кильп А.С., Коптев В.Ю., Донченко Н.А. Использование *Bacillus subtilis* в качестве носителя оральной вакцины против *Streptococcus suis*, № 6.

Гончаренко Г.М., Ким С.А. Исторические аспекты породообразования свиней в Сибири (обзор), № 6.

Гукежев В.М., Хуранов А.М. Племенная ценность коров – методы учета и оценки, № 4.

Лыков А.С., Кузьмина И.Ю. Рост и развитие бычков, полученных разными методами разведения, № 4.

- Егоров С.В., Магер С.Н., Носенко Н.А., Итэсь Ю.В.** Влияние биологически активных веществ скорлупы кедрового ореха на продуктивные показатели молодняка перепелов, № 3.
- Ефремова Е.А., Марченко В.А., Смергина М.А.** Распространение гельминтов желудочно-кишечного тракта лошадей в Центральном Алтае, № 5.
- Забелина М.В., Ледяев Т.Б., Корнилова В.А., Ловцова Л.Г., Преображенская Т.С.** Оценка молочной продуктивности и качества молока коз разных генотипов в зависимости от числа лактаций, № 5.
- Игнатович Л.С.** Фитобиотики в рационах кур-несушек различных кроссов, влияние генотипа на оплату корма, № 6.
- Инербаев Б.О., Храмцова И.А., Инербаева А.Т.** Создание селекционной группы герфордских коров, улучшенных быками канадской репродукции, № 1.
- Ионина С.В., Донченко Н.А., Смолянинов Ю.И., Донченко А.С.** Мониторинг и характеристика культур *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, выделенных на территории Западной Сибири, № 4.
- Лопсан Ч.О.** Динамика и особенности проявления сибирской язвы на территории Республики Тыва, № 5.
- Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Шейда Е.В., Рязанов В.А.** Влияние преобразованной лузги подсолнечника на ферментативные процессы в рубце жвачных животных *in vitro*, № 3.
- Нефедова Е.В., Шкиль Н.Н.** Влияние наночастиц серебра на антибиотикорезистентность микроорганизмов при лечении эндометрита коров, № 2.
- Петров П.Л., Протодьяконова Г.П.** Влияние агроклиматических условий на заболеваемость бруцеллезом северных оленей в арктических районах Якутии, № 6.
- Позовникова М.В., Лейбова В.Б.** Экстерьерный профиль зааненских козлов с различными генотипами гена *SPAG17*, № 5.
- Разумовская Е.С.** Исследование влияния процесса дегидратации на качество и безопасность кормов животного происхождения, № 6.
- Рогачёв В.А., Мерзлякова О.Г., Лукьянчикова Н.Л., Магер С.Н.** Белково-витаминная мука из пшеничных отрубей, обогащенная фитазой в рационе перепелов, № 2.
- Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л.** Влияние фитобиотических препаратов на морфохимические показатели крови телят при диспепсии, № 5.
- Синицын В.А., Брем А.К., Волков Д.В.** Профилактика технологического и кормового стресса поросят с использованием кормовой добавки цеодо, № 4.
- Третьяков А.М., Боярова Л.И., Черных В.Г., Кирильцов Е.В.** Эндопаразиты благородного оленя (*Cervus elaphus xanthopygus*) на территории Забайкальского края, № 1.
- Третьяков А.М.** Паразитоценозы дикой свиньи (*Sus scrofa*) на территории Забайкальского края, № 5.
- Фахрутдинова Р.Ш., Афонина И.А., Сыманович О.В., Кинсфатор О.А., Сошникова Т.А.** Экологически безопасный препарат и традиционный дезинфектант при инкубации яиц, № 1.
- Хамируев Т.Н., Базарон Б.З., Дашинамаев С.М.** Эколого-физиологические механизмы адаптации молодняка овец в условиях Забайкалья, № 3.
- Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А.** Влияние разного уровня кормления на продуктивность бычков черно-пестрой породы, № 4.

**МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

- Алейников А.Ф.** Методы неинвазивной оценки полового диморфизма эмбрионов в яйце птицы, № 5.
- Альт В.В., Елкин О.В., Исакова С.П., Савченко О.Ф.** Автоматизированный выбор агротехнологий и тракторного парка сельхозпредприятия: структура и алгоритмы web-приложения, № 4.
- Беляев А.Н., Шацкий В.П., Гулевский В.А., Тришина Т.В.** Оценка бокового отклонения колесной машины от заданной траектории движения, № 4.
- Кукаев Х.С., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Абдюкаева А.Ф., Наумов Д.В.** Теоретическое исследование энергоэффективности измельчителя роторного типа, № 6.
- Назаров Н.Н., Некрасова И.В.** Оценка и выбор машинно-тракторных агрегатов при культивации по энергетическим затратам, № 1.
- Усольцев С.Ф., Ивакин О.В., Рыбаков Р.В., Подолец А.М.** Кинематическая схема механизма и алгоритм управления шириной вытяжного проема культивационного сооружения, № 3.
- Чекусов М.С., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н., Даманский Р.В.** Возделывание пшеницы в зависимости от способа посева и внесения азотных удобрений, № 1.
- Чысыма Р.Б., Самбыла Ч.Н.** Проблемы и перспективы цифровизации сельского хозяйства в Республике Тыва, № 5.
- Щукин С.Г., Головатюк В.А.** К вопросу определения мощности вибровозбудителя, № 1.
- Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чекусов М.С., Чернышов А.П.** Методика обоснования технических средств для возделывания зерновых культур, № 3.

**ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

- Давыденко Н.И., Ульянова Г.С., Голубцова Ю.В., Сергеева И.Ю.** Применение плодового сырья Сибирского региона как основы начинок для хлебобулочных изделий, № 2.
- Щербинин В.В., Голуб О.В., Чекрыга Г.П., Мотовилов О.К.** Использование плодов шиповника в технологии питьевых киселей, № 2.

**ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ**

- Ермохин В.Г., Солошенко В.А., Соловьев К.А.** Эффективность использования пшеницы в органическом животноводстве, № 6.
- Потанин В.Г.** Усовершенствование ГТК Селянинова для расширения возможностей его применения, № 2.

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

- Федина Л.А., Маркова Т.О., Маслов М.В.** Новые местонахождения декоративной орхидеи *Spiranthes sinensis* (Orchidaceae) в Приморском крае, № 5.

**ИЗ ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ**

- Павлов А.Г.** Амилолитическая активность изолятов бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из микробиоты диких животных, № 5.
- Попов А.А.** Разработка комбинированной вакцины против ринопневмонии и мыта лошадей, № 4.

#### НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

- Байрамов С.Ю.** Распространение и возрастная динамика гельминтозов кур в Азербайджанской Республике, № 1.
- Ержебаева Р.С., Бабисекова Д.И., Дидоренко С.В.** Использование ДНК-маркеров в селекции сои для отбора фотопериодически нейтральных линий, № 5.
- Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А.** Оценка биоцидного действия наночастиц металлов и биоэлементов в одноклеточной эукариотической тест-системе, № 1.
- Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А., Ронишенко Б.В., Шманай В.В.** Цитотоксическое действие наночастиц окисленного графена на бактериальные клетки, № 3.
- Мусынов К.М., Аринов Б.К., Абышева Г.Т.** Урожайность семян рыжика в зависимости от применения различных препаратов и сроков посева на севере Казахстана, № 2.

#### ИЗ ИСТОРИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

- Донченко А.С., Голохваст К.С., Самоловова Т.Н., Донченко Н.А., Юшкова Л.Я.** Страницы истории советской ветеринарии в период Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.), № 2.
- Донченко А.С., Папков С.А., Самоловова Т.Н., Донченко Н.А.** Наркомы земледелия первого советского правительства и начало революционных аграрных преобразований в России (1917–1920 гг.), № 6.

#### НАШИ ЮБИЛЯРЫ

- К юбилею Николая Александровича Сурина, № 1.
- Сибирскому физико-техническому институту аграрных проблем СФНЦА РАН – 50 лет, № 1.
- К юбилею Виктора Алексеевича Марченко, № 3.

#### ПАМЯТИ УЧЕНОГО

- Борис Иванович Герасенков (к 100-летию со дня рождения), № 4.
- Василий Герасимович Луницын, № 3.
- К 100-летию академика Василия Романовича Боева (1922–2004 гг.), № 3.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция, семеноводство и биотехнология растений;
- агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений;
- кормопроизводство;
- инфекционные болезни и иммунология животных;
- частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства;
- разведение, селекция, генетика и биотехнология животных;
- технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса;
- пищевые системы.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

| <b>Наименование рубрики</b>   | <b>Шифр и наименование научной специальности в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени</b>   |
|---|--|
| Земледелие и химизация  | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений  |
| Растениеводство и селекция  | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений   |
| Защита растений   | 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений   |
| Кормопроизводство   | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений<br>4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений   |
| Зоотехния и ветеринария   | 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных<br>4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства<br>4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных   |
| Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение  | 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса   |
| Переработка сельскохозяйственной продукции  | 4.3.3. Пищевые системы   |
| Проблемы. Суждения<br>Научные связи<br>Из истории сельскохозяйственной науки<br>Краткие сообщения<br>Из диссертационных работ | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений<br>4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений<br>4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных<br>4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства<br>4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных<br>4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса<br>4.3.3. Пищевые системы |

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

К рассмотрению принимаются материалы от различных категорий исследователей, аспирантов, докторантов, специалистов и экспертов в соответствующих областях знаний.

Все статьи рецензируются и имеют зарегистрированный в системе CrossRef индекс DOI.

Публикации для авторов **бесплатны**.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

## РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

## ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. Отправка статьи осуществляется через электронную редакцию на сайте журнала <https://sibvest.elpub.ru/jour/index>. После предварительной регистрации автора, в правом верхнем углу страницы выбрать опцию «Отправить рукопись». Затем загрузить рукопись статьи (в формате \*.doc или \*.docx) и сопроводительные документы к ней. После завершения загрузки материалов обязательно выбрать опцию «Отправить письмо», в этом случае редакция автоматически будет уведомлена о получении новой рукописи.

Сопроводительные документы к рукописи статьи:

- скан-копия письма от организации с подтверждением авторства и разрешением на публикацию (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия авторской справки по представленной форме (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>), в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет;
- скан-копия рукописи с подписями авторов. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН;
- анкеты авторов на русском и английском языках (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия справки из аспирантуры (для очных аспирантов).

2. Все поступающие в редакцию рукописи статей регистрируются через систему электронной редакции. В личном кабинете автора отражается текущий статус рукописи.

3. Нерецензируемые материалы (материалы научной хроники, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых) направляются на e-mail: [sibvestnik@sfcsa.ru](mailto:sibvestnik@sfcsa.ru) и регистрируются ответственным секретарем.

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Текст рукописи оформляется шрифтом Times New Roman, кеглем 14 с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу. Объем статьи не более 15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и библиографию); статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 7 страниц.

**Структура оформления статьи:**

1. **УДК**
2. **Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).**
3. **Фамилии и инициалы авторов, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования на русском и английском языках.**

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

4. **Реферат на русском и английском языках.** Объем реферата не менее 200–250 слов. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

5. **Ключевые слова на русском и английском языках.** 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли реферат и название статьи.

6. **Информация о конфликте интересов либо его отсутствии.** Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

7. **Благодарности на русском и английском языках.** В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

8. **Основной текст статьи.** При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

**ВВЕДЕНИЕ** (постановка проблемы, цели, задачи исследования)

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ** (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** или **ВЫВОДЫ**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.** Количество источников не менее 15. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии. Самоцитирование не более 10% от общего количества. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке упоминания в тексте, желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Правила оформления списка литературы – в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (требования и правила составления библиографической ссылки). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, рекомендации, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноске* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

**Внимание!** Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

## ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ, REFERENCES И СНОСК

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

#### **Монография**

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

#### **Часть книги**

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

#### **Периодическое издание**

Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

### REFERENCES:

Составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в устоявшемся способе транслитерации, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника (например через сайт: <https://antrophob.ru/translit-bst>) = англоязычное название источника*. Далее оформление для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

**Пример:** Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи

*Zaglavie jurnala = Title of Journal*, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

*Транслитерация источника = Англоязычное название источника*

#### **Монография**

Klimova E.V. *Field crops of Zabaikalya*. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

#### **Часть книги**

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

#### **Периодическое издание**

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

### СНОСКИ:

Цитируемый текст<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

**Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI** (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

*Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S.* Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>.

Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

## РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная

подпись включает порядковый номер рисунка и его название. «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в виде файлов формата \*.jpeg (\*.doc и \*.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\pi$  и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы ( $W^1$ ,  $F_1$  и др.).

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ**

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе редакция оставляет за собой право:

- принять статью к рассмотрению;
- вернуть статью автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные;
- вернуть статью автору (авторам) без рассмотрения, оформленную не по требованиям журнала;
- отклонить статью из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Переписка с авторами рукописи ведется через контактное лицо, указанное в рукописи.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранения замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

## **ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА**

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

## **ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ**

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

## **ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ**

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикации данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзывная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

# ***УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!***

Подписку на журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»  
(как на годовой комплект, так и на отдельные номера)  
можно оформить одним из следующих способов:

- на сайте Почта России. Зайти в раздел «Онлайн-сервисы», затем – «Подписаться на газету или журнал». Подписной индекс издания ПМ401;
- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 46808. Ссылка на издание [http://ural-press.ru/catalog/97210/8656935/?sphrase\\_id=319094](http://ural-press.ru/catalog/97210/8656935/?sphrase_id=319094). В разделе контакты зайти по ссылке <http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства;
- в редакции журнала (телефон 7-383-348-37-62; e-mail: [sibvestnik@sfscs.ru](mailto:sibvestnik@sfscs.ru)).

Полнотекстовая версия журнала  
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»  
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:  
<http://www.elibrary.ru>.

THE SCIENTIFIC JOURNAL  
**SIBERIAN HERALD**  
**OF AGRICULTURAL SCIENCE**

*SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI*

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES  
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

**Volume 52, No 6 (289)**

DOI: 10.26898



**2022**

**November – December**

**Editor-in-Chief** is Alexander S. Donchenko Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Deputy Chief Editor** Tatyana A. Lombanina, Head of the Editorial and Publishing Department of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Editorial board:**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Vladimir V. Azarenko     | Dr. Sci. in Engineering, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Minsk, Belarus                     |
| Victor V. Alt            | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia                                  |
| Olga S. Afanassenko      | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia                                 |
| B. Byambaa               | Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Acad. Of Mongolian Acad. Sci., Ulaanbaatar, Mongolia                    |
| Anatoly N. Vlasenko      | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia                                  |
| Natalia G. Vlasenko      | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                      |
| Kirill S. Golokhvast     | Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                  |
| Olga V. Golub            | Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia   |
| Nikolay P. Goncharov     | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                      |
| Mikhail I. Gulyukin      | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia                               |
| Valery N. Delyagin       | Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia   |
| Seyed Ali Johari         | Associate Professor, PhD, Sanandaj, Iran   |
| Irina M. Donnik          | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia   |
| Nikolay A. Donchenko     | Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia                      |
| Nikolay M. Ivanov        | Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia                              |
| Andrey Yu. Izmailov      | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia                                       |
| Nikolay I. Kashevarov    | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia                                  |
| Valery I. Kiryushin      | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia   |
| Sergey N. Mager          | Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia   |
| Konstantin Ya. Motovilov | Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                  |
| Oleg K. Motovilov        | Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia   |
| Askar M. Nametov         | Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Uralsk, Kazakhstan |
| Vasil S. Nikolov         | Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Sofia, Bulgaria   |
| Sergey P. Ozornin        | Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia   |
| Valery L. Petukhov       | Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia   |
| Revmira I. Polyudina     | Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia   |
| Marina I. Selionova      | Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia  |
| Vladimir A. Soloshenko   | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia                                  |
| Nikolay A. Surin         | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia                                  |
| Ivan F. Khramtsov        | Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia   |
| Sezai Ercisli            | Professor, PhD, Erzurum, Turkey  |
| Seung H. Yang            | Professor, PhD, Gwangju, Korea   |



[www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*  
Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media,  
Communications and Information Technologies on February 2, 2016

**Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences**

**Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,**

**Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62**

**e-mail: [sibvestnik@sfsc.ru](mailto:sibvestnik@sfsc.ru), [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru); [www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)**

© Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2022

© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022