

№2 (74)
ИЮНЬ
2026 г.

Вестник НПК Верхневолжья



В НОМЕРЕ

**Эффективность
управления сорным
компонентом
агрофитоценозов зерновых
культур с помощью БПЛА**

**Комплексная биологическая
и ветеринарно-санитарная
оценка состояния здоровья
дикого пангасиуса
(*Pangasius* sp.) в дельте
реки Меконг (Вьетнам)
с использованием
патоморфологических
и цитогенетических
методов**

**Биологические
и интерьерные показатели
рабочих пчёл
при подготовке к зимовке**

**Влияние устойчивости
движения машинно-
тракторного агрегата
на интенсивность износа
культиваторных лап
в условиях склона**





НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК АПК ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ»
включён в Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты
диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК)

№ п/п	Наименование издания	ISSN	Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым присуждаются ученые степени	Дата включения издания в Перечень
384.	Вестник АПК Верхневолжья	1998- 1635	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)	с 01.02.2022
			1.5.20. Биологические ресурсы (биологические науки) 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно- санитарная экспертиза и биобезопасность (биологические науки) 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно- санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки) 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки) 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки) 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки) 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки) 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)	с 29.03.2023
			4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки)	с 11.12.2023

Ссылка на Перечень ВАК (по состоянию на 29.04.2026)

https://vak.gisnauka.ru/s3-files/01cc80c69fae4988a0246a8f5e2774e7:fsgna/public/media/uploaded/news_files/2094e02c-d851-48cd-9d57-fe7ebd34a039/ddcbef26-952c-4c84-a7f8-e8b48724a117.pdf

«Вестник АПК Верхневолжья» включён в «Белый список» научных журналов.



ISSN 1998-1635

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет»

Главный редактор

ГУСАР СВЕТАНА АЛЕКСАНДРОВНА – ректор ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ", кандидат экономических наук, доцент (Ярославль, Россия)

Заместитель главного редактора

МОРОЗОВ ВАДИМ ВЛАДИМИРОВИЧ – первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ", кандидат физико-математических наук, доцент (Ярославль, Россия)

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Акчурина Сергей Владимирович – доктор ветеринарных наук, доцент (Москва, Россия)

Антипова Татьяна Алексеевна – доктор биологических наук, доцент (Истра, Россия)

Баранова Надежда Сергеевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (пос. Караваево, Костромская область, Россия)

Бачинская Валентина Михайловна – доктор биологических наук, доцент (Москва, Россия)

Беленков Алексей Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва, Россия)

Власова Ольга Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Ставрополь, Россия)

Габидулин Вячеслав Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук (Оренбург, Россия)

Гавриченко Николай Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Витебск, Республика Беларусь)

Голованова Ирина Леонидовна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник (пос. Борок, Ярославская область, Россия)

Голубева Анна Ивановна – доктор экономических наук, профессор (Ярославль, Россия)

Готовский Дмитрий Геннадьевич – доктор ветеринарных наук, профессор (Витебск, Республика Беларусь)

Жигин Алексей Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва, Россия)

Загинайлов Владимир Ильич – доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)

Ивенин Валентин Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Нижний Новгород, Россия)

Калашникова Любовь Александровна – доктор биологических наук, профессор (пос. Лесные Поляны, Московская область, Россия)

Калинин Андрей Борисович – доктор технических наук, доцент (Санкт-Петербург, Россия)

Караваева Ирина Сергеевна – кандидат биологических наук (Москва, Россия)

Карпеня Михаил Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Витебск, Республика Беларусь)

Кондратьева Надежда Петровна – доктор технических наук, профессор (Ижевск, Россия)

Коновалов Александр Владимирович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Ярославль, Россия)

Косилов Владимир Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Оренбург, Россия)

Костюнина Ольга Васильевна – доктор биологических наук (пос. Дубровицы, Московская область, Россия)

Леонтьев Леонид Борисович – доктор биологических наук, доцент (Москва, Россия)

Маннапов Альфир Габдуллович – доктор биологических наук, профессор (Москва, Россия)

Маннапова Рамзия Тимергалеевна – доктор биологических наук, профессор (Москва, Россия)

Миронова Ирина Валерьевна – доктор биологических наук, профессор (Уфа, Россия)

Мосолов Александр Анатольевич – доктор биологических наук (Волгоград, Россия)

Набиева Гулчехра Мирэргашевна – доктор биологических наук, доцент (Ташкент, Республика Узбекистан)

Николаев Владимир Анатольевич – доктор технических наук, доцент (Ярославль, Россия)

Новикова Татьяна Валентиновна – доктор ветеринарных наук, профессор (Вологда, Россия)

Орлов Павел Сергеевич – доктор технических наук, доцент (Ярославль, Россия)

Пронина Галина Иозепоуна – доктор биологических наук, доцент (Москва, Россия)

Сафронов Сергей Леонидович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Санкт-Петербург, Россия)

Скворцова Елена Гамеровна – кандидат биологических наук, доцент (Ярославль, Россия)

Сквородин Евгений Николаевич – доктор ветеринарных наук, профессор (Уфа, Россия)

Сложенкина Марина Ивановна – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН (Волгоград, Россия)

Слынько Елена Евгеньевна – кандидат биологических наук, доцент (пос. Борок, Ярославская область, Россия)

Смелик Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор (Санкт-Петербург, Россия)

Спирidonов Геннадий Николаевич – доктор биологических наук (Казань, Россия)

Степанова Марина Вячеславовна – доктор биологических наук (Москва, Россия)

Тамарова Раиса Васильевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Ярославль, Россия)

Тишанинов Николай Петрович – доктор технических наук, профессор (Тамбов, Россия)

Федосеева Наталья Анатольевна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Балашиха, Московская область, Россия)

Хакимов Рамиль Тагирович – доктор технических наук, доцент (Санкт-Петербург, Россия)

Чугреев Михаил Константинович – доктор биологических наук, доцент (Москва, Россия)

Шмигель Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор (Ярославль, Россия)

Щукин Сергей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Ярославль, Россия)

Редакция журнала:

В. И. Дорохова – канд. экон. наук, доцент, ответственный секретарь
Е. А. Богословская – ведущий секретарь
А. В. Киселева – редактор-дизайнер, редактор-корреспондент
Ю. Д. Кононова – английский перевод

Адрес учредителя, редакции и издателя:

Россия, 150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д.58.

Телефоны: (4852) 552-883 – главный редактор,

(4852) 943-746 – ответственный секретарь

E-mail: vestnik@yarcx.ru, e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Отпечатано в типографии редакционно-издательского отдела ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ"

Адрес типографии:

Россия, 150042, Ярославль, Тутаевское шоссе, д. 58

Подписано в печать: 30 июня 2026 г.

Дата выхода в свет 16.07.2026 г.,

время по графику: 15-00, время фактическое: 15-00

Тираж: 1000 экз. Цена свободная.

16+

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Журнал включен в базу данных международной информационной системы AGRIS, а также в РИНЦ.

Издание зарегистрировано: в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Регистрационный номер:** ПИ №ФС77-89404 от 15 апреля 2025 г.

**The Founder:**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University"

The Editor-in-chief

GUSAR SVETLANA ALEKSANDROVNA – Rector of the FSBEI HE "Yaroslavl SAU", Candidate of Economic Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

The Deputy Editor-in-chief

MOROZOV VADIM VLADIMIROVICH – First Vice-Rector – Vice-Rector for Scientific Work and Digital Transformation of the FSBEI HE "Yaroslavl SAU", Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD

Akchurin Sergey Vladimirovich – Doctor of Veterinary Sciences, Docent (Moscow, Russia)

Antipova Tatyana Alekseevna – Doctor of Biological Sciences, Docent (Istra, Russia)

Baranova Nadezhda Sergeevna – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Karavaevo, Kostroma Region, Russia)

Bachinskaya Valentina Mikhailovna – Doctor of Biological Sciences, Docent (Moscow, Russia)

Belenkov Aleksey Ivanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

Vlasova Olga Ivanovna – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Stavropol, Russia)

Gabidulin Vyacheslav Mikhailovich – Doctor of Agricultural Sciences (Orenburg, Russia)

Gavrichenko Nikolay Ivanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Vitebsk, Republic of Belarus)

Golovanova Irina Leonidovna – Doctor of Biological Sciences, Senior Research Officer (Borok, Yaroslavl Region, Russia)

Golubeva Anna Ivanovna – Doctor of Economic Sciences, Full Professor (Yaroslavl, Russia)

Gotovskiy Dmitriy Gennadyevich – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor (Vitebsk, Republic of Belarus)

Zhigin Aleksey Vasilyevich – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

Zaginailov Vladimir Ilyich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

Ivenin Valentin Vasilyevich – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Nizhniy Novgorod, Russia)

Kalashnikova Lyubov Aleksandrovna – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Lesnye Polyany, Moscow Region, Russia)

Kalinin Andrey Borisovich – Doctor of Technical Sciences, Docent (St. Petersburg, Russia)

Karavaeva Irina Sergeevna – Candidate of Biological Sciences (Moscow, Russia)

Karpenya Mikhail Mikhailovich – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Vitebsk, Republic of Belarus)

Kondrateva Nadezhda Petrovna – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Izhevsk, Russia)

Konovalov Aleksandr Vladimirovich – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

Kosilov Vladimir Ivanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Orenburg, Russia)

Kostyunina Olga Vasilyevna – Doctor of Biological Sciences (Dubrovitsy, Moscow Region, Russia)

Leontyev Leonid Borisovich – Doctor of Biological Sciences, Docent (Moscow, Russia)

Mannapov Alfir Gabdullovich – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

Mannapova Ramziya Timergaleevna – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

Mironova Irina Valeryevna – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Ufa, Russia)

Mosolov Aleksandr Anatolyevich – Doctor of Biological Sciences (Volgograd, Russia)

Nabieva Gulchekhra Mirergashevna – Doctor of Biological Sciences, Docent (Tashkent, Republic of Uzbekistan)

Nikolaev Vladimir Anatolyevich – Doctor of Technical Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

Novikova Tatyana Valentinovna – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor (Vologda, Russia)

Orlov Pavel Sergeevich – Doctor of Technical Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

Pronina Galina Iozepovna – Doctor of Biological Sciences, Docent (Moscow, Russia)

Safronov Sergey Leonidovich – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (St. Petersburg, Russia)

Skvortsova Elena Gumerovna – Candidate of Biological Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

Skovorodin Evgeniy Nikolaevich – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor (Ufa, Russia)

Slozhenkina Marina Ivanovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of RAS

(Volgograd, Russia)

Slyanko Elena Evgenyevna – Candidate of Biological Sciences, Docent (Borok, Yaroslavl Region, Russia)

Smelik Viktor Aleksandrovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (St. Petersburg, Russia)

Spiridonov Gennadiy Nikolaevich – Doctor of Biological Sciences (Kazan, Russia)

Stepanova Marina Vyacheslavovna – Doctor of Biological Sciences (Moscow, Russia)

Tamarova Raisa Vasilyevna – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Yaroslavl, Russia)

Tishaninov Nikolay Petrovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Tambov, Russia)

Fedoseeva Natalya Anatolyevna – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Balashikha, Moscow Region, Russia)

Khakimov Ramil Tagirovich – Doctor of Technical Sciences, Docent (St. Petersburg, Russia)

Chugreev Mikhail Konstantinovich – Doctor of Biological Sciences, Docent (Moscow, Russia)

Shmigel Vladimir Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Yaroslavl, Russia)

Shchukin Sergey Vladimirovich – Candidate of Agricultural Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

Journal editorial staff:

V. I. Dorokhova – Candidate of Economic Sciences, Docent, the executive editor

E. A. Bogoslovskaya – the leading secretary

A. V. Kiseleva – the editor-designer, the editor correspondent

Yu. D. Kononova – English translation

Address of the founder, editorial office, printing office:

Russia, 150042, Yaroslavl, Tutaevskoe Shosse, 58

Phones number:

+7 (4852) 552-883 – the editor-in-chief,

+7 (4852) 943-746 – the executive secretary

E-mail: vestnik@yarcx.ru, e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Printed in printing house of publishing department of FSBEI HE "Yaroslavl SAU".

Printing house address: Russia, 150042, Yaroslavl, Tutaevskoe Shosse, 58

Passed for printing: 30.06.2026. **Printed:** 16.07.2026

Time planned: 15-00. **Actual time:** 15-00

Circulation: 1000 copies

Price is uncontrolled

The journal is included into the List of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of dissertations for the degrees of Candidate of Sciences and Doctor of Sciences should be published.

The journal is included in the database of the international information system AGRIS, as well as in the RSCI.

The edition is registered in Federal Agency of supervision of a compliance with law in sphere of mass communications and cultural heritage protection

The registration number: ПИ ФС77-89404 from April, 15th, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

- А. Н. Есаулко, А. Ю. Ожередова, Е. В. Письменная, И. Ю. Вдовыдченко, О. А. Шевченко Мониторинг влияния доз азотных удобрений, применяемых в подкормку, на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы5
- А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко, Е. А. Устименко, Н. В. Громова, Д. З. Абдуллаев Влияние видов минеральных удобрений, применяемых при посеве, на химический состав растений, урожайность и качество семян подсолнечника, возделываемого в условиях зоны неустойчивого увлажнения13
- А. М. Труфанов, С. В. Шукин, В. В. Седова, И. А. Волков Эффективность управления сорным компонентом агрофитоценозов зерновых культур с помощью БПЛА20
- А. А. Дубинина, Т. П. Сабирова, А. А. Лобанова, А. В. Тихонов Влияние технологий возделывания на сохранность и продуктивность кукурузы28

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

- И. А. Антипов, Р. А. Ложкина, Е. Г. Скворцова, Л. И. Терещенко, В. Т. Комов Содержание ртути в мышцах леща *Abramis brama* Рыбинского водохранилища в октябре 2024 года35
- И. С. Караваева, М. К. Чугреев Многолетняя динамика численности зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) на территории Нижегородской области42
- Е. Е. Слынько, Н. С. Мурина, В. Н. Федорова, М. Ле Куанг, В. Б. Смирнова, М. П. Грушко, А. А. Руденко, Е. М. Бесфамильная, Э. А. Шарыкина, Н. Ю. Терпугова, Ю. В. Чеботарева, Д. Ку Нгуен Комплексная биологическая и ветеринарно-санитарная оценка состояния здоровья дикого пангасиуса (*Pangasius* sp.) в дельте реки Меконг (Вьетнам) с использованием патоморфологических и цитогенетических методов48

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

- В. И. Косилов, И. В. Миронова, С. Г. Исламова, Р. М. Хабибуллин, О. В. Крупина Белковый состав сыворотки крови и активность ферментов переаминирования чистопородных и помесных бычков56
- И. В. Миронова, Э. Е. Давлетшин, Р. М. Хабибуллин, О. В. Крупина, А. М. Калимуллин Гематологические показатели крови коров-первотёлок при использовании в рационе углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки по сезонам года61
- О. Алзибо, С. Н. Храпова, А. Г. Маннапов Биологические и интерьерные показатели рабочих пчёл при подготовке к зимовке67
- М. К. Чугреев, Е. В. Егорашина, Е. А. Горнич Сравнительное изучение интенсивности развития, продуктивности и зимостойкости среднерусских пчёл (*Apis mellifera mellifera* L.) в условиях Ярославской области77
- В. М. Бачинская, Ф. И. Василевич, Д. В. Гончар, А. В. Шаркова Оценка эффективности кормовой добавки «Абиотоник» в повышении продуктивности и физиологического статуса кур-несушек84
- И. Ю. Постраш, Д. Т. Агаева, Т. В. Бондарь Возможности применения УФ-спектрофотометрии для контроля качества некоторых цефалоспоринов91

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

- Д. С. Казаков, С. Г. Белокуров, В. А. Карабинова, А. И. Волхонова Влияние уровня удоя за первую лактацию на продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность коров костромской породы в племенных предприятиях Костромской области97
- А. С. Сморгцова, Н. С. Баранова, А. А. Королёв Особенности экстерьера коров-первотёлок костромской породы разных линий и родственных групп102
- Е. Г. Скворцова, О. В. Филинская, Д. А. Смирнов, Л. Родригес Медерос, И. А. Залетов Сравнительная генетическая характеристика микросателлитного профиля коров голштинской породы двух популяций108

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

- С. В. Тарасова, Н. М. Ожегов Влияние устойчивости движения машинно-тракторного агрегата на интенсивность износа культиваторных лап в условиях склона114

Трибуна молодых учёных

- Ш. С. Боронов Анализ нуклеотидных последовательностей гена *COI* линия из географически удалённых точек120
- Л. Родригес Медерос Оценка быков-производителей голштинской породы по продуктивности дочерей в ООО «Племзавод Барыбино»124

- Предметный указатель128

CONTENTS

FARMING AND CROP PRODUCTION

- A. N. Esaulko, A. Yu. Ozheredova, E. V. Pismennaya, I. Yu. Vdovydchenko, O. A. Shevchenko** Monitoring the Influence of Nitrogen Fertilizer Doses Used as Top Dressing on the Agrochemical Indicators of Leached Chernozem, Yield and Quality of Winter Wheat Grain5
- A. Yu. Ozheredova, A. N. Esaulko, E. A. Ustimenko, N. V. Gromova, D. Z. Abdullaev** Influence of Types of Mineral Fertilizers Used during Sowing on the Chemical Composition of Plants, Yield and Quality of Sunflower Seeds Cultivated in Conditions of the Zone of Unstable Moisture13
- A. M. Trufanov, S. V. Shchukin, V. V. Sedova, I. A. Volkov** Effectiveness of Weed Component Management in Grain Crops Agrophytocenoses Using UAVs20
- A. A. Dubinina, T. P. Sabirova, A. A. Lobanova, A. V. Tikhonov** The Influence of Cultivation Technologies on the Safety and Productivity of Corn28

BIOLOGICAL RESOURCES

- I. A. Antipov, R. A. Lozhkina, E. G. Skvortsova, L. I. Tereshchenko, V. T. Komov** Mercury Content in the Muscles of Bream *Abramis Brama* of the Rybinsk Reservoir in October 202435
- I. S. Karavaeva, M. K. Chugreev** Long-Term Dynamics of the Blue Rabbit (*Lepus Timidus* L.) Number in the Nizhny Novgorod Region42
- E. E. Slynko, N. S. Murina, V. N. Fedorova, M. Le Quang, V. B. Smirnova, M. P. Grushko, A. A. Rudenko, E. M. Besfamilnaya, E. A. Sharykina, N. Yu. Terpugova, Yu. V. Chebotareva, D. Cu Nguyen** Comprehensive Biological and Veterinary-Sanitary Assessment of the Health Status of Wild Pangasius (*Pangasius* sp.) in the Mekong River Delta (Vietnam) Using Pathomorphological and Cytogenetic Methods48

VETERINARY SCIENCE AND ZOOTECHNICS

- V. I. Kosilov, I. V. Mironova, S. G. Islamova, R. M. Khabibullin, O. V. Krupina** Protein Composition of Blood Serum and Activity of Transamination Enzymes in Purebred and Mongrel Bulls56
- I. V. Mironova, E. E. Davletshin, R. M. Khabibullin, O. V. Krupina, A. M. Kalimullin** Hematological Blood Parameters of first-calf heifers when Using Carbohydrate-Nutrient Mixture Based on Dry Molasses in the Diet by Seasons of the Year61
- O. Alzibo, S. N. Khrapova, A. G. Mannapov** Biological and Interior Indicators of Worker Bees in Preparation for Wintering67
- M. K. Chugreev, E. V. Egorashina, E. A. Gornich** Comparative Study of the Development Intensity, Productivity and Winter Hardiness of Central Russian Bees (*Apis Mellifera Mellifera* L.) in the Conditions of the Yaroslavl Region77
- V. M. Bachinskaya, F. I. Vasilevich, D. V. Gonchar, A. V. Sharkova** Effectiveness Evaluation of the Feed Additive "Abiotonic" in Increasing the Productivity and Physiological Status of Laying Hens84
- I. Yu. Postrash, D. T. Agaeva, T. V. Bondar** Possibilities of Application of UV Spectrophotometry for Quality Control of Some Cephalosporins91

BREEDING, SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY OF ANIMALS

- D. S. Kazakov, S. G. Belokurov, V. A. Karabinova, A. I. Volkhonova** The Influence of Milk Yield Level for the First Lactation on the Productive Longevity and Lifetime Productivity of Kostroma Breed Cows in Breeding Enterprises of the Kostroma Region97
- A. S. Smorchkova, N. S. Baranova, A. A. Korolev** Exterior Features of First-Calf Cows of the Kostroma Breed of Different Lines and Related Groups102
- E. G. Skvortsova, O. V. Filinskaya, D. A. Smirnov, L. Rodriguez Mederos, I. A. Zaletov** Comparative Genetic Characteristics of the Microsatellite Profile of Holstein Cows of Two Populations108

TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

- S. V. Tarasova, N. M. Ozhegov** The Effect of the Machine-Tractor Unit Movement Stability on the Wear Rate of Cultivator Shovels in Slope Conditions114

TRIBUNE OF YOUNG SCIENTISTS

- Sh. S. Boronov** Nucleotide Sequence Analysis of the *COI* Gene in Tench from Geographically Distant Locations..120
- L. Rodriguez Mederos** Evaluation of Holstein Breed Stud Bulls by the Productivity of Daughters at OOO "Plemzavod Barybino"124

- Subject index**128

Научная статья
УДК 631.82:633.11 «324»
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.001

МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОДКОРМКУ, НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**А. Н. Есаулко¹, А. Ю. Ожередова², Е. В. Письменная³,
И. Ю. Вдовыдченко⁴, О. А. Шевченко⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Автор, ответственный за переписку: Алена Юрьевна Ожередова,
alena.gurueva@mail.ru, ORCID 0000-0001-6038-6409

Реферат. В статье представлены результаты двухлетнего (2023–2025 гг.) мониторинга, проведённого на учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ, по изучению влияния возрастающих доз азотных подкормок (N_{35} , N_{51} , N_{70} , N_{87}) на фоне припосевного внесения $N_{13}P_{60}$ на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Алексеич. Установлено, что применение азотных подкормок, по сравнению с контролем, достоверно повышало содержание нитратного и аммонийного азота в почве (на 1,9...7,0 и 1,9...6,0 мг/кг соответственно). Наибольшее содержание подвижного фосфора было отмечено на варианте с применением фона $N_{13}P_{60}$ (25,4 мг/кг), тогда как увеличение доз азотных подкормок способствовало его снижению. Подвижный калий не имел чёткой зависимости от применяемых доз азотных подкормок, а содержание подвижных меди и цинка изменялось на 0,02...0,03 и 0,01... 0,04 мг/кг, но изменения между вариантами находились в узких пределах. По фазам вегетации озимой пшеницы выявлена закономерная динамика: максимальное содержание всех изучаемых элементов отмечалось в фазу конца кущения с последующим достоверным снижением к полной спелости. Применение азотных подкормок обеспечило существенное увеличение урожайности (на 0,70...1,83 т/га) по сравнению с контролем (3,91 т/га). Наибольшая продуктивность (5,74 т/га) достигнута при внесении N_{87} , однако прибавка к варианту N_{70} составила лишь 0,12 т/га, что указывает на снижение окупаемости удобрений. Качество зерна закономерно улучшалось с ростом доз азотных удобрений: содержание клейковины – на 4,4...10,7%, белка – на 1,9...5,0%, стекловидности – на 2...7%. Класс зерна повысился с V до III.

Ключевые слова: мониторинг, дозы азотных удобрений, озимая пшеница, чернозём выщелоченный, подкормка, агрохимические показатели, нитратный азот, аммонийный азот, подвижные фосфор, калий, медь, цинк, урожайность, качество зерна

MONITORING THE INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZER DOSES USED AS TOP DRESSING ON THE AGROCHEMICAL INDICATORS OF LEACHED CHERNOZEM, YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN

**A. N. Esaulko¹, A. Yu. Ozheredova², E. V. Pismennaya³,
I. Yu. Vdovydchenko⁴, O. A. Shevchenko⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Author responsible for the correspondence: Alena Yu. Ozheredova,
alena.gurueva@mail.ru, ORCID 0000-0001-6038-6409

Abstract. The article presents the results of two-year (2023–2025) monitoring carried out at the training and experimental station of the Stavropol State Agrarian University to study the effect of increasing doses of nitrogen top-dressings (N_{35} , N_{51} , N_{70} , N_{87}) against the background at sowing application of $N_{13}P_{60}$ on the agrochemical indicators of leached chernozem, yield and grain quality of winter wheat of the Alekseich variety. It was found that the use of nitrogen top-dressings, compared with the control, significantly increased the content of nitrate and ammonium nitrogen in the soil (by 1.9...7.0 and 1.9...6.0 mg/kg, respectively). The highest content of mobile phosphorus was observed in the variant with the application of background $N_{13}P_{60}$ (25.4 mg/kg), while an increase in doses of nitrogen top-dressings contributed to its decrease. Mobile potassium did not have a clear dependence on the applied doses of nitrogen top-dressings, and the content of mobile copper and zinc varied by 0.02...0.03 and 0.01...0.04 mg/kg, but changes between variants were within narrow limits. According to the phases of winter wheat vegetation, a consistent pattern was revealed: the

maximum content of all the elements under study was observed in the phase of the end of tillering with a subsequent significant decrease to full maturity. The use of nitrogen top-dressings provided a significant increase in yield (by 0.70...1.83 t/ha) compared to the control (3.91 t/ha). The highest productivity (5.74 t/ha) was achieved with the application of N_{87} , however, the increase to N_{70} variant was only 0.12 t/ha, which indicates a decrease in the payback of fertilizers. The quality of grain naturally improved with an increase in doses of nitrogen fertilizers: gluten content – by 4.4...10.7%, protein – by 1.9...5.0%, vitreousness – by 2...7%. The grain class increased from V to III.

Keywords: monitoring, nitrogen fertilizer doses, winter wheat, leached chernozem, fertilizing, agrochemical indicators, nitrate, ammonium nitrogen, mobile phosphorus, potassium, copper, zinc, yield, grain quality

Финансирование. Исследование выполняется за счёт средств соглашения о предоставлении субсидии федеральному бюджетному или автономному учреждению на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 082-03-2026-125 от 30.01.2026 г.

Введение. Ведущее положение среди зерновых культур в Российской Федерации занимает пшеница. В последние годы её посевы составляют 59% от всех площадей, отведённых под зерновые, а в общем объёме производства зерна на долю этой культуры приходится 62%. Россия прочно удерживает позиции в тройке крупнейших мировых экспортёров пшеницы. Однако средняя урожайность по стране остаётся относительно невысокой – около 3,0 т/га, тогда как генетический потенциал современных сортов озимой пшеницы превышает 10,0 т/га [1; 2]. Среди ключевых факторов, определяющих величину урожая, важнейшее место занимает обеспеченность растений элементами минерального питания. Научно обоснованное применение удобрений служит основой для формирования устойчивых агроэкосистем и высокопродуктивного земледелия, позволяя получать стабильные урожаи без снижения почвенного плодородия [3].

Минеральные удобрения оказывают определённое влияние на агрохимические показатели почв, увеличивая или снижая количество доступных макро- и микроэлементов в почвенном растворе, являющемся одним из основных источников пищи для культурных растений. От того, какая система удобрения подобрана, зависит обеспеченность культуры питанием, а если оно полноценно, то отзывчивость у культурного растения проявляется в виде повышения продуктивности и показателей качества [4; 5; 6].

Особое значение в повышении урожайности и улучшении качества зерна озимой пшеницы принадлежит азотным удобрениям. Дефицит азота, особенно в начальные фазы роста, наносит серьёзный ущерб будущему урожаю, тогда как его избыток также нежелателен. Именно поэтому поддержание оптимального уровня азотного питания на протяжении всей вегетации играет решающую роль в реализации ресурсного потенциала любого культурного растения. Научные исследования и многолетняя практика убедительно доказывают, что ранневесенние азотные подкормки положительно сказываются на урожайности озимой пшеницы, увеличивая её в среднем от 0,4 до 2,0 т/га. Значительно возрастают и качественные показатели зерна, такие как сырая клейковина – от 3 до 7%, белок – от 1 до 3% соответственно [7; 8].

В настоящее время перед агрономической наукой стоит задача поиска эффективных путей повышения почвенного плодородия, урожайности современных сортов озимой пшеницы и улучшения показателей качества зерна [9; 10]. В связи с этим выполненные нами исследования представляются весьма актуальными, а цель работы – установить влияние доз азотных удобрений, применяемых в подкормку, на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Материалы и методы. Опыт закладывался на учебно-опытной станции Ставропольского государ-



Авторы фото: А. Ю. Ожередова, Д. И. Иванников, В. Ю. Димитренко

Рисунок 1 – Закладка опытов, ведение исследований

Мониторинг влияния доз азотных удобрений, применяемых в подкормку, на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы

ственного аграрного университета в 2023–2026 гг., материалы в статье представлены за 2023–2025 гг., в 2026 году проводится сбор экспериментальных данных (рис. 1).

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый, имел следующую агрохимическую характеристику в слое 0...20 см: pH (определена потенциометрическим методом в водной суспензии) – 6,4–6,9 ед. (нейтральная); содержание органического вещества (диагностировано по методу Тюрина) – 4,3–5,2% (среднее); $N-NO_3$ (установлен ионометрическим методом) – 16–30 мг/кг почвы (среднее, высокое); подвижных форм фосфора и калия (выявленных по методу Мачигина) – 24–34 мг/кг (среднее, повышенное) и 228–254 мг/кг (среднее).

Объект исследований – озимая пшеница сорта Алексеич. Предмет исследований – азотные подкормки. Контроль – вариант, на котором минеральные удобрения не применялись (естественный агрохимический фон). Фон $N_{13}P_{60}$ с внесением аммофоса 108 кг/га при посеве озимой пшеницы. Все дозы азотных удобрений применялись в фазу весеннего кушения на вариантах: N_{35} – 100 кг/га аммиачной селитры, N_{51} – 150 кг/га, N_{70} – 200 кг/га, N_{87} – 250 кг/га.

Опыт однофакторный (Фактор А – азотная подкормка) заложен в производственных условиях, повторность опыта 3-кратная, ширина делянки – 28 м, длина делянки – 72 м, общая площадь делянки – 2016 м². Предшественник – озимая пшеница.

Определение агрохимических показателей почвенного плодородия осуществляли: $N-NO_3$ – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86); $N-NH_4$ – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-91); подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91); подвижные соединения меди (ГОСТ Р 50683-94) и цинка (ГОСТ Р 50686-94) – по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО.

Урожайность учитывали в соответствии с методиками Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019 г.). Определение качественных показателей зерна озимой пшеницы осуществлялось в соответствии с ГОСТами (белок – ГОСТ 10846-91, клейковина – ГОСТ 13586.1-68, ИДК – ГОСТ 27676-88, стекловидность – ГОСТ 10987-76). Статистическую обработку экспери-

ментальных данных осуществляли корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами [11; 12].

Для озимой пшеницы лучшим по погодным условиям оказался 2024–2025 сельскохозяйственный год, в котором сумма осадков составила 496,8 мм (больше, чем в 2023–2024 гг., на 36,3 мм), а средняя температура – 11,0°C (ниже, чем в 2023–2024 гг., на 1,5°C). При этом оба года исследований, по сравнению со среднемноголетними показателями, характеризовались снижением количества выпавших осадков (2023–2024 гг. – на 90,5 мм, 2024–2025 гг. – на 54,2 мм) и увеличением среднемноголетних температур (2023–2024 гг. – на 3,3°C, 2024–2025 гг. – на 1,8°C).

Результаты и их обсуждение. Применение одного только фона минерального питания $N_{13}P_{60}$ с посевом озимой пшеницы несущественно снижало содержание нитратного азота в чернозёме выщелоченном относительно контрольного варианта на 0,6 мг/кг. Происходило это за счёт того, что такой элемент, как фосфор, стимулирует развитие корневой системы, заставляя растение озимой пшеницы активнее поглощать нитратный азот из почвы, а невысокое его содержание в припосевной дозе не компенсирует вынос. Использование возрастающих доз азотных подкормок с изучаемым фоном питания от 35 кг/га д.в. до 87 кг/га д.в. достоверно повышало концентрацию элемента в почве от 1,9 до 7,0 мг/кг. Начиная от конца кушения, к периоду полной спелости культуры зафиксировано значительное устойчивое неуклонное снижение нитратного азота в почве на 4,9...10,0 мг/кг (табл. 1).

По аммонийному азоту установлена аналогичная закономерность, только припосевное применение фона, по сравнению с контролем, недостоверно снижало в почве на 0,3 мг/кг содержание аммонийного азота, а применение доз азотных подкормок N_{35} , N_{51} , N_{70} , N_{87} существенно увеличивало количество элемента на 1,9, 3,2, 4,5, 6,0 мг/кг соответственно. В конце кушения была отмечена максимальная концентрация аммонийного азота в чернозёме выщелоченном (28,9 мг/кг), снижающаяся к минимуму к периоду полной спелости – до 18,9 мг/кг, что в каждый межфазный период (конец кушения – выход в трубку, выход в трубку – колошение, колошение – полная спелость) было достоверным на 4,2, 2,5, 3,3 мг/кг. (табл. 2). Снижение двух форм азота

Таблица 1 – Динамика содержания нитратного азота в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				A_r $HCP_{05} = 1,02$
	конец кушения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	15,9	11,6	13,6	8,0	12,3
Фон $N_{13}P_{60}$	16,1	11,2	12,0	7,4	11,7
Фон + N_{35}	18,6	13,3	15,5	9,5	14,2
Фон + N_{51}	20,6	15,2	16,8	10,4	15,8
Фон + N_{70}	22,7	17,8	19,2	11,2	17,7
Фон + N_{87}	24,1	19,8	21,6	11,8	19,3
В, $HCP_{05} = 1,48$	19,7	14,8	16,5	9,7	$HCP_{05} = 1,88$

Таблица 2 – Динамика содержания аммонийного азота в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, HCP ₀₅ = 1,46
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	25,0	22,3	19,7	17,3	21,1
Фон N ₁₃ P ₆₀	25,4	21,9	19,4	16,5	20,8
Фон + N ₃₅	27,7	24,1	22,0	18,1	23,0
Фон + N ₅₁	29,8	25,2	22,8	19,2	24,3
Фон + N ₇₀	31,6	26,5	23,8	20,5	25,6
Фон + N ₈₇	33,6	27,9	25,3	21,6	27,1
В, HCP ₀₅ = 1,68	28,9	24,7	22,2	18,9	HCP ₀₅ = 2,32

в почве от конца кущения к полной спелости озимой пшеницы можно обосновать как особенностями питания культуры, так и погодными условиями.

Максимальное содержание подвижного фосфора в почве было зафиксировано на варианте с применением фона N₁₃P₆₀ – 25,4 мг/кг, что существенно превышало контроль, с разницей на 3,1 мг/кг, фон с азотной подкормкой N₇₀ – на 1,4 мг/кг и фон с подкормкой в дозе N₈₇ – на 1,5 мг/кг. Разница с вариантами фон + N₃₅ (на 0,4 мг/кг) и фон + N₅₁ (на 1,0 мг/кг) оказалась недостоверной. Можно отметить следующую зависимость: с увеличением азотного питания происходит снижение запасов подвижного фосфора в почве. От фазы кущения к фазе полной спелости озимой пшеницы наблюдалось снижение содержания элемента, значительным оно было в один межфазный период – выход в трубку – колошение (на 2,6 мг/кг), таблица 3.

Динамика подвижного калия в чернозёме выщелоченном определенной связи с дозами изучаемых подкормок не имела. Контроль и вариант Фон + N₈₇ имели одинаковое количество элемента – 217 мг/кг, другие три варианта, где на фоне применялись дозы азотных подкормок N₃₅, N₅₁, N₇₀ – 221 мг/кг. Максимальное значение подвижного калия (224 мг/кг) было отмечено на варианте с припосевным применением аммофоса. Возможно, наличие фосфора (P₆₀) способствует лучшему обмену ионов в почве, что повышает мобильность калия по сравнению с абсолютным контролем без удобрений. При добавлении к фону азотных подкормок происходит

формирование большей биомассы, что приводит к более интенсивному потреблению калия из почвы, но значимых различий с увеличением доз азотных подкормок не отмечено. По срокам отбора происходило снижение от 236 мг/кг в конце кущения до 199 мг/кг – к полной спелости, с достоверной разницей на 37 мг/кг (табл. 4).

Содержание подвижной меди в почве во всех вариантах опыта находилось на низком уровне. Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на концентрацию этого микроэлемента. Средние значения по фактору А варьировали в узком диапазоне – от 0,24 до 0,28 мг/кг при HCP₀₅ = 0,014, что указывало на достоверные различия между контрольным вариантом и применением фона N₁₃P₆₀ (+0,04 мг/кг) и фона с подкормками N₃₅ (+0,02 мг/кг), N₅₁ (+0,03 мг/кг), N₇₀ (+0,03 мг/кг), N₈₇ (+0,02 мг/кг). В динамике от конца кущения к полной спелости наблюдалось резкое снижение содержания подвижной меди в 4,3 раза. Это может быть связано как с потреблением элемента растениями, так и с переходом меди в труднодоступные формы в процессе вегетации (табл. 5).

Согласно таблице 6, содержание подвижного цинка в чернозёме выщелоченном с применением минеральных удобрений, по сравнению с контролем, возрастало от 0,01 до 0,04 мг/кг, существенным повышением было на вариантах Фон + N₃₅ и Фон + N₅₁. Возможно, это связано с тем, что при внесении минеральных удобрений происходило подкисление pH, и ионы цинка активнее переходили из минералов в почвенный раствор, с уве-

Таблица 3 – Динамика содержания подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, HCP ₀₅ = 1,28
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	24,3	23,6	21,2	19,8	22,3
Фон N ₁₃ P ₆₀	27,7	26,8	24,2	22,8	25,4
Фон + N ₃₅	27,3	26,5	23,7	22,4	25,0
Фон + N ₅₁	26,5	25,8	23,0	22,1	24,4
Фон + N ₇₀	26,3	25,5	23,0	21,3	24,0
Фон + N ₈₇	26,0	25,1	22,9	21,7	23,9
В, HCP ₀₅ = 1,68	26,4	25,6	23,0	21,7	HCP ₀₅ = 2,46

Таблица 4 – Динамика содержания подвижного калия в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, HCP ₀₅ = 11,2
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	235	230	210	192	217
Фон N ₁₃ P ₆₀	242	232	220	200	224
Фон + N ₃₅	238	233	215	196	221
Фон + N ₅₁	236	231	216	199	221
Фон + N ₇₀	233	225	216	208	221
Фон + N ₈₇	233	225	213	198	217
В, HCP ₀₅ = 12,8	236	229	215	199	HCP ₀₅ = 18,2

Таблица 5 – Динамика содержания подвижной меди в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, HCP ₀₅ = 0,014
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	0,45	0,20	0,19	0,10	0,24
Фон N ₁₃ P ₆₀	0,53	0,24	0,21	0,12	0,28
Фон + N ₃₅	0,51	0,22	0,20	0,11	0,26
Фон + N ₅₁	0,52	0,22	0,20	0,14	0,27
Фон + N ₇₀	0,52	0,23	0,20	0,14	0,27
Фон + N ₈₇	0,51	0,21	0,19	0,13	0,26
В, HCP ₀₅ = 0,016	0,51	0,22	0,20	0,12	HCP ₀₅ = 0,026

личением доз азотных подкормок до N₇₀ и N₈₇ фиксировалось снижение из-за большего набора вегетативной массы культуры, сопровождающегося более активным потреблением микроэлемента из почвы. Динамика по срокам отбора однотипна с предыдущими показателями: максимальное содержание – в конце кущения, минимальное – в полную спелость. Различия достоверны только в межфазный период (конец кущения – выход в трубку) – на 0,13 мг/кг.

На контроле урожайность озимой пшеницы составила 3,91 т/га, применение только фона обеспечивало незначительное повышение продуктивности – на 0,23 т/га, а вот использование всех доз азотных подкормок достоверно увеличивало урожайность культуры

от 0,70 до 1,83 т/га. При сравнении возрастающих доз азотных подкормок между собой, можно говорить о том, что достоверная разница между вариантами отмечается только с повышением подкормки от 35 до 51 кг/га д.в. азота (на 0,57 т/га), таблица 7.

Применение только одного фона N₁₃P₆₀, по сравнению с контрольным вариантом, на значительное улучшение показателей качества зерна озимой пшеницы не влияло. С увеличением дозы азотной подкормки закономерно повышалось содержание клейковины (+4,4, 7,1, 8,9, 10,7%), белка (+1,9, 3,5, 4,1, 5,0%) и стекловидности (+4, 4, 2, 7%). Индекс деформации клейковины (ИДК) снижался с 77 до 63 ед., что свидетельствует об улучшении её физических свойств. Подкормка азот-

Таблица 6 – Динамика содержания подвижного цинка в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, HCP ₀₅ = 0,026
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	0,63	0,52	0,51	0,48	0,54
Фон N ₁₃ P ₆₀	0,68	0,55	0,52	0,50	0,56
Фон + N ₃₅	0,70	0,56	0,53	0,52	0,58
Фон + N ₅₁	0,68	0,55	0,53	0,50	0,57
Фон + N ₇₀	0,67	0,54	0,53	0,50	0,56
Фон + N ₈₇	0,65	0,53	0,51	0,50	0,55
В, HCP ₀₅ = 0,036	0,67	0,54	0,52	0,50	HCP ₀₅ = 0,062

Таблица 7 – Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы, среднее за 2024–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Влажность при уборке, %	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
Контроль	11,9	3,91	–
Фон $N_{13}P_{60}$	11,8	4,14	0,23
Фон + N_{35}	11,9	4,61	0,70
Фон + N_{51}	11,9	5,18	1,27
Фон + N_{70}	11,9	5,62	1,71
Фон + N_{87}	11,9	5,74	1,83
НСП ₀₅	–	0,484	–

Таблица 8 – Влияние азотных подкормок на показатели качества зерна озимой пшеницы, среднее за 2024–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Показатель качества зерна в опыте				
	Клейковина, %	Белок, %	ИДК, ед.	Стекловидность, %	Класс зерна
Контроль	17,0	10,0	77	49	V
Фон $N_{13}P_{60}$	17,9	10,2	76	51	V
Фон + N_{35}	21,4	11,9	68	53	IV
Фон + N_{51}	24,1	13,5	70	53	III
Фон + N_{70}	25,9	14,1	68	51	III
Фон + N_{87}	27,7	15,0	63	56	III
НСП ₀₅	2,28	1,22	–	4,8	–

ными удобрениями увеличивала классность зерна с V до III класса (табл. 8).

Выводы. Двухлетний мониторинг по изучению влияния азотных удобрений на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного позволил выявить следующее:

1. Все азотные подкормки значительно увеличивали в почве содержание NO_3^- и NH_4^+ как по сравнению с контролем (+1,9–7,0 и +21,9–6,0 мг/кг), так и с применением только фона $N_{13}P_{60}$ (2,5–7,6 и 2,2–6,3 мг/кг). В связи с тем, что на всех изучаемых вариантах, за исключением контрольного, было внесено с посевом озимой пшеницы 108 кг/кг аммофоса, содержание подвижного фосфора в почве доминировало на удобренных вариантах, и разница по содержанию с естественным агрохимическим фоном составляла от 1,6 до 3,1 мг/кг (существенная), но с увеличением доз азотных подкормок эта разница снижалась. Содержание подвижного калия в почве не имело достоверной зависимости от доз азотных подкормок и варьировало в пределах 217–224 мг/кг. Подвижные медь и цинк в чернозёме выщелоченном с применением удобрений существенно возрастали, в большей степени, по сравнению с контрольным вариантом, но повышение доз азота приводило к уменьшению их запасов из-за усиления выноса сформированной биомассой, что указывает на необходимость контроля микроэлементного питания. По всем изученным показателям отмечена закономерная динамика по фазам веге-

тации: максимальные значения фиксировались в фазу конца кущения с последующим достоверным снижением к полной спелости.

2. Повышение содержания нитратного и аммонийного азота в почве под влиянием азотных подкормок обеспечило достоверный рост урожайности озимой пшеницы с 3,91 т/га (контроль) до 5,74 т/га (фон + N_{87}), при этом максимальная прибавка составила 1,83 т/га. Увеличение доступных форм азота в почве способствовало закономерному повышению качества зерна: содержание клейковины возросло с 17,0 до 27,7%, белка – с 10,0 до 15,0%, а класс зерна повысился с V до III. Снижение содержания подвижного фосфора в почве при высоких дозах азотных подкормок (с 25,4 мг/кг на фоне до 23,9 мг/кг при N_{87}) не оказало негативного влияния на продуктивность, что объясняется достаточным исходным уровнем фосфора и усилением его потребления растениями на фоне интенсивного азотного питания. Отсутствие достоверной корреляции между содержанием подвижного калия и дозами азотных подкормок (217–224 мг/кг) свидетельствовало о том, что калийное питание не лимитировало формирование урожая в условиях опыта. Таким образом, оптимизация азотного питания является главным фактором повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы на чернозёме выщелоченном, тогда как фосфор, калий и микроэлементы при исходно достаточном уровне не лимитировали продуктивность в изученном диапазоне доз удобрений.

Список источников

1. Дроздова В. В., Булдыкова И. А. Влияние разных систем минерального питания растений озимой пшеницы на ее урожайность и качество в условиях чернозема выщелоченного // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 96. С. 79–84. DOI 10.21515/1999-1703-96-79-84. EDN PCQSNС.
2. Мельникова О. В., Репникова В. И. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания растений в условиях Юго-Запада Центрального региона России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 13–19. EDN YJLLFO.
3. Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Устименко Е. А. [и др.] Мониторинг развития растений озимой пшеницы на черноземе выщелоченном с использованием неинвазивных и традиционных методов определения содержания азота почва – растения // International Agricultural Journal. 2024. Т. 67, № 6. DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_32. EDN DYPQLG.
4. Газиев С. А., Маштакова М. Ш., Гишкаева Л. С. Влияние технологий выращивания зерновых культур на плодородие чернозема типичного в лесостепной зоне чеченской республики // Агрохимический вестник. 2022. № 1. С. 14–16. DOI 10.24412/1029-2551-2022-1-003. EDN OIESRD.
5. Матюк Н. С., Рябов Д. А., Мазиров М. А., Полин В. Д. Действие и последствие разных доз азотной подкормки на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность севооборота // Владимирский земледелец. 2023. № 3 (105). С. 22–26. DOI 10.24412/2225-2584-2023-3105-22-26. EDN OGQVDW.
6. Левченкова А. Н., Володина Т. И., Павлов И. Н. Роль удобрений в регулировании питания растений // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 5. С. 17–24. EDN FNSXAY.
7. Горбунова Е. В., Шатова М. В., Горбунов В. Р. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в КФХ «Коростинский» Херсонской области // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2025. № 43 (206). С. 151–158. EDN ICZVHY.
8. Федорова А. В., Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Плодородие. 2022. № 5 (128). С. 30–32. DOI 10.25680/S19948603.2022.128.08. EDN UQEZFE.
9. Шутко А. П., Глазунова Н. Н., Яновский А. А. [и др.] Использование беспилотных авиационных технологий для дистанционного зондирования агроценоза озимой пшеницы // Вестник АПК Верхневолжья. 2025. № 4 (72). С. 123–128. DOI 10.35694/YARCX.2025.72.4.019. EDN SDTSL.
10. Ивенин В. В., Климова А. В., Ашаева О. В., Телегин А. С. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в условиях Нижегородской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 4 (64). С. 14–21. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.002. EDN MQLSQC.
11. Есаулко А. Н., Лошаков А. В., Одинцов С. В. [и др.] Дистанционный мониторинг состояния озимой пшеницы и кукурузы на зерно в учебно-опытном хозяйстве Ставропольского ГАУ Шпаковского муниципального округа Ставропольского края // International Agricultural Journal. 2025. Т. 68, № 6. С. 161–172. DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_11. EDN KNNMMF.
12. Есаулко А. Н., Ожередова А. Ю., Письменная Е. В., Котова А. С. Мониторинг влияния систем питания озимой пшеницы и кукурузы на урожайность и качество зерна // Плодородие. 2025. № 6 (147). С. 23–28. DOI 10.25680/S19948603.2025.147.04. EDN EKSCOY.

References

1. Drozdova V. V., Buldykova I. A. Vliyanie raznyh sistem mineral'nogo pitaniya rastenij ozimoy pshenicy na ee urozhajnost' i kachestvo v usloviyah chernozema vyshchelochennogo // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 96. S. 79–84. DOI 10.21515/1999-1703-96-79-84. EDN PCQSNС.
2. Mel'nikova O. V., Repnikova V. I. Urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v zavisimosti ot urovnya azotnogo pitaniya rastenij v usloviyah Yugo-Zapada Central'nogo regiona Rossii // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 1. S. 13–19. EDN YJLLFO.
3. Sitnikov V. N., Esaulko A. N., Ustimenko E. A. [i dr.] Monitoring razvitiya rastenij ozimoy pshenicy na chernozyme vyshchelochennom s ispol'zovaniem neinvazivnyh i tradicionnyh metodov opredeleniya soderzhaniya azota pochva – rasteniya // International Agricultural Journal. 2024. T. 67, № 6. DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_32. EDN DYPQLG.
4. Gaziev S. A., Mashtakova M. Sh., Gishkaeva L. S. Vliyanie tekhnologij vyrashchivaniya zernovyh kul'tur na plodorodie chernozema tipichnogo v lesostepnoj zone chechenskoy respubliki // Agrohimičeskij vestnik. 2022. № 1. S. 14–16. DOI 10.24412/1029-2551-2022-1-003. EDN OIESRD.
5. Matyuk N. S., Ryabov D. A., Mazirov M. A., Polin V. D. Dejstvie i posledejstvie raznyh doz azotnoj podkormki na plodorodie dervno-podzolistyh pochv i produktivnost' sevooborota // Vladimirskij zemledec. 2023. № 3 (105). S. 22–26. DOI 10.24412/2225-2584-2023-3105-22-26. EDN OGQVDW.
6. Levchenkova A. N., Volodina T. I., Pavlov I. N. Rol' udobrenij v regulirovanii pitaniya rastenij // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2025. № 5. S. 17–24. EDN FNSXAY.
7. Gorbunova E. V., Shatova M. V., Gorbunov V. R. Vliyanie azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna sortov ozimoy pshenicy v KFH «Korostinskij» Hersonskoj oblasti // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy. 2025. № 43 (206). S. 151–158. EDN ICZVHY.
8. Fedorova A. V., Bakhvalova S. A., Dem'yanova-Roj G. B. Vliyanie azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy // Plodorodie. 2022. № 5 (128). S. 30–32. DOI 10.25680/S19948603.2022.128.08. EDN UQEZFE.
9. Shutko A. P., Glazunova N. N., Yanovskij A. A. [et al.] Use of unmanned aerial technologies for remote sensing of winter wheat agroecosis // Bulletin of the APK of the Upper Volga region. 2025. № 4 (72). P. 123–128. DOI 10.35694/YARCX.2025.72.4.019. EDN SDTSL.
10. Ivenin V. V., Klimova A. V., Ashaeva O. V., Telegin A. S. Yield and grain quality of spring wheat varieties in the conditions of the Nizhny Novgorod region // Bulletin of the APK of the Upper Volga region. 2023. № 4 (64). P. 14–21. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.002. EDN MQLSQC.
11. Esaulko A. N., Loshakov A. V., Odintsov S. V. [i dr.] Distancionnyj monitoring sostoyaniya ozimoy pshenicy i kukuruzy na zerno v uchebno-opytном hozyajstve Stavropol'skogo GAU Shpakovskogo municipal'nogo okruga Stavropol'skogo kraja // International Agricultural Journal. 2025. T. 68, № 6. S. 161–172. DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_11. EDN KNNMMF.
12. Esaulko A. N., Ozheredova A. Yu., Pis'mennaya E. V., Kotova A. S. Monitoring vliyaniya sistem pitaniya ozimoy pshenicy i kukuruzy na urozhajnost' i kachestvo zerna // Plodorodie. 2025. № 6 (147). S. 23–28. DOI 10.25680/S19948603.2025.147.04. EDN EKSCOY.

Сведения об авторах

Александр Николаевич Есаулко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, директор института агробиологии и природных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 5497-6339.

Алена Юрьевна Ожередова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 3968-8440.

Елена Вячеславовна Письменная – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры землеустройства, кадастра и ландшафтной архитектуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 2770-2383.

Иван Юрьевич Вдовыдченко – аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 4238-3907.

Ольга Андреевна Шевченко – магистрант института агробиологии и природных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет».

Information about the authors

Aleksandr N. Esaulko – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 5497-6339.

Alena Yu. Ozheredova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 3968-8440.

Elena V. Pismennaya – Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Land Management, Cadastre and Landscape Architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 2770-2383.

Ivan Yu. Vdovydchenko – postgraduate student of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 4238-3907.

Olga A. Shevchenko – Master's student at the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University".

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



Научная статья
УДК 633.854.78:631.82(470.630)
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.002

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОСЕВЕ, НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА, ВОЗДЕЛЫВАЕМОГО В УСЛОВИЯХ ЗОНЫ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ

**А. Ю. Ожередова¹, А. Н. Есаулко², Е. А. Устименко³,
Н. В. Громова⁴, Д. З. Абдуллаев⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Автор, ответственный за переписку: Алена Юрьевна Ожередова,
alena.gurueva@mail.ru, ORCID 0000-0001-6038-6409

Реферат. В статье представлены результаты двухлетних исследований (2024–2025 гг.), проведённых на учебно-опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета, по изучению влияния видов минеральных удобрений (сульфоаммофос $N_{20}P_{20} + S_{13,5}$ и аммофос $N_{12}P_{52}$), применяемых при посеве в дозе 100 кг/га, на химический состав растений, урожайность и качество семян подсолнечника гибридов Белла и Базик, возделываемых в зоне неустойчивого увлажнения на чернозёме выщелоченном. Установлено, что припосевное внесение изучаемых удобрений способствовало недостоверному снижению концентрации азота в растениях, по сравнению с контролем, на 0,07–0,16% за счёт эффекта «разбавления» биомассой, тогда как содержание фосфора достоверно возрастало на 0,04–0,09% в зависимости от вида тука. Гибрид Белла достоверно превосходил гибрид Базик по накоплению азота (на 0,19%) и фосфора (на 0,05%), что обусловлено генотипическими особенностями питания. По калию достоверных различий между вариантами и гибридами не было выявлено. Максимальная урожайность подсолнечника (2,40 т/га) получена при внесении аммофоса, что существенно выше контроля (1,67 т/га) на 0,73 т/га. Сульфоаммофос также обеспечил достоверную прибавку (2,26 т/га, +0,59 т/га к контролю), однако различия между двумя видами удобрений (0,14 т/га) оказались статистически незначимыми. Гибрид Белла сформировал урожайность 2,36 т/га, что существенно превысило показатель гибрида Базик на 0,50 т/га. Наибольшие масличность (48,9%) и сбор масла (1,17 т/га) отмечены на варианте с аммофосом, при этом по масличности преимущество перед контролем и сульфоаммофосом составило 1,7% (недостоверно), а по сбору масла – 0,28 и 0,10 т/га соответственно (достоверно). Гибрид Белла доминировал над гибридом Базик по сбору масла (на 0,08 т/га достоверно) при несущественном превосходстве по масличности (на 0,4%).

Ключевые слова: виды минеральных удобрений, припосевное внесение, химический состав, растения, подсолнечник, гибриды, урожайность, масличность

INFLUENCE OF TYPES OF MINERAL FERTILIZERS USED DURING SOWING ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF PLANTS, YIELD AND QUALITY OF SUNFLOWER SEEDS CULTIVATED IN CONDITIONS OF THE ZONE OF UNSTABLE MOISTURE

**A. Yu. Ozheredova¹, A. N. Esaulko², E. A. Ustimenko³, N. V. Gromova⁴,
D. Z. Abdullaev⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Author responsible for the correspondence: Alena Yu. Ozheredova,
alena.gurueva@mail.ru, ORCID 0000-0001-6038-6409

Abstract. The article presents the results of two-year studies (2024–2025) conducted at the training and experimental station of the Stavropol State Agrarian University to study the effect of types of mineral fertilizers (sulfoammophos $N_{20}P_{20} + S_{13,5}$ and ammophos $N_{12}P_{52}$) used in sowing at a dose of 100 kg/ha on the chemical composition of plants, yield and quality of sunflower seeds of the Bella and Bazik hybrids cultivated in the zone of unstable moisture on leached chernozem. It was found that at sowing application of the fertilizers under study contributed to an insignificant decrease in the nitrogen concentration in plants, compared to the control, by 0.07–0.16% due to the effect of “dilution” with biomass, while the phosphorus content significantly increased by 0.04–0.09% depending on the type of fertilizer. The Bella hybrid was

significantly superior to the Bazik hybrid in terms of the accumulation of nitrogen (by 0.19%) and phosphorus (by 0.05%), which is due to the genotypic features of nutrition. There were no significant differences between variants and hybrids for potassium. The maximum sunflower yield (2.40 t/ha) was obtained with the application of ammophos, which is significantly higher than the control (1.67 t/ha) by 0.73 t/ha. Sulfoammophos also provided a significant increase (2.26 t/ha, +0.59 t/ha to control), but the differences between the two types of fertilizers (0.14 t/ha) were statistically insignificant. The Bella hybrid formed a yield of 2.36 t/ha, which significantly exceeded the Bazik hybrid by 0.50 t/ha. The highest oil content (48.9%) and oil yield (1.17 t/ha) were noted in the variant with ammophos, while in terms of oil content the advantage over the control and sulfoammophos was 1.7% (insignificant), and in terms of oil yield – 0.28 and 0.10 t/ha, respectively (significant). The Bella hybrid dominated the Bazik hybrid in terms of oil yield (by 0.08 t/ha significant) with an insignificant superiority in oil content (by 0.4%).

Keywords: *types of mineral fertilizers, at sowing application, chemical composition, plants, sunflower, hybrids, yield, oil content*

Введение. Подсолнечник выращивается, прежде всего, как масличная культура – его семена перерабатывают на растительное масло, которое используется в пищевой промышленности для производства маргаринов, майонезов, кондитерских и хлебобулочных изделий, а также в технических целях (лакокрасочная, мыловаренная, кожевенная промышленность). Кроме того, жмых и шрот, остающиеся после извлечения масла, являются высокобелковым кормом для сельскохозяйственных животных, а зелёная масса и лузга могут использоваться в качестве грубых кормов и сырья для производства биотоплива [1; 2; 3].

Площади под подсолнечником в 2025 году в Российской Федерации составили 11,04 млн га, в Ставропольском крае – 0,25 млн га. Средняя урожайность при этом в нашей стране достигла 1,72 т/га, в крае – 1,71 т/га [4; 5]. Анализ урожайности подсолнечника по регионам выращивания показывает значительный разброс от минимальных значений (1,12 т/га – Алтайский край) до максимальных (2,67 т/га – Воронежская область), где Ставропольский край находится на пятой позиции. Создание оптимальных условий питания растений за счёт рациональной системы удобрения – важное условие уве-

личения урожайности подсолнечника. Рынок минеральных удобрений представлен большим ассортиментом, а какой вид удобрения лучше и когда его желательно применить для отдельного гибрида и почвенно-климатической зоны остаётся проблемой [6; 7].

Припосевное внесение минеральных удобрений является одним из наиболее эффективных приёмов стартового питания подсолнечника, обеспечивающих растения доступными элементами в критический начальный период роста. Конкретные показатели отклика зависят от почвенно-климатических условий, гибрида, вида удобрения, дозы и других факторов. Исследования показывают, что локальное внесение фосфорных и азотно-фосфорных удобрений в рядки при посеве способствует ускорению развития корневой системы, повышению полевой всхожести. При этом различные виды удобрений (аммофос, сульфаммофос, нитроаммофоска) могут по-разному влиять на динамику накопления макроэлементов в растениях, формирование урожайности и качественных показателей семян [8; 9; 10; 11].

В связи с этим цель проводимых исследований заключалась в изучении влияния видов минеральных удобрений, применяемых при посеве, на химический состав



Авторы фото: А. Ю. Ожередова, Е. А. Устименко

Рисунок 1 – Закладка опытов, ведение исследований

Влияние видов минеральных удобрений, применяемых при посеве, на химический состав растений, урожайность и качество семян подсолнечника, возделываемого в условиях зоны неустойчивого увлажнения

растений, урожайность и качество семян подсолнечника гибридов Белла и Базик, возделываемых в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края, для подбора оптимального стартового питания, способствующего увеличению продуктивности и масличности культуры.

Материалы и методы. Исследования были выполнены в 2024–2025 гг. на учебно-опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый имел следующую агрохимическую характеристику в слое 0–20 см: pH (определена потенциометрическим методом в водной суспензии) – 6,4–7,0 ед. (нейтральная); содержание органического вещества (диагностировано по методу Тюрина) – 4,3–5,2% (среднее); N-NO₃ (установлен ионометрическим методом) – 10–15 мг/кг почвы (низкое); содержание подвижных форм фосфора и калия (выявлены по методу Мачигина) – 26–38 мг/кг (среднее, повышенное) и 270–290 мг/кг (среднее) соответственно.

Объект исследований – гибриды подсолнечника ЕС Белла, Базик.

Оригинатором и патентообладателем раннеспелого гибрида ЕС Белла является компания EURALIS SEMENCES (Франция). В государственный реестр РФ был включён в 2012 году. Регион допуска: Центральнo-чернозёмный, Северо-Кавказский, Средневолжский, Нижневолжский, Уральский, Западно-Сибирский. Урожайность варьирует от 1,12 до 4,33 т/га в зависимости от региона возделывания. Масличность 49–52%.

Оригинатором и патентообладателем среднераннего гибрида ЕС Базик является ООО «Актив Агро» (Россия). В государственный реестр РФ был включён в 2020 году. Регион допуска: Центральнo-чернозёмный, Северо-Кавказский, Нижневолжский, Уральский. Урожайность варьирует от 2,16 до 4,44 т/га в зависимости от региона возделывания. Масличность 49–51%.

Предмет исследований – комплексные минеральные удобрения для припосевного внесения.

На *варианте 1* (контроле) удобрения не применяли (естественный агрохимический фон).

Вариант 2 – сульфоаммофос (N₂₀P₂₀ + S_{13,5}).

Вариант 3 – аммофос (N₁₂P₅₂).

Все удобрения применялись при посеве подсолнечника в дозе 100 кг/га.

Сульфоаммофос ((NH₄)₂HPO₄ + (NH₄)₂SO₄) – это комплексное азотно-фосфорное удобрение, которое содержит в своем составе диаммонийфосфат и сульфат аммония. Применяется в основном, припосевное внесение и в качестве подкормки для различных культур. Содержит 20% азота и фосфора и 13,5% серы.

Аммофос (NH₄H₂PO₄) – азотно-фосфорное комплексное сложное минеральное удобрение, содержит в своём составе моноаммонийфосфат и диаммонийфосфат. Применяется в основном, припосевное внесение для различных культур. Содержит 12% азота и 52% фосфора.

Опыт двухфакторный (Фактор А – вид припосевного внесения удобрений, Фактор В – гибрид подсолнечника). Размещение делянок методом организованных повторений. Размер каждой делянки 0,5 га, количество повторений трёхкратное. Предшественник – озимая пшеница.

Определение содержания макроэлементов в растениях осуществляли: азота – по ГОСТ 13496.4-2019, фосфора – по ГОСТ 26657-97, калия – по ГОСТ 30504-97. Урожайность учитывали в соответствии с методиками Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019 г.), масличность – согласно ГОСТ 10854-2015. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли корреляционно-регрессионным и дисперсионными методами.

В годы проведения исследований в период вегетации подсолнечника выпало 276 и 327 мм осадков, что в 2024 году оказалось ниже среднегодовой нормы на 66 мм, а в 2025 году – на 15 мм. Максимальная средняя температура с мая по сентябрь была отмечена в 2024 году – 21,1°C, что оказалось выше показателя в 2025 году на 1,2°C и среднегодовой нормы – на 2,6°C. Так как участок, на котором размещался опыт, периодически подтапливался грунтовыми водами, то лучшим годом с получением самой высокой урожайности оказался менее увлажнённый 2024 год.

Результаты и их обсуждение. Припосевное внесение изучаемых видов минеральных удобрений способ-

Таблица 1 – Динамика содержания азота (%) в растениях подсолнечника в зависимости от припосевного внесения минеральных удобрений (среднее за 2024–2025 гг.)

Вид припосевного внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Срок отбора, С					А, НСР ₀₅ = 0,32	В, НСР ₀₅ = 0,18
		всходы	4–5 пар листьев	образование корзинок	цветение	перед уборкой		
Контроль (без применения удобрений)	Белла	4,95	4,36	3,95	2,98	2,11	3,64	3,66
	Базик	4,89	4,31	3,89	2,93	2,07		3,47
Сульфоаммофос (N ₂₀ P ₂₀ + S _{13,5})	Белла	5,03	4,41	4,03	2,99	2,08	3,48	–
	Базик	4,96	4,37	3,99	2,94	2,04		–
Аммофос (N ₁₂ P ₅₂)	Белла	4,88	4,31	3,87	2,88	2,03	3,57	–
	Базик	4,83	4,27	3,81	2,83	1,98		–
С, НСР ₀₅ = 0,26		4,92	4,34	3,92	2,93	1,71	НСР ₀₅ = 0,42	

Таблица 2 – Динамика содержания фосфора (%) в растениях подсолнечника в зависимости от припосевого внесения минеральных удобрений (среднее за 2024–2025 гг.)

Вид припосевого внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Срок отбора, С					А, $HCP_{05} = 0,03$	В, $HCP_{05} = 0,03$
		всходы	4–5 пар листьев	образование корзинок	цветение	перед уборкой		
Контроль (без применения удобрений)	Белла	0,97	0,53	0,40	0,32	0,24	0,48	0,54
	Базик	0,92	0,47	0,35	0,28	0,20		0,49
Сульфоаммофос ($N_{20}P_{20} + S_{13,5}$)	Белла	1,05	0,60	0,45	0,34	0,26	0,52	–
	Базик	1,01	0,54	0,41	0,29	0,22		–
Аммофос ($N_{12}P_{52}$)	Белла	1,13	0,65	0,52	0,39	0,29	0,57	–
	Базик	1,07	0,59	0,48	0,36	0,22		–
С, $HCP_{05} = 0,04$		1,03	0,56	0,44	0,33	0,24	$HCP_{05} = 0,06$	

ствовало недостоверному снижению концентрации азота в растениях подсолнечника гибридов Белла и Базик. В среднем по вариантам с удобрениями содержание элемента оказалось ниже контрольных значений на 0,16 и 0,07% соответственно, что не превышало порога статистической значимости (HCP_{05}). Выявленная тенденция объясняется не столько дефицитом азотного питания, сколько эффектом «разбавления»: дозы действующего вещества азота (20 и 12 кг/га в сульфоаммофосе и аммофосе) стимулировали формирование более мощной надземной биомассы, тогда как на естественном агрохимическом фоне (контроль) растения развивались менее интенсивно и характеризовались меньшей вегетативной массой. Максимальное количество азота накапливал в своей биомассе гибрид Белла – 3,66%, что оказалось достоверно выше, чем у гибрида Базик, на 0,19%. Начиная от фазы всходов, к периоду перед уборкой отмечалось закономерное существенное снижение азота в растениях подсолнечника от 0,58 до 3,21% (табл. 1).

Сульфоаммофос и аммофос значительно увеличивали концентрацию фосфора в растениях подсолнечника в сравнении с естественным агрохимическим фоном, и разница составила 0,04; 0,09%. Наблюдаемая ситуация логична: чем выше доза фосфорного питания, тем больше накопление элемента в тканях. Установлено, что гибрид Белла достоверно превосходил гибрид Базик по способности к накоплению фосфора в вегетативных

органах (стеблях и листьях) на протяжении всего периода вегетации. Разница в концентрации элемента составила 0,05% при статистически значимом уровне различий ($HCP_{05} = 0,03$). Выявленное преимущество гибрида Белла не связано с дозами или формами вносимых удобрений, а обусловлено, вероятно, его генотипическими особенностями, а именно более эффективной фосфор-аккумулирующей способностью корневой системы и метаболическим профилем, определяющим повышенную потребность и усвояемость фосфора из почвенного раствора. Характер динамики фосфора по срокам отбора растительных образцов аналогичен азоту: максимум – в фазу всходов, минимум – перед уборкой (табл. 2).

С применением минеральных удобрений отмечалось несущественное снижение содержания калия в растениях, по сравнению с контрольным вариантом, на 0,03; 0,15%, что связано с эффектом разбавления за счёт более интенсивного прироста биомассы. Достоверной разницы по накоплению калия в растениях у изучаемых гибридов не отмечалось. От фазы всходов к периоду перед уборкой концентрация калия в вегетативной массе снижалась в 2,3 раза (табл. 3).

Среди изучаемых видов припосевных удобрений максимальная продуктивность сформирована в варианте с использованием аммофоса ($N_{12}P_{52}$), где средняя урожайность по двум гибридам составила 2,40 т/га. Прибавка к контролю (без удобрений) оказалась суще-

Таблица 3 – Динамика содержания калия (%) в растениях подсолнечника в зависимости от припосевого внесения минеральных удобрений (среднее за 2024–2025 гг.)

Вид припосевого внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Срок отбора, С					А, $HCP_{05} = 0,26$	В, $HCP_{05} = 0,14$
		всходы	4–5 пар листьев	образование корзинок	цветение	перед уборкой		
Контроль (без применения удобрений)	Белла	4,96	4,25	3,40	2,91	2,18	3,52	3,48
	Базик	4,92	4,20	3,34	2,87	2,13		3,42
Сульфоаммофос ($N_{20}P_{20} + S_{13,5}$)	Белла	4,97	4,23	3,32	2,87	2,18	3,49	–
	Базик	4,91	4,17	3,28	2,80	2,12		–
Аммофос ($N_{12}P_{52}$)	Белла	4,83	4,15	3,23	2,72	2,05	3,37	–
	Базик	4,76	4,10	3,17	2,66	2,01		–
С, $HCP_{05} = 0,28$		4,89	4,18	3,29	2,81	2,11	$HCP_{05} = 0,42$	

Таблица 4 – Влияние припосевого внесения минеральных удобрений на урожайность подсолнечника, т/га (среднее за 2024–2025 гг.)

Вид припосевого внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В		А, HCP ₀₅ = 0,19
	Белла	Базик	
Контроль (без применения удобрений)	2,02	1,32	1,67
Сульфаммофос ($N_{20}P_{20} + S_{13,5}$)	2,44	2,08	2,26
Аммофос ($N_{12}P_{52}$)	2,62	2,18	2,40
В, HCP ₀₅ = 0,14	2,36	1,86	HCP ₀₅ = 0,26

Таблица 5 – Влияние припосевого внесения минеральных удобрений на масличность подсолнечника (среднее за 2024–2025 гг.)

Вид припосевого внесения удобрений, А	Гибрид подсолнечника, В	Масличность, %	Сбор масла, т/га
Контроль (без применения удобрений)	Белла	47,4	0,91
	Базик	46,9	0,86
Сульфаммофос ($N_{20}P_{20} + S_{13,5}$)	Белла	47,3	1,10
	Базик	47,0	1,03
Аммофос ($N_{12}P_{52}$)	Белла	49,1	1,22
	Базик	48,6	1,11
HCP ₀₅ фактор А		2,02	0,08
HCP ₀₅ фактор В		2,88	0,04
HCP ₀₅ взаимодействие АВ		4,82	0,12

ственной и достигла 0,73 т/га. На варианте с сульфаммофосом ($N_{20}P_{20} + S_{13,5}$) урожайность также достоверно превышала контроль, составив 2,26 т/га (прибавка 0,59 т/га). Однако различия между двумя видами удобрений не достигли статистически значимого уровня, разница в 0,14 т/га находилась в пределах HCP₀₅ = 0,19, что позволяет говорить об эквивалентности их продукционного эффекта.

По фактору гибрида установлено устойчивое доминирование генотипа Белла. Средняя урожайность данного гибрида составила 2,36 т/га, что достоверно превышало показатель гибрида Базик (1,86 т/га). Разница в 0,50 т/га статистически значима (HCP₀₅ = 0,14) и подтверждает более высокий продукционный потенциал гибрида Белла в условиях зоны неустойчивого увлажнения (табл. 4).

Наибольшие масличность и сбор масла отмечены на варианте с применением аммофоса – 48,9% и 1,17 т/га, что несущественно выше по первому показателю, чем на контроле и на варианте с применением сульфаммофоса, на 1,7%, а по второму – достоверно на 0,28 и 0,1 т/га. Гибрид Белла превосходил гибрид Базик по двум показателям качества, при этом по масличности была зафиксирована несущественная доминация (на 0,4%), а по сбору масла – достоверная (на 0,08 т/га), таблица 5.

Выводы.

1. Припосевное внесение сульфаммофоса ($N_{20}P_{20} + S_{13,5}$) и аммофоса ($N_{12}P_{52}$) в дозе 100 кг/га способствовало недостоверному снижению концентрации азота в растениях подсолнечника гибридов Белла и Базик, по сравнению с контролем, на 0,07–0,16% за счёт эф-

фекта «разбавления» биомассой, тогда как содержание фосфора достоверно возрастало на 0,04–0,09% в зависимости от вида удобрения. По калию отмечалось несущественное снижение (на 0,03–0,15%) относительно контроля. Гибрид Белла достоверно превосходил гибрид Базик по накоплению азота (на 0,19%) и фосфора (на 0,05%), что обусловлено генотипическими особенностями фосфор-аккумулирующей способности корневой системы.

2. В оба года исследований отмечалось достоверное повышение урожайности подсолнечника на удобренных вариантах по сравнению с контролем: на 0,59 т/га (сульфаммофос) и на 0,73 т/га (аммофос). Максимальная продуктивность (2,40 т/га) сформирована в варианте с аммофосом. Существенное преимущество по урожайности демонстрировал гибрид Белла (+0,50 т/га) по сравнению с гибридом Базик.

3. Припосевное внесение удобрений повышало масличность и сбор масла по сравнению с контролем: аммофос обеспечил увеличение масличности на 1,7% (недостоверно) и сбора масла – на 0,28 т/га (достоверно); сульфаммофос – повышение сбора масла на 0,10 т/га (достоверно) при масличности на уровне контроля. Гибрид Белла в оба года исследований имел лучшие показатели качества: масличность выше на 0,4% (недостоверно), сбор масла существенно выше (на 0,08 т/га) по сравнению с гибридом Базик.

4. Для зоны неустойчивого увлажнения рекомендован к возделыванию гибрид подсолнечника Белла, сформировавший в двухгодичных исследованиях максимальную продуктивность (2,36 т/га) и лучшие

показатели качества (сбор масла 1,07 т/га в среднем по удобренным вариантам). В качестве стартового удобрения предпочтительно применение аммофоса ($N_{12}P_{52}$) в дозе 100 кг/га, обеспечивающего наибольшие урожайность (2,40 т/га), масличность (48,9%) и

сбор масла (1,17 т/га). При этом оба изученных вида удобрений (аммофос и сульфаммофос) могут рассматриваться как равноэффективные, поскольку различия между ними по урожайности (0,14 т/га) статистически незначимы.

Список источников

1. Аль-Аттафи М. К. Р., Есаулко А. Н., Котова А. С. Влияние макро и микро - удобрений на планируемую урожайность и продуктивность маслосемян подсолнечника на черноземе выщелоченном // International Agricultural Journal. 2024. Т. 67, № 6. DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_33. EDN NGDIZU.
2. Аль-Аттафи М. К. Р., Есаулко А. Н., Котова А. С. Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2025. Т. 15, № 2. С. 74–84. DOI 10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84. EDN WHAQFW.
3. Чамурлиев О. Г., Сидоров А. Н., Холод А. А., Чамурлиев Г. О. Изучение эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 69–76. DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-08. EDN KNQHEG.
4. Росстат опубликовал данные по посевным площадям в 2025 году // ГЛАВАГРОНОМ : официальный сайт. URL: <https://glavagronom.ru/news/rosstat-opublikoval-dannye-po-posevnyim-ploshchadyam-v-2025-godu> (дата обращения: 19.04.2026).
5. На Ставрополье в 2025 году урожай подсолнечника вырос почти на 5% // Редакция сайта ТАСС. URL: <https://tass.ru/ekonomika/25659945> (дата обращения: 19.04.2026).
6. Ковтунов С. Н., Ториков В. Е. Урожайность и качество масла семян подсолнечника гибрида Факел в зависимости от применения минеральных удобрений и биопрепаратов // Аграрный вестник Верхневолжья. 2022. № 3 (40). С. 16–25. DOI 10.35523/2307-5872-2022-40-3-16-25. EDN МТРПQK.
7. Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Чапко Д. В. Минеральное питание – залог урожайности подсолнечника в Волгоградском регионе // Естественные науки. 2025. № 1 (18). С. 11–18. DOI 10.54398/2500-2805.2025.18.1.002. EDN SAFKGS.
8. Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Голосной Е. В. [и др.] Влияние минеральных удобрений на динамику содержания азота фосфора, калия в растениях подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66, № 5. DOI 10.55186/25876740_2023_7_5_20. EDN ANTQEM.
9. Есаулко А. Н., Котова А. С., Аль-Аттафи М. К. Р. [и др.] Оптимизация минерального питания подсолнечника в условиях Центрального Предкавказья // Плодородие. 2022. № 6 (129). С. 12–14. DOI 10.25680/S19948603.2022.129.03. EDN UPADBD.
10. Брежнев А. В., Васин В. Г., Васин А. В. [и др.] Продуктивность гибридов подсолнечника при применении стимулирующих препаратов и удобрений, возделываемых по системе Клеарфилд // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (27). С. 20–25. DOI 10.48612/vch1xpk-dkra-d1ep. EDN LJHOYS.
11. Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Чапко Д. В. [и др.] Урожаеобразующие факторы возделывания подсолнечника на юге России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 5 (83). С. 59–65. DOI 10.32786/2071-9485-2025-05-06. EDN BNTWCO.

References

1. Al'-Attafi M. K. R., Esaulko A. N., Kotova A. S. Vliyanie makro i mikro - udobrenij na planiruemyu urozhajnost' i produktivnost' maslosemyan podsolnechnika na chernozeme vyshchelochennom // International Agricultural Journal. 2024. T. 67, № 6. DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_33. EDN NGDIZU.
2. Al'-Attafi M. K. R., Esaulko A. N., Kotova A. S. Optimizaciya soderzhaniya v pochve makro- i mikroelementov v posevah podsolnechnika v usloviyah zony neustojchivogo uvlazhneniya Central'nogo Predkavkaz'ya // Agrarnyj vestnik Severnogo Kavkaza. 2025. T. 15, № 2. S. 74–84. DOI 10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84. EDN WHAQFW.
3. Chamurlijev O. G., Sidorov A. N., Kholod A. A., Chamurlijev G. O. Izuchenie effektivnosti mineral'nyh udobrenij na podsolnechnike v otkrytom grunte pri oroshenii v usloviyah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2022. № 4 (68). S. 69–76. DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-08. EDN KNQHEG.
4. Rosstat opublikoval dannye po posevnyim ploshchadyam v 2025 godu // GLAVAGRONOM : oficial'nyj sajт. URL: <https://glavagronom.ru/news/rosstat-opublikoval-dannye-po-posevnyim-ploshchadyam-v-2025-godu> (data obrashcheniya: 19.04.2026).
5. Na Stavropol'e v 2025 godu urozhaj podsolnechnika vyros pochtі na 5% // Redakciya sajta TASS. URL: <https://tass.ru/ekonomika/25659945> (data obrashcheniya: 19.04.2026).
6. Kovtunov S. N., Torikov V. E. Urozhajnost' i kachestvo maslo semyan podsolnechnika gibrida Fakel v zavisimosti ot primeneniya mineral'nyh udobrenij i biopreparatov // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2022. № 3 (40). S. 16–25. DOI 10.35523/2307-5872-2022-40-3-16-25. EDN МТРПQK.
7. Petrov N. Yu., Kuznetsova E. A., Chapko D. V. Mineral'noe pitanie – zalog urozhajnosti podsolnechnika v Volgogradskom regione // Estestvennye nauki. 2025. № 1 (18). S. 11–18. DOI 10.54398/2500-2805.2025.18.1.002. EDN SAFKGS.
8. Sitnikov V. N., Esaulko A. N., Golosnoj E. V. [i dr.] Vliyanie mineral'nyh udobrenij na dinamiku soderzhaniya azota fosfora, kaliya v rasteniyah podsolnechnika v usloviyah zony neustojchivogo uvlazhneniya Central'nogo Predkavkaz'ya // International Agricultural Journal. 2023. T. 66, № 5. DOI 10.55186/25876740_2023_7_5_20. EDN ANTQEM.
9. Esaulko A. N., Kotova A. S., Al'-Attafi M. K. R. [i dr.] Optimizaciya mineral'nogo pitaniya podsolnechnika v usloviyah Central'nogo Predkavkaz'ya // Plodorodie. 2022. № 6 (129). S. 12–14. DOI 10.25680/S19948603.2022.129.03. EDN UPADBD.
10. Brezhnev A. V., Vasin V. G., Vasin A. V. [i dr.] Produktivnost' gibridov podsolnechnika pri primenenii stimuliruyushchih preparatov i udobrenij, vozdelываемых по системе Клеарфилд // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 4 (27). S. 20–25. DOI 10.48612/vch1xpk-dkra-d1ep. EDN LJHOYS.
11. Petrov N. Yu., Kuznetsova E. A., Chapko D. V. [i dr.] Urozhaeobrazuyushchie faktory vozdelывaniya podsolnechnika na yuge Rossii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2025. № 5 (83). S. 59–65. DOI 10.32786/2071-9485-2025-05-06. EDN BNTWCO.

Сведения об авторах

Алена Юрьевна Ожередова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 3968-8440.

Александр Николаевич Есаулко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, директор института агробиологии и природных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 5497-6339.

Елена Александровна Устименко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 3914-8763.

Наталья Викторовна Громова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 6115-5740.

Джамал Заур оглы Абдуллаев – магистрант института агробиологии и природных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет».

Information about the authors

Alena Yu. Ozheredova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 3968-8440.

Aleksandr N. Esaulko – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 5497-6339.

Elena A. Ustimenko – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 3914-8763.

Natalya V. Gromova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 6115-5740.

Dzhamal Z. Abdullaev – Master's student at the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University".

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



Научная статья
 УДК 632.93:632.51:633.1:629.735.45
 doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.003

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ СОРНЫМ КОМПОНЕНТОМ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ БПЛА

**Александр Михайлович Труфанов¹, Сергей Владимирович Щукин²,
 Виктория Владимировна Седова³, Иван Анатольевич Волков⁴**

^{1, 2, 3, 4}Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

¹a.trufanov@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441

²s.shhukin@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9718-9273

³director@crgt-76.ru

⁴semena.volkov@yandex.ru

Реферат. В настоящее время актуально изучение влияния различных методов управления сорными растениями, в том числе ресурсосберегающих и технически новых, таких как использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Статья включает результаты исследований влияния способов применения гербицидов (традиционное наземное опрыскивание, малообъемное опрыскивание с помощью БПЛА – агродрона DJI Agras T-10 с разной нормой расхода рабочего раствора – 8 и 16 л/га) на фоне различных по интенсивности систем обработки почвы и удобрений на засорённость посевов и урожайность, проведённых в 2023 и 2025 годах в многолетнем полевом опыте Ярославского ГАУ в посевах овса и озимой ржи на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Результаты исследований свидетельствуют, что для существенного снижения численности сорных растений в посевах зерновых культур (до 6,0–13,5 шт./м²) целесообразно использовать вариант применения БПЛА с нормой внесения рабочего раствора гербицида 16 л/га, независимо от применяемой системы обработки почвы, а наиболее эффективным в снижении сухой массы сорных растений в посеве овса является вариант применения гербицида с помощью БПЛА с нормой раствора 8 л/га (до 3,0–5,3 г/м²), особенно при поверхностно-отвальной обработке, в посеве озимой ржи – наземного опрыскивания (до 4,2–21,6 г/м²). Для получения максимальной урожайности зерна овса (58,5 ц/га) и озимой ржи (32,8 ц/га) целесообразно использовать вариант применения гербицида беспилотным летательным аппаратом в норме 16 л/га рабочего раствора на фоне внесения NPK как при отвальной, так и поверхностно-отвальной обработке.

Ключевые слова: опрыскивание БПЛА, гербициды, системы обработки почвы, системы удобрения, урожайность зерновых культур, овёс, озимая рожь, засорённость посевов, численность и сухая масса сорных растений

EFFECTIVENESS OF WEED COMPONENT MANAGEMENT IN GRAIN CROPS AGROPHYTOCENOSES USING UAVS

Aleksandr M. Trufanov¹, Sergey V. Shchukin², Victoriya V. Sedova³, Ivan A. Volkov⁴

^{1, 2, 3, 4}Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

¹a.trufanov@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441

²s.shhukin@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9718-9273

³director@crgt-76.ru

⁴semena.volkov@yandex.ru

Abstract. Currently, it is relevant to study the impact of various methods of weed management, including resource-saving and technically new ones, such as the use of unmanned aerial vehicles (UAVs). The article includes the results of studies on the impact of herbicide application methods (traditional ground spraying, low-volume spraying using a UAV – DJI Agras T-10 agrodrone with different consumption rates of spray solution – 8 and 16 l/ha) against the background of different intensity systems of tillage and fertilizers on crop weed infestation and yields, carried out in 2023 and 2025 in the long-term field experiment at the Yaroslavl SAU in oats and winter rye crops on soddy-podzolic medium-loamy soil. The research results show that in order to significantly reduce the number of weeds in grain crops (up to 6.0–13.5 pcs./m²), it is advisable to use the option of using a UAV with a rate of application of a herbicide spray material of 16 l/ha, regardless of the applied tillage system, and the most effective in reducing the dry weight of weeds in oats sowing is the option of using herbicide using a UAV with a solution rate of 8 l/ha (up to 3.0–5.3 g/m²), especially during surface-moldboard tillage, in the sowing of winter rye – ground spraying (up to 4.2–21.6 g/m²). To obtain the maximum yield of oats grain (58.5 c/ha) and winter rye (32.8 c/ha), it is advisable to use the option of applying the herbicide by an unmanned aerial vehicle at a rate of 16 l/ha of spray material against the background of NPK application both for moldboard and surface-moldboard tillage.

Keywords: UAV spraying, herbicides, tillage systems, fertilization systems, grain crop yields, oats, winter rye, crop infestation, number and dry weight of weeds

Введение. Определяющими факторами роста, развития растений и получения запланированной урожайности являются особенности технологий возделывания, включающие обоснованные ресурсосберегающие системы обработки почвы, удобрений и защиты растений [1].

Засорённость посевов, особенно при ресурсосберегающей направленности земледелия, зачастую выступает основным стресс-фактором для культурных растений [2]. По оценкам, около трети потерь урожая во всём мире ежегодно происходит из-за неблагоприятного воздействия сорняков и других вредных объектов, поэтому крайне важно внедрить эффективную систему защиты растений.

В настоящее время химическая защита растений реализуется как наземным, так и авиационным способами. При авиационном способе для этих целей применяются легкомоторные самолёты и беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [3]. Особую роль БПЛА играют в такой относительно новой сфере сельского хозяйства, как «точное земледелие», которое становится всё более популярным подходом к устойчивой интенсификации сельского хозяйства, направленной на достижение баланса между производительностью в сельском хозяйстве и охраной окружающей среды [4; 5].

Использование БПЛА в сельском хозяйстве идёт по двум основным направлениям: визуализация и мониторинг, а также опрыскивание сельскохозяйственных культур [6; 7]. Беспилотные авиационные средства позволяют проводить разнообразные оценки, начиная от состояния азота и прогнозирования урожайности до обнаружения водного стресса и заболеваний [8].

Использование БПЛА в системе защиты растений предполагает ультрамалообъёмное опрыскивание с нормой расхода рабочей жидкости от 5 до 20 л/га. При этом применяются пестициды, разрешённые для авиационного внесения (отмечаются буквой «А» в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, утверждаемом Минсельхозом России). Спектр их довольно широк, из них более 50 наименований препаратов – это гербициды [9]. Внедрение технологии БПЛА в комплексные программы борьбы с сорняками может повысить эффективность применения гербицидов и уменьшить воздействие на окружающую среду, полезных насекомых и дикую природу [10].

Согласно Стратегии развития беспилотной авиации РФ до 2030 года, принятой в 2023 году, должна быть создана новая отрасль экономики, ориентированная на отечественные технологии: доля российских БАС (беспилотных авиационных систем) должна составить не менее 70%, при активном внедрении БПЛА в сельском хозяйстве и других отраслях при финансировании через нацпроект «Беспилотные авиационные системы» (696 млрд рублей до 2030 года). Использование агродронов в растениеводстве успешно практикуется в США, Китае и многих странах мира. Лидерами по объёму работ с БПЛА выступают такие отрасли, как энергетика (14%), строительство (12%) и сельское хозяйство (9%).

Основным производителем подобной техники является КНР: главным экспортёром БПЛА выступает компания DJI (контроль почти 70% мирового рынка). Следует отметить, что в КНР покупка агродронов хозяйствами до 70% субсидируется государством [11]. При этом рынок БПЛА для сельского хозяйства России развивается медленно из-за наличия ряда сложностей, прежде всего в области нормативно-правового регулирования. Изменения в лучшую сторону произошли только после вступления в силу постановления Правительства РФ от 25 мая 2019 г. N 658 «Об утверждении Правил государственного учета беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлётной массой от 0,15 килограмма до 30 килограммов, сверхлегких пилотируемых гражданских воздушных судов с массой конструкции 115 килограммов и менее, ввезённых в Российскую Федерацию или произведённых в Российской Федерации», где были утверждены правила использования гражданских беспилотников в сельском хозяйстве.

Беспилотные летательные аппараты обладают рядом неоспоримых преимуществ перед традиционными средствами: благодаря небольшой высоте полёта нет риска опрыскивания нецелевых объектов; могут использоваться в тёмное время суток; работа БПЛА не зависит от рельефа, а удалённое управление позволяет человеку избежать прямого контакта с ядовитыми веществами; нисходящий поток воздуха, создаваемый роторами, способствует попаданию распыляемой жидкости в нижнюю часть купола растений и повышает уровень проницаемости; окупаемость БПЛА гораздо выше в сравнении с традиционной сельскохозяйственной авиацией; возможно использование БПЛА при повышенной влажности почвы, из-за которой затруднено использование наземной техники; отсутствие технологической колеи и уплотнения почвы; возможна обработка кустарников и высокостебельных культур [12; 13; 14].

Практика внедрения БПЛА в производственные и операционные процессы сельхозпроизводителей показывает рост производительности труда почти в 2 раза, практически на 13% сокращаются расходы на средства защиты растений, отмечается рост урожайности возделываемых культур [15; 16].

Несмотря на отмеченные преимущества, использование БПЛА в сельском хозяйстве сталкивается с рядом факторов, ограничивающих их применение: развёртывание БПЛА, интеграция и обучение могут быть очень дорогостоящими (1–2 дрона, растворный узел с необходимыми ёмкостями, заряжающие электроустройства, аккумуляторы обходятся от 4 до 8 млн рублей); существует необходимость в разработке законодательства, регулирующего новые возможности и области применения БПЛА; возможны помехи и взлом GPS из-за уязвимостей в системе управления беспилотных летательных аппаратов. Проблемными вопросами технического характера также являются: лимит времени полёта агродрона (в среднем до 40 минут) и грузоподъёмности (в среднем до 12 литров) и вытекающая отсюда необходимость частой

перезаправки рабочей жидкости и перезарядки аккумуляторных батарей или наличия запасных батарей; большая зависимость работ от погоды (при сильном ветре мелкие капли сносятся в сторону, при высокой температуре быстро высыхают в полёте) [17; 18].

В целом БПЛА способны существенно увеличить результативность сельскохозяйственного производства: повысить урожайность культур, снизить общую себестоимость производства, сократить время занятости на вредных работах, расход пестицидов [19].

Однако для того чтобы обеспечить более высокую эффективность распылительных БПЛА и достичь оптимальных значений для выполняемых операций, важно выполнение исследований по их оценке [20].

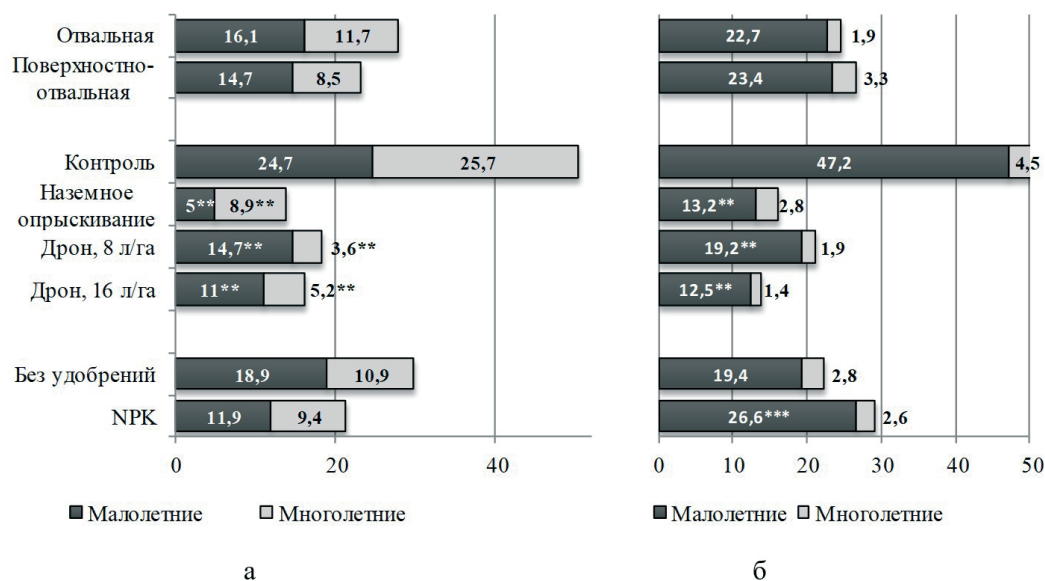
Поэтому целью работы было изучить и выявить наиболее эффективный способ контроля сорных растений с применением БПЛА и наземного опрыскивания в посевах зерновых культур на фоне различных систем обработки почвы и удобрений, что характеризуется новизной для условий Нечернозёмной зоны РФ.

Материалы и методы исследований. Экспериментальная работа проводилась в многолетнем стационарном трёхфакторном полевом опыте Ярославского ГАУ в 2023 и 2025 гг. в посевах овса (сорт Яков) и озимой ржи (сорт Татьяна). Опыт был заложен в 2022 году на общей площади 0,6 га. В опыте изучаются две системы основной обработки почвы (отвальная и поверхностно-отвальная), пять вариантов системы защиты растений (контроль, традиционное наземное опрыскивание, малообъёмное опрыскивание с помощью БПЛА – агродрона DJI Agras T-10 с разной нормой расхода рабочей жидкости (8 и 16 л/га) с обычной и скоростной обработкой, вариант скоростной обработки не приводится в данной статье), два варианта системы удобрений (без удобрений и $N_{60}P_{60}K_{60}$). Площадь элементарной делянки (делянки третьего порядка) 60 м², повторность опыта – трёх-

кратная. В качестве гербицида в 2023 году в посевах овса применялся препарат Секатор Турбо (0,06 л/га), в 2025 году в посевах озимой ржи – Магnum (0,01 кг/га), в качестве удобрения – азофоска. Для учёта численности многолетних сорных растений использовались рамки 1 м² и 1/16 м² – для учёта малолетних. Сухую массу сорных растений определяли одновременно с их численностью путём высушивания до постоянной массы в термостате при температуре 105°C, учёты проводили два раза за вегетацию культур. Урожайность сельскохозяйственных культур учитывали сплошным методом. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью дисперсионного и корреляционного анализов.

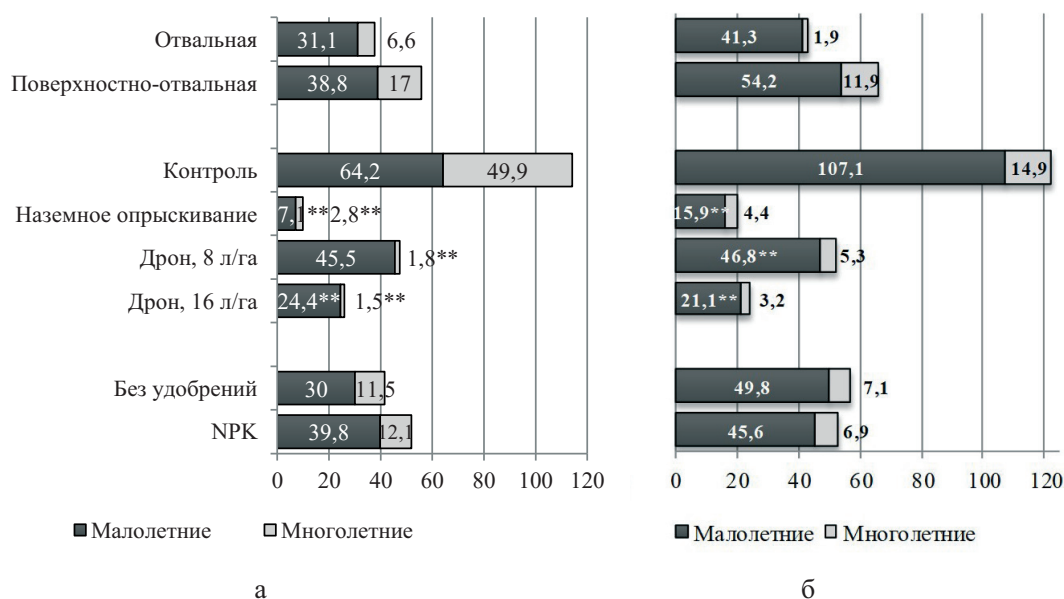
Погодные условия 2023 и 2025 гг. по своим температурным показателям были близки среднемугодовому, а по количеству выпавших атмосферных осадков вегетационные периоды заметно отличались: 2023 год характеризовался их недостатком практически во все месяцы, кроме июля, когда их выпало почти в 2 раза больше нормы, а в 2025 году в начале и конце вегетации отмечалось избыточное (на 21–43%) их количество, тогда как в середине вегетации – недостаток на 29–33%. Эти условия неустойчивого увлажнения позволили более объективно оценить изучаемые факторы.

Результаты. Численность сорных растений является главным показателем засорённости посевов. В среднем по изучаемым факторам численность сорных растений в посевах овса (рис. 1а) на варианте поверхностно-отвальной обработки была незначительно ниже отвальной – на 19,8%, что было более характерно для многолетней (наблюдалось снижение на 37,6%) и в меньшей степени – для малолетней группы сорняков (наблюдалось снижение на 9,5%). Это говорит о преимуществе периодического использования вспашки в системе поверхностно-отвальной обработки в борьбе с многолетними сорными растениями в посевах овса.



** – существенные отличия от контроля в факторе системы защиты растений на 5%-ном уровне значимости;
*** – существенные отличия от фона без удобрений в факторе системы удобрений на 5%-ном уровне значимости.

Рисунок 1 – Численность сорных растений в посевах овса (а) и озимой ржи (б) в среднем за их вегетацию и в среднем по изучаемым факторам, шт./м²



** – существенные отличия от контроля в факторе системы защиты растений на 5%-ном уровне значимости;
*** – существенные отличия от фона без удобрений в факторе системы удобрений на 5%-ном уровне значимости.

Рисунок 2 – Сухая масса сорных растений в посеве овса (а) и озимой ржи (б) в среднем за их вегетацию и в среднем по изучаемым факторам, г/м²

Применение традиционного наземного опрыскивания гербицидом Секатор Турбо в 2023 году способствовало наименьшей численности малолетней группы сорняков. Снижение численности многолетних сорняков происходило более эффективно при использовании дрона для опрыскивания с наименьшей нормой внесения раствора (8 л/га) – в 7,1 раза, или до 3,6 шт./м², по сравнению с контролем, а численности малолетних – с повышенной нормой раствора (16 л/га) – в 2,2 раза, или до 11,0 шт./м².

Стоит отметить, что все способы применения гербицида привели к снижению численности как малолетних, так и многолетних сорных растений. Внесение удобрений способствовало повышению конкурентоспособности овса и снижению численности сорных растений на 39,9%, особенно малолетней их группы – на 58,8%.

При усреднении значений численности сорных растений в посеве озимой ржи в 2025 году фактор системы защиты растений был более эффективным в снижении количества сорных растений (рис. 16). Минимальной численности как многолетних, так и малолетних сорных растений способствовал вариант Дрон, 16 л/га (1,37 шт./м² и 12,5 шт./м² соответственно). Применение удобрений в целом способствовало достоверному повышению численности малолетних сорных растений на 36,7%, что говорит о высокой отзывчивости этих видов сорняков на применение удобрений, тогда как показатель многолетних практически не изменился.

Если сравнить засорённость посевов овса и озимой ржи по показателю численности, то проявляется явная тенденция снижения обилия многолетних сорных растений в 3,9 раза в посеве ржи, что говорит о её более высокой конкурентной способности к этой группе сорных растений.

Сухая масса сорных растений считается индикатором их конкурентоспособности по отношению друг к другу и культурным растениям. Данный показатель в посеве овса в зависимости от систем основной обработки почвы имел иную динамику по сравнению с численностью (рис. 2а).

Так, при использовании системы поверхностно-отвальной обработки, несмотря на снижение численности всех групп сорных растений, их сухая масса имела тенденцию повышения по сравнению с отвальной. Использование всех вариантов применения гербицидов снижало сухую массу сорных растений от 2,4 раза при использовании дрона с нормой раствора 8 л/га до 11,5 раза при использовании наземного опрыскивания. Как и в случае с численностью, применение наземного опрыскивания было наиболее эффективным в снижении сухой массы только малолетней группы сорных растений – до 7,1 г/м², или в 6,5 раза по сравнению с контролем. Снижение массы многолетних сорных растений происходило более интенсивно (с 49,9 г/м² до 1,5–1,8 г/м²) при применении для опрыскивания вариантов Дрон с нормой расхода 8 л/га и Дрон с нормой расхода 16 л/га. В отличие от численности, влияние внесения NPK на сухую массу сорных растений имело обратную динамику – показатель возрастал по сравнению с фоном без удобрений как по многолетней группе сорняков (на 5,2%), так и особенно по малолетней – на 32,7%.

Достоверных различий по сухой массе сорных растений в посеве озимой ржи в 2025 году при сравнении систем основной обработки почвы обнаружено не было (рис. 2б). Варианты применения гербицидов незначительно изменяли сухую массу многолетних сорных растений в сравнении с безгербицидным фоном с минимальными значениями 3,2 г/м² при использовании

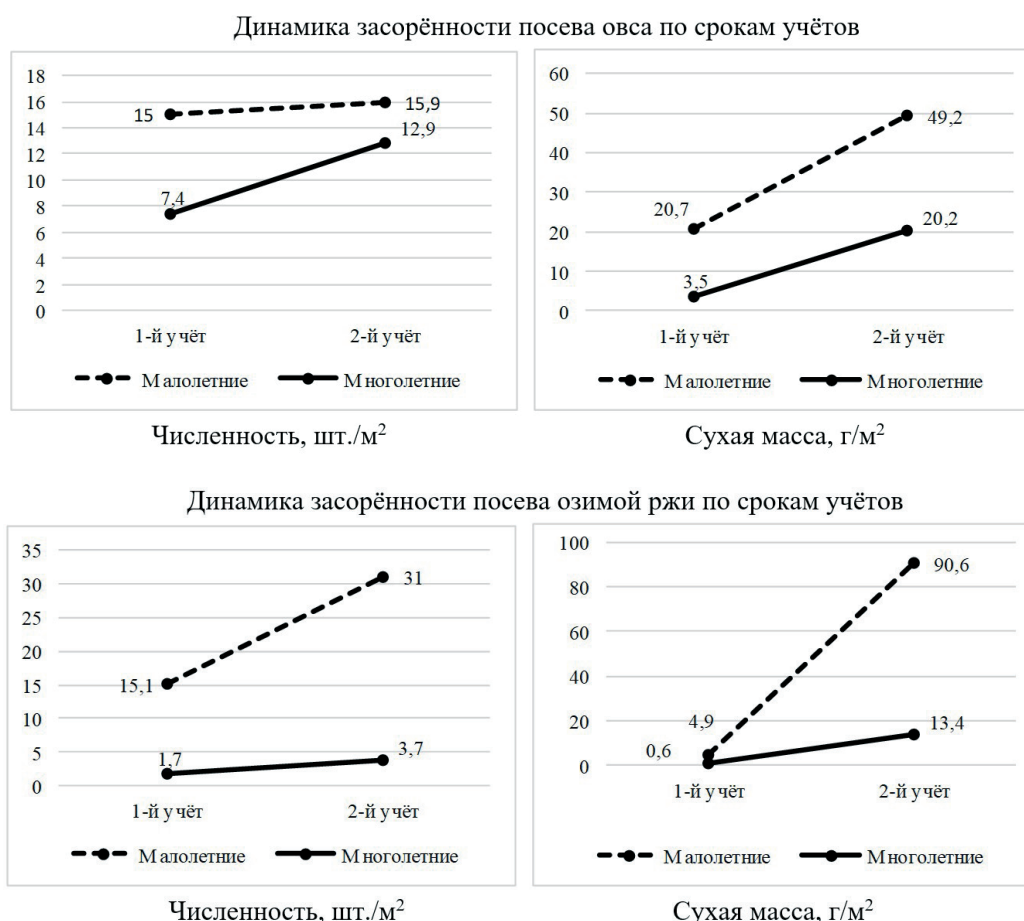


Рисунок 3 – Динамика численности (шт./м²) и сухой массы (г/м²) сорных растений в зависимости от периода вегетации зерновых культур (сроков учёта)

Дрона с нормой расхода 16 л/га. По массе малолетней группы и общем их значении произошло существенное снижение показателей на всех вариантах применения гербицида по сравнению с контролем, особенно на делянках с наземным опрыскиванием (20,3 г/м²) и с использованием Дрона с нормой расхода 16 л/га (24,4 г/м²). Применение НРК в системе удобрений в среднем по вариантам обработки почвы и защиты растений несущественно повлияло на изменение сухой массы сорных растений – наблюдалась даже тенденция снижения общего показателя на 8,5% в сравнении с фоном без удобрений.

В посеве овса общая сухая масса сорных растений была в среднем несколько меньше, чем в посеве озимой ржи (на 28,6%), однако, как и в случае с численностью, показатель массы многолетних сорняков в посеве ржи в среднем был на 64,3% ниже.

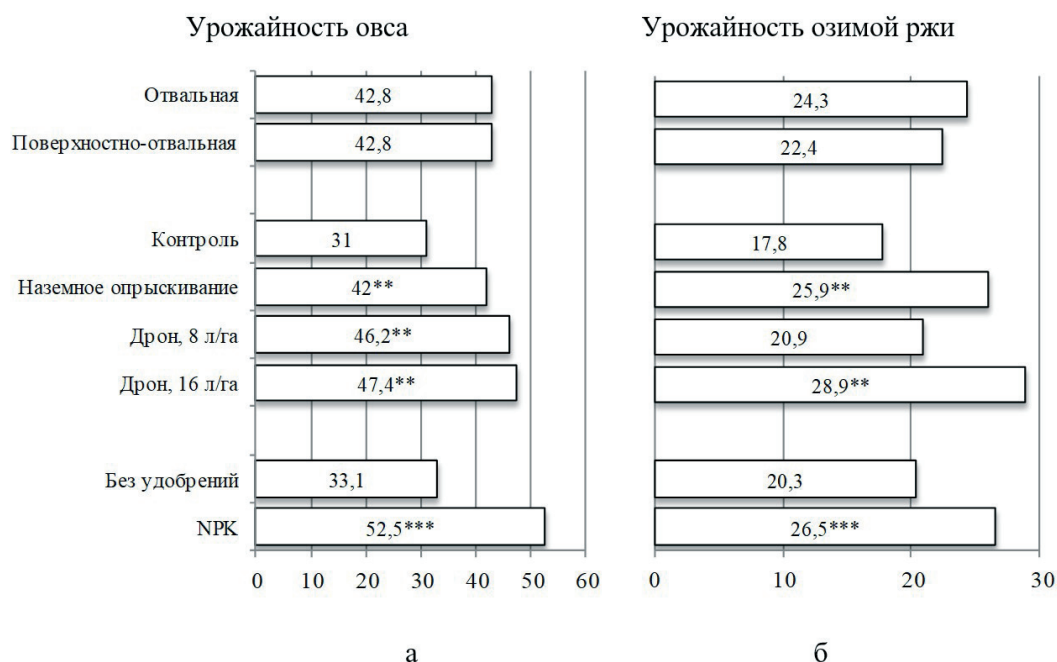
В динамике численность малолетних сорных растений в посеве овса 2023 года в целом по всему опыту практически не изменялась к сроку второго учёта – наблюдалась тенденция роста на 6,0%, однако их сухая масса возросла намного больше – с 20,7 до 49,2 г/м², то есть в 2,4 раза (рис. 3).

Изменения численности и массы многолетних сорных растений имели схожую динамику – к концу вегетации овса при втором учёте показатели выросли, соответственно, в 1,7 и 5,8 раза по сравнению с началом

вегетации культуры. Причиной этого, как и в случае с малолетними видами, стало существенное повышение засорённости посева овса на вариантах без применения гербицида как на неудобренном фоне, так и при внесении НРК.

Похожие изменения были и в 2025 году в посеве озимой ржи. При первом и втором учётах сорной растительности в посеве этой культуры по показателю численности явно преобладали малолетние виды над многолетними более чем в 8 раз. Второй учёт численности показал рост показателя по обеим биогруппам сорных растений в среднем в 2,0 раза, несмотря на применение гербицидов. Изменения сухой массы сорных растений в период вегетации озимой ржи сохраняли тенденции численности: обилие малолетних сорных растений было заметно выше многолетних – почти в 9 раз при первом учёте и в 6,8 раза – при втором. При этом сухая масса многолетних сорных растений к сроку второго учёта выросла в среднем по опыту в 24,5 раза (с 0,6 до 13,4 г/м²), а малолетних – в 18,5 раза (с 4,9 до 90,6 г/м²).

Засорённость посевов овса и озимой ржи, особенно многолетними видами, оказывала отрицательное влияние на урожайность зерна этих культур. Корреляционный анализ показал наличие существенной средней отрицательной связи: в 2023 году – численности многолетних сорных растений и урожайности овса ($r = -0,52$; $p = 0,037$); в 2025 году – численности и сухой массы



** – существенные отличия от контроля в факторе системы защиты растений на 5%-ном уровне значимости;
 *** – существенные отличия от фона без удобрений в факторе системы удобрений на 5%-ном уровне значимости.

Рисунок 4 – Урожайность зерна овса (а) и озимой ржи (б) в среднем по изучаемым факторам, ц/га

многолетних сорных растений и урожайности озимой ржи (соответственно, $r = -0,58$; $p = 0,017$ и $r = -0,60$; $p = 0,013$).

Урожайность зерна овса в 2023 году была на довольно высоком уровне, особенно при использовании гербицида и минеральных удобрений (рис. 4а). При наземном опрыскивании прибавка урожая составила 35,5%, при использовании дронов с нормой 8 л/га – 49,0%, с нормой 16 л/га – максимальное значение 51,9%. Внесение NPK, несмотря на повышение засорённости, также способствовало достоверному увеличению урожайности овса на 58,6% по сравнению с неудобренным фоном. В посеве ржи 2025 года в среднем по изучаемым факторам системы основной обработки почвы не имели достоверных отличий с тенденцией снижения урожайности озимой ржи на 8,4% при использовании сберегающей поверхностно-отвальной обработки по сравнению с отвальной (рис. 4б). Применение гербицида значительно повысило урожайность культуры практически на всех изучаемых вариантах, особенно на варианте Дрон с нормой рабочей жидкости 16 л/га (до уровня 28,9 ц/га, или на 62,4% выше контроля). Внесение NPK способствовало существенному увеличению урожайности ржи в сравнении с неудобренным фоном, различия составили 28,2%.

Таким образом, для получения максимальной урожайности зерна овса (58,5 ц/га) и озимой ржи (32,8 ц/га) целесообразно использовать вариант применения гер-

бицида с использованием опрыскивания дроном с нормой рабочей жидкости 16 л/га на фоне внесения NPK как при отвальной, так и при поверхностно-отвальной обработке.

Выводы. Для существенного снижения численности сорных растений в посевах зерновых культур (до 6,0–13,5 шт./м²) целесообразно использовать вариант применения БПЛА в варианте Дрон с нормой рабочей жидкости 16 л/га по фону без удобрений независимо от применяемой системы обработки почвы. Наиболее эффективным в снижении сухой массы сорных растений в посеве овса является вариант применения гербицида с помощью варианта Дрон с нормой рабочей жидкости 8 л/га (до 3,0–5,3 г/м²) без удобрений, особенно на поверхностно-отвальной обработке, а в посеве озимой ржи – наземного опрыскивания (до 4,2–21,6 г/м²), особенно на отвальной обработке. Для получения максимальной урожайности зерна овса (58,5 ц/га) и озимой ржи (32,8 ц/га) целесообразно использовать вариант применения гербицида Дрон с нормой рабочей жидкости 16 л/га на фоне внесения NPK как при отвальной, так и при поверхностно-отвальной обработке.

Таким образом, для снижения засорённости посевов овса и озимой ржи, повышения их урожайности в условиях дерново-подзолистых почв Нечернозёмной зоны целесообразно применять БПЛА для опрыскивания гербицидами с нормой расхода раствора 16 л/га на фоне внесения удобрения NPK.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Труфанов А. М. Ресурсосбережение в технологии возделывания яровой пшеницы на дерново-подзолистой средне-суглинистой почве // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 2 (42). С. 18–25. EDN UUNWJR.
2. Щукин С. В., Горнич Е. А., Труфанов А. М. [и др.] Влияние основной обработки почвы, удобрений и последствий гербицидов на засорённость посевов полевых культур // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. Т. 57, № 1. С. 25–31. EDN XEIWYD.

3. Афоничев Д. Н., Васильев В. В. Обоснование целесообразности использования беспилотных летательных аппаратов для ухода за посевами сельскохозяйственных культур // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 2 (85). С. 94–100. DOI 10.53914/issn2071-2243_2025_94. EDN NJTAZS.
4. Сулейманов С. Р., Логинов Н. А. Перспектива использования дистанционного зондирования земли и БПЛА в сельском хозяйстве Татарстана // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12, № 4 (46). С. 17–19. DOI 10.12737/article_5a5f046a864615.07130597. EDN YMOURN.
5. Nath S. A vision of precision agriculture: Balance between agricultural sustainability and environmental stewardship // Agronomy Journal. 2024. Vol. 116, Is. 3. P. 1126–1143. DOI 10.1002/agj2.21405.
6. Шайтура С. В., Князева М. Д., Белю Л. П. [и др.] Цифровая трансформация сельского хозяйства на основе беспилотных летательных аппаратов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 7. С. 174–182. EDN UDWFE.
7. Карпукhin М. Ю., Инышева В. А. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в АПК // Аграрное образование и наука. 2024. № 1. С. 4–12. EDN YCWYVH.
8. Wang X., Choi, D., Adams, D. [et al.] Artificial intelligence-powered plant phenomics: Progress, challenges, and opportunities // The Plant Phenome Journal. 2025. Vol. 9, Is. 1. e70060. DOI 10.1002/ppj2.70060.
9. Курченко Н. Ю., Даус Ю. В., Труфляк Е. В., Ильченко Я. А. Параметры применения беспилотных летательных аппаратов при обработке средствами защиты растений сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 527–536. DOI 10.32786/2071-9485-2023-01-58. EDN OIBLWB.
10. Olson D., Anderson J. V. Review on unmanned aerial vehicles, remote sensors, imagery processing, and their applications in agriculture // Agronomy Journal. 2021. Vol. 113, Is. 2. P. 971–992. DOI 10.1002/agj2.20595.
11. Погonyшев В. А., Погonyшева Д. А., Ульянова Н. Д., Милютин Е. М. Агродроны как инструмент цифровизации технического обеспечения растениеводства // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 4 (110). С. 56–61. EDN YCULLA.
12. Припоров И. Е., Богданов Р. П., Аленин П. В., Аушев М. Х. Перспективы внедрения беспилотных летательных аппаратов в сельское хозяйство для химической обработки растений // Известия Оренбургского государственного университета. 2023. № 3 (101). С. 191–195. EDN SAYEJI.
13. Кудрявцев Д. В., Магдин А. Г., Припадчев А. Д. [и др.] Всесторонняя обработка посевов при помощи беспилотного летательного аппарата сельскохозяйственного назначения // Аграрный вестник Верхневолжья. 2022. № 1 (38). С. 64–70. DOI 10.35523/2307-5872-2022-38-1-64-70. EDN DOOUOI.
14. Эфендиева А. А., Загазеева О. З. Перспективы использования беспилотных устройств в решении прикладных задач в сельскохозяйственной отрасли // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. № 4 (90). С. 54–59. DOI 10.35330/1991-6639-2019-4-90-54-59. EDN TVLDBH.
15. Саскевич П. А., Камасин С. С., Тана И. Анализ и оптимизация цифровых технологий в растениеводстве // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 69–74. EDN ZWDOED.
16. Погonyшев В. А., Погonyшева Д. А., Ульянова Н. Д., Милютин Е. М. Агродроны как инструмент цифровизации технического обеспечения растениеводства // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 4 (110). С. 56–61. EDN YCULLA.
17. Туркин В. Н., Шемякин А. В., Кутейникова А. П. Особенности использования агродронов в системе агрохимии и АПК // Сетевой научный журнал РГАУ. 2025. № 1 (7). С. 7–21. DOI 10.36508/journal.2025.77.48.003. EDN GLPRKF.
18. Амирова Э. Ф., Вагапов Р. И., Золкин А. Л., Малова Н. Н. Перспективы использования беспилотных технологий в сельском хозяйстве // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 8. С. 41–48. EDN TLPXTD.
19. Кузнецов Р. В. Использование БПЛА в сельском хозяйстве как фактор повышения конкурентоспособности // Мировые цивилизации. 2024. Т. 9, № 4. С. 69–75. EDN FOZHLS.
20. Ковалев И. В., Шапорова З. Е., Ковалев Д. И. Обзорный анализ экспериментальных данных для оценки характеристик БПЛА для опрыскивания посевов в точном земледелии // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11 (212). С. 25–31. DOI 10.36718/1819-4036-2024-11-25-31. EDN OTCZUZ.

References

1. Trufanov A. M. Resursosberezhenie v tekhnologii vozdeystviya yarovoj pshenicy na dervno-podzolistoj srednesuglinistoj pochve // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2018. № 2 (42). С. 18–25. EDN UUNWJR.
2. Shchukin S. V., Gornich E. A., Trufanov A. M. [i dr.] Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy, udobrenij i posledejstviya gerbicidov na zasorennost' posevov polevyh kul'tur // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. Т. 57, № 1. С. 25–31. EDN XEIWYD.
3. Afonichev D. N., Vasil'ev V. V. Obosnovanie celesoobraznosti ispol'zovaniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov dlya uhoda za posevami sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. Т. 18, № 2 (85). С. 94–100. DOI 10.53914/issn2071-2243_2025_94. EDN NJTAZS.
4. Sulejmanov S. R., Loginov N. A. Perspektiva ispol'zovaniya distancionnogo zondirovaniya zemli i BPLA v sel'skom hozyajstve Tatarstana // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. Т. 2, № 4 (46). С. 17–19. DOI 10.12737/article_5a5f046a864615.07130597. EDN YMOURN.
5. Nath S. A vision of precision agriculture: Balance between agricultural sustainability and environmental stewardship // Agronomy Journal. 2024. Vol. 116, Is. 3. P. 1126–1143. DOI 10.1002/agj2.21405.
6. Shajtura S. V., Knyazeva M. D., Belyu L. P. [i dr.] Cifrovaya transformaciya sel'skogo hozyajstva na osnove bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 7. С. 174–182. EDN UDWFE.
7. Karpukhin M. Yu., Inysheva V. A. Perspektivy primeneniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov v APK // Agrarnoe obrazovanie i nauka. 2024. № 1. С. 4–12. EDN YCWYVH.
8. Wang X., Choi, D., Adams, D. [et al.] Artificial intelligence-powered plant phenomics: Progress, challenges, and opportunities // The Plant Phenome Journal. 2025. Vol. 9, Is. 1. e70060. DOI 10.1002/ppj2.70060.
9. Kurchenko N. Yu., Daus Yu. V., Truflyak E. V., Il'chenko Ya. A. Parametry primeneniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov pri obrabotke sredstvami zashchity rastenij sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2023. № 1 (69). С. 527–536. DOI 10.32786/2071-9485-2023-01-58. EDN OIBLWB.
10. Olson D., Anderson J. V. Review on unmanned aerial vehicles, remote sensors, imagery processing, and their applications in agriculture // Agronomy Journal. 2021. Vol. 113, Is. 2. P. 971–992. DOI 10.1002/agj2.20595.

11. Pogonyshv V. A., Pogonysheva D. A., Ul'yanova N. D., Milyutina E. M. Agrodrony kak instrument cifrovizatsii tekhnicheskogo obespecheniya rastenievodstva // Vestnik Bryanskoy GSKHA. 2025. № 4 (110). S. 56–61. EDN YCULLA.
12. Priporov I. E., Bogdanov R. P., Alenin P. V., Aushev M. Kh. Perspektivy vnedreniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v sel'skoe hozyajstvo dlya himicheskoy obrabotki rastenij // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 3 (101). S. 191–195. EDN SAYEJI.
13. Kudryavtsev D. V., Magdin A. G., Pripadchev A. D. [i dr.] Vsestoronnaya obrabotka posevov pri pomoshchi bespilotnogo letatel'nogo apparata sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2022. № 1 (38). S. 64–70. DOI 10.35523/2307-5872-2022-38-1-64-70. EDN DOOUOI.
14. Efendieva A. A., Zagazheva O. Z. Perspektivy ispol'zovaniya bespilotnykh ustroystv v reshenii prikladnykh zadach v sel'skohozyajstvennoj otrasli // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. 2019. № 4 (90). S. 54–59. DOI 10.35330/1991-6639-2019-4-90-54-59. EDN TVLDBH.
15. Saskevich P. A., Kamasin S. S., Tana J. Analiz i optimizatsiya cifrovyykh tekhnologiy v rastenievodstve // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2024. № 2. S. 69–74. EDN ZWDOED.
16. Pogonyshv V. A., Pogonysheva D. A., Ul'yanova N. D., Milyutina E. M. Agrodrony kak instrument cifrovizatsii tekhnicheskogo obespecheniya rastenievodstva // Vestnik Bryanskoy GSKHA. 2025. № 4 (110). S. 56–61. EDN YCULLA.
17. Turkin V. N., Shemyakin A. V., Kutejnikova A. P. Osobennosti ispol'zovaniya agrodronov v sisteme agrohimii i APK // Setevoy nauchnyy zhurnal RGATU. 2025. № 1 (7). S. 7–21. DOI 10.36508/journal.2025.77.48.003. EDN GLPRKF.
18. Amirova E. F., Vagapov R. I., Zolkin A. L., Malova N. N. Perspektivy ispol'zovaniya bespilotnykh tekhnologiy v sel'skom hozyajstve // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2023. № 8. S. 41–48. EDN TLPXTD.
19. Kuznetsov R. V. Ispol'zovanie BPLA v sel'skom hozyajstve kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti // Mirovye civilizatsii. 2024. T. 9, № 4. S. 69–75. EDN FOZHLS.
20. Kovalev I. V., Shaporova Z. E., Kovalev D. I. Obzornyj analiz eksperimental'nykh dannykh dlya ocenki harakteristik BPLA dlya opryskivaniya posevov v tochnom zemledelii // Vestnik KrasGAU. 2024. № 11 (212). S. 25–31. DOI 10.36718/1819-4036-2024-11-25-31. EDN OTCZUZ.

Сведения об авторах

Александр Михайлович Труфанов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 5673-4920.

Сергей Владимирович Щукин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 2622-3345.

Виктория Владимировна Седова – соискатель кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 6126-9935.

Иван Анатольевич Волков – аспирант кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет».

Information about the authors

Aleksandr M. Trufanov – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 5673-4920.

Sergey V. Shchukin – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 2622-3345.

Victoriya V. Sedova – applicant of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 6126-9935.

Ivan A. Volkov – Postgraduate student of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University".

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья

УДК 633.154:631.55:631.51+ 631.54

doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.004

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СОХРАННОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ

Анастасия Андреевна Дубинина¹, Татьяна Павловна Сабирова², Анастасия Андреевна Лобанова³, Александр Викторович Тихонов⁴

^{1, 2, 3, 4}Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», Михайловский, Россия

¹atrushenko@bk.ru, ORCID 0009-0005-1855-1438

²t.sabirova@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-6452-4864

³anastasia.smolyonova@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5352-0507

⁴Sandrokes@live.ru, ORCID 0000-0002-6857-484X

Реферат. Представлены результаты двухлетнего экспериментального изучения влияния полевой всхожести, сохранности и выживаемости растений кукурузы на её урожайность при возделывании на силос в условиях различных фонов минерального питания по технологиям возделывания и применения биопрепарата Азофок. Установлено, что полевая всхожесть за два года исследования в опыте варьировала в диапазоне 85,9–91,7%. По экстенсивной технологии сохранность растений достигала до 98,2% с применением биопрепарата Азофок, что свидетельствует о высокой устойчивости культуры к воздействию агрометеорологических факторов по данной технологии. При оценке выживаемости растений кукурузы в ходе двухлетних полевых исследований установлено, что максимальное среднее значение данного показателя (84,3%) без применения биопрепарата Азофок достигается по интенсивной технологии. С применением удобрений повышалась выживаемость растений кукурузы. Влияние обработки биопрепаратом даёт положительный эффект только по экстенсивной технологии, то есть без применения удобрений. При посеве семян кукурузы в более прогретую почву в 2025 году была достигнута более высокая полевая всхожесть – 88,9–100%. На урожайность зелёной массы кукурузы в большей степени влияет выживаемость растений. По интенсивной технологии дифференцированное внесение минеральных удобрений ($N_{100}P_{100}K_{120}$ в 2024 году и $N_{100}P_{10}K_{10}$ в 2025 году) обусловило получение урожайности кукурузы в среднем 19,5 т/га сухого вещества, что выше значения по экстенсивной технологии на 9,2 т/га, или на 89,3%, а органической – на 6,6 т/га, или на 51,2%. Это отражает влияние изменения доз элементов питания и биопрепарата на продуктивность культуры.

Ключевые слова: кукуруза на зелёную массу, полевая всхожесть, сохранность, выживаемость, урожайность, технология возделывания, биопрепарат, дерново-подзолистая почва

THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE SAFETY AND PRODUCTIVITY OF CORN

Anastasiya A. Dubinina¹, Tatyana P. Sabirova², Anastasiya A. Lobanova³, Aleksandr V. Tikhonov⁴

^{1, 2, 3, 4}Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", Mikhaylovskiy, Russia

¹atrushenko@bk.ru, ORCID 0009-0005-1855-1438

²t.sabirova@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-6452-4864

³anastasia.smolyonova@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5352-0507

⁴Sandrokes@live.ru, ORCID 0000-0002-6857-484X

Abstract. The results of a two-year experimental study of the effect of field germination, safety and survival of corn plants on its yield when cultivated on silage under conditions of different backgrounds of mineral nutrition according to cultivation technologies and the use of biological product Azofok were presented. It was found that field germination for the two years of study in the experiment varied in the range of 85.9–91.7%. According to the extensive technology, the safety of plants reached 98.2% with the use of the biological product Azofok, which indicates a high resistance of the crop to the effects of agrometeorological factors using this technology. When assessing the survival rate of corn plants during the two-year field studies, it was found that the maximum average value of this indicator (84.3%) without the use of biological product Azofok was achieved using intensive technology. With the use of fertilizers, the survival rate of

corn plants increased. The effect of treatment with biological product gives a positive effect only by extensive technology, that is, without the use of fertilizers. When sowing corn seeds in warmer soil in 2025, a higher field germination rate of 88.9–100% was achieved. The yield of green mass of corn is more influenced by the survival rate of plants. According to the intensive technology, the differentiated application of mineral fertilizers ($N_{100}P_{100}K_{120}$ in 2024 and $N_{100}P_{10}K_{10}$ in 2025) led to an average corn yield of 19.5 t/ha of dry matter, which is higher than the value of extensive technology by 9.2 t/ha, or by 89.3%, and organic – by 6.6 t/ha, or 51.2%. This reflects the effect of changing the doses of nutrients and biological product on the productivity of the crop.

Keywords: corn for green mass, field germination, safety, survival, yield, cultivation technology, biological product, soddy-podzolic soil

Введение. Современное развитие сельскохозяйственной отрасли выдвигает на передний план две основополагающие задачи агрономии: обеспечение устойчивой кормовой базы и системное повышение плодородия почвы. Стратегическая роль кормопроизводства заключается в том, чтобы снабжать животноводческую отрасль качественными кормами в требуемых объемах [1–3]. Чтобы добиться стабильного урожая кукурузы и других сельскохозяйственных культур с высокими качественными показателями, необходимо обеспечить появление равномерных всходов с оптимальной густотой стояния, которая является количественным показателем полевой всхожести. Ключевую роль здесь играет технология возделывания – комплекс агротехнических и организационных мер, нацеленных на достижение требуемой густоты стояния растений, который позволяет культурам сформировать эффективную ассимиляционную поверхность, что способствует максимальному фотосинтезу и, как следствие, активному наращиванию биомассы. Плотность посева оказывает существенное воздействие на ряд ключевых параметров: прирост надземной биомассы, высоту растений, структуру урожая, динамику фенологических фаз и эффективность фотосинтеза. При чрезмерной густоте посевов наблюдается замедление развития генеративных органов, тогда как чрезмерно разреженные посевы приводят к существенной потере урожайности. Многочисленные научные исследования подтверждают, что использование различных удобрений оказывает благотворное влияние на ключевые агрономические показатели: активизирует процессы прорастания, усиливает естественную сопротивляемость растений к заболеваниям, повышает их устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам (засухе и низким температурам), укрепляет иммунный потенциал культур, что в конечном итоге приводит к росту урожайности и улучшению качественных характеристик сельскохозяйственной продукции [4]. Предпосевная обработка семян биопрепаратами способствует повышению урожайности кукурузы, при этом зафиксировано достоверное увеличение показателя полевой всхожести [5]. Комплексное микробиологическое удобрение Азофок сочетает в себе три функции питания: азотное, фосфорное, калиевое. При предпосевной обработке семян оно обеспечивает дополнительное комплексное питание растений, начиная с фазы проростков и до формирования корневой системы [6]. Установлено положительное влияние внесения удобрений и обработки семян кукурузы биопрепаратами на развитие растений. В опытах Г. В. Метлиной, А. В. Гуреевой

и С. А. Васильченко в контрольном варианте полевая всхожесть составила 72,3%, при внесении удобрений показатель возрос до 74,2%, а обработка семян биопрепаратами обеспечила его повышение до 75,0–76,3% [7]. Реализация потенциального уровня продуктивности посевов определяется тремя ключевыми показателями: всхожестью семян, сохранностью растений в процессе вегетации и их выживаемостью до уборки урожая.

Цель исследований – изучение влияния биопрепарата и технологий возделывания на полевую всхожесть, сохранность и выживаемость растений кукурузы, а также на её урожайность в условиях центральной Нечернозёмной зоны.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле Ярославского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства – филиала ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая с содержанием элементов питания по первой ротации севооборота: гумуса – 1,6%, pH – 5,8, K_2O – 77,9 мг/кг, P_2O_5 – 218 мг/кг почвы; по второй ротации севооборота: гумуса – 1,87%, pH – 6,2, K_2O – 162,6 мг/кг, P_2O_5 – 278 мг/кг почвы. Семипольный севооборот включает следующий набор культур: кукурузу на силос, однолетние травы (вико-овсяная смесь) с подсевом многолетних трав; 3 года многолетние травы (люцерны изменчивая + тимopheевка луговая + овсяница луговая); зерновые культуры на зелёную массу + поукосно капустные на сидерат; ячмень на зерно. Севооборот был заложен в 2017 году, а первая его ротация завершилась в 2024 году. По результатам агрохимического анализа почвы установлено, что за семилетний период произошло накопление достаточного количества фосфора и калия. С учётом этих показателей и для достижения планируемой урожайности на уровне 60 т/га по интенсивной технологии норму внесения органических удобрений увеличили с 60 т/га до 80 т/га, а также снизили дозы калия и фосфора.

В 2024 и 2025 годы кукуруза возделывалась с применением различных технологий.

Фактор А – технологии возделывания:

1. Экстенсивная технология (ЭТ) – без удобрений;
2. Органическая технология (ОТ) – в 2024 году – 60 т /га навоза под зяблевую вспашку, ячменная солома; в 2025 году – 80 т/га навоза под зяблевую вспашку, ячменная солома;
3. Интенсивная технология (ИТ) – в 2024 году – 60 т /га навоза под зяблевую вспашку, ячменная соло-

ма, весной $N_{100}P_{100}K_{120}$; в 2025 году – 80 т/га навоза под зяблевую вспашку, ячменная солома, весной $N_{100}P_{10}K_{10}$.

Фактор В – биопрепарат Азофок:

В1 – без обработки биопрепаратом;

В2 – с обработки биопрепаратом.

В опытах выращивался гибрид кукурузы Эффективный отечественной селекции, отличающийся высокой кормовой ценностью и хорошей переваримостью благодаря пониженному содержанию лигнина. Он характеризуется холодостойкостью и засухоустойчивостью, устойчив к основным заболеваниям и ломкости стебля, а также демонстрирует высокую энергию роста.

В качестве минеральных удобрений применялась азофоска в дозе (NPK 16:16:16) и вносилась весной под предпосевную культивацию. Биопрепарат Азофок был внесён в почву перед посевом кукурузы – 2 л/га. Азофок – это комплексное микробиологическое удобрение. Оно содержит 3 вида спорообразующих бактерий и сочетает в себе 3 функции питания: азотное, фосфорное и калиевое. При предпосевной обработке семян оно обеспечивает дополнительное комплексное питание растений, начиная с фазы проростков и вплоть до формирования корневой системы.

В рамках настоящего исследования для изучения взаимосвязи между урожайностью, полевой всхожестью и сохранностью был применён корреляционный анализ, позволивший выявить статистическую зависимость между этими показателями за рассматриваемый временной период.

Повторность опыта 3-кратная. Общая площадь опыта 600 м². Площадь фактора А – 120 м² и фактора В – 60 м². Учёт урожая проводился сплошным поделочным методом. Уборка кукурузы осуществлялась в фазу молочно-восковой спелости [8].

В рамках проведённого исследования оценка урожайности сухого вещества кукурузы, а также показателей сохранности, выживаемости и полевой всхожести производилась в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями. Для оценки количества всходов и сохранности растений к моменту уборки проводили подсчёт растений на постоянных учётных площадках, размещённых в трёхкратной повторности на каждой делянке [8].

Для оценки значимости влияния исследуемых факторов применялся критерий Фишера, позволяющий выявить наличие или отсутствие статистически значимых различий между выборочными средними значениями. Существенность частных различий определялась с использованием показателя наименьшей существенной разности (НСР) при 5%-ном уровне значимости. Корреляционно-регрессионный анализ определялся по методике полевого опыта Б. А. Доспехова [9].

Наиболее благоприятная температура для выращивания кукурузы составляет 22–25°C днём и 18°C – ночью. В 2024 году средняя температура мая в 3-й декаде составляла 15,5°C, что ниже оптимальных значений на 6,5–9,5°C, это способствовало замедленному прорастанию семян и развитию кукурузы. Июнь выдался существенно теплее нормы, что благоприятно сказалось на росте теплолюбивой культуры. В июле наблюдалась

умеренно тёплая погода с плавным снижением температуры, и она была близка к норме, что создавало благоприятные условия для созревания и уборки урожая.

В вегетационный период 2025 года в мае в 3-й декаде температура составила 18,2°C, что способствовало более дружному прорастанию семян. В июне и августе наблюдалась прохладная погода: среднесуточные температуры оказались ниже средних многолетних значений на 1,0–0,2°C. Осадки преимущественно представляли собой кратковременные ливни. При этом в мае сумма осадков превысила норму на 21%, тогда как в остальные месяцы вегетационного периода отмечался дефицит влаги – уровень осадков составил 62–92% от нормы. Засушливая и жаркая погода привела к снижению урожайности зелёной массы кукурузы.

Результаты и обсуждение. В результате исследований в 2024 году максимальная полевая всхожесть сельскохозяйственной культуры без применения биопрепарата (91,7%) зафиксирована по экстенсивной технологии, что на 4,2 процентных пункта превышает показатели по органической и интенсивной технологиям, хотя эта разница незначительная (табл. 1).

При этом существенно наименьшая полевая всхожесть (79,2%) наблюдалась в варианте по экстенсивной технологии с обработкой биопрепаратом Азофок.

Сохранность растений кукурузы без применения биопрепарата в 2024 году увеличивалась по мере интенсификации технологий – от 86,3% по экстенсивной технологии до 95,8% по интенсивной технологии, что превысило показатели по органической технологии на 4,8 п.п. и по интенсивной – на 9,5 п.п. по сравнению с экстенсивной технологией.

Обработка биопрепаратом существенно увеличивала сохранность растений по экстенсивной технологии, а по другим технологиям разница была незначительная. Максимальное значение сохранности растений (100%) отмечено по экстенсивной технологии с обработкой биопрепаратом. Внесение минеральных и органических удобрений не повлияло на выживаемость растений кукурузы. При возделывании кукурузы по интенсивной технологии внесение органических и минеральных удобрений в дозе $N_{100}P_{100}K_{120}$ без обработки биопрепаратом способствовало достижению максимальной выживаемости 83,3%, что на 4,1 п.п. превысило показатели по экстенсивной и органической технологиям. Применение биопрепарата в рамках этой же технологии привело к существенному снижению выживаемости до 75%, а его применение по экстенсивной и органической технологиям не повлияло на выживаемость растений кукурузы.

В 2025 году конец мая был достаточно тёплым с температурой 18,2°C, что в дальнейшем благоприятно повлияло на прорастание семян и полевую всхожесть, она составила 88,9–100%. Технологии возделывания и биопрепарат на этот показатель не влияли, хотя имеется тенденция её увеличения по экстенсивной и интенсивной технологиям от применения биопрепарата. Глубокая и хорошо развитая корневая система кукурузы обеспечивает устойчивость к засухе, что подтверждается уровнем сохранности посевов к уборке 91,7–96,3%. Применение только органических удобрений способст-

Таблица 1 – Полевая всхожесть, сохранность и выживаемость кукурузы на зелёную массу в зависимости от технологий возделывания

Технология	Биопрепарат	Полевая всхожесть, %	Сохранность, %	Выживаемость, %
2024 год				
Экстенсивная	Б1	91,7	86,3	79,2
	Б2	79,2	100,0	79,2
Органическая	Б1	87,5	91,1	79,2
	Б2	83,3	95,8	79,2
Интенсивная	Б1	87,5	95,8	83,3
	Б2	83,3	90,5	75,0
HCP ₀₅ А	х	Fф < F05	Fф < F05	Fф < F05
HCP ₀₅ В	х	12,0	8,4	5,4
2025 год				
Экстенсивная	Б1	88,9	91,7	81,5
	Б2	92,6	96,3	88,9
Органическая	Б1	92,6	92,1	85,2
	Б2	92,6	92,1	85,2
Интенсивная	Б1	88,9	95,8	85,2
	Б2	100,0	96,3	96,3
HCP ₀₅ А	х	Fф < F05	Fф < F05	Fф < F05
HCP ₀₅ В	х	Fф < F05	Fф < F05	4,8
В среднем за 2 года				
Экстенсивная	Б1	90,3	89,0	80,4
	Б2	85,9	98,2	84,1
Органическая	Б1	90,1	91,4	82,2
	Б2	88,0	94,0	82,2
Интенсивная	Б1	88,2	95,8	84,3
	Б2	91,7	93,4	83,2
HCP ₀₅ А	х	Fф < F05	Fф < F05	1,2
HCP ₀₅ В	х	Fф < F05	6,8	Fф < F05

вовало повышению сохранности растений на 0,4 п.п., а с применением и минеральных удобрений по интенсивной технологии – на 4,1 п.п. Применение биопрепарата по экстенсивной и интенсивной технологиям способствовало повышению сохранности кукурузы на 4,6 и на 0,5 процентных пунктов соответственно. В исследованиях отмечена тенденция повышения выживаемости растений кукурузы на 3,7 п.п. по органической и интенсивной технологиям. Применение биопрепарата способствовало достоверному повышению выживаемости растений по экстенсивной и интенсивной технологиям на 7,4 и на 11,1 п.п. соответственно.

В среднем за 2 года полевая всхожесть по вариантам опыта варьировала от 88,0 до 90,3%, сохранность 89,0–95,5% и выживаемость 80,4–84,3%. Интенсификация технологий возделывания повышала выживаемость растений, а применение биопрепарата Азофок влияло на их сохранность.

Урожайность сухого вещества в годы исследований зависела от технологий возделывания и биопрепарата (табл. 2). Так, в 2024 году по органической технологии

урожайность была выше на 3,7 т/га, или на 35,9%, и по интенсивной – на 8,5 т/га, или на 82,5%, чем по экстенсивной технологии.

Применение биопрепарата способствовало росту урожайности по экстенсивной технологии на 55,3%, по органической – на 25,7% и по интенсивной – на 11,7%. Наибольшая урожайность сухого вещества зелёной массы кукурузы была получена по интенсивной технологии (N₁₀₀P₁₀₀K₁₂₀) с обработкой биопрепаратом и составила 21 т/га сухого вещества, что выше её значения на этом же варианте по экстенсивной технологии на 5 т/га, или на 31,3%, и органической – 3,4 т/га, или на 19,6%.

В более засушливом и жарком 2025 году урожайность сухого вещества была ниже, и наибольший её прирост был по интенсивной технологии – 9,8 т/га, или на 188,4% по сравнению с экстенсивной технологией. Применение только органических удобрений привело к увеличению урожайности сухого вещества на 1,4 т/га, или на 21,2% по сравнению с экстенсивной технологией. Действие биопрепарата в этом году было неоднозначным. Достоверное увеличение урожайности

Таблица 2 – Урожайность сухого вещества зелёной массы кукурузы

Технология	Биопрепарат	Урожайность сухого вещества, т/га		
		2024 год	2025 год	среднее
Экстенсивная	Б1	10,3	5,2	7,8
	Б2	16,0	4,6	10,3
Органическая	Б1	14,0	6,6	10,3
	Б2	17,6	8,2	12,9
Интенсивная	Б1	18,8	15,0	16,9
	Б2	21,0	18,0	19,5
НСП ₀₅ А	х	1,2	3,5	1,8
НСП ₀₅ В	х	2,0	2,2	1,0

от его применения происходило только по интенсивной технологии, прирост составил 3,0 т/га, или 20,0%. Максимальная урожайность была получена по интенсивной технологии (N₁₀₀P₁₀K₁₀) с применением биопрепарата – 18 т/га сухого вещества, что выше её урожайности на этом же варианте по экстенсивной технологии на 13,4 т/га, или в 2,9 раза, и органической – на 9,8 т/га, или на 119,5%.

В среднем за 2 года исследований (2024–2025 гг.) урожайность сухого вещества по технологиям возделывания варьировала в пределах 7,8–16,9 т/га сухого вещества, и максимальное её значение было получено по интенсивной технологии с обработкой биопрепаратом – 19,5 т/га, что выше значения по экстенсивной технологии на 9,2 т/га, или на 89,3%, а органической – на 6,6 т/га, или на 51,2%. С применением биопрепарата урожайность культуры возрастала по экстенсивной технологии на 2,5 т/га сухого вещества, или на 33,3%, по органической технологии – на 2,6 т/га сухого вещества (+25,2%), по интенсивной технологии – на 2,6 т/га сухого вещества (+15,4%).

За 2024 год анализ показателей корреляционной зависимости урожайности кукурузы позволяет устано-

вить, что на урожайность степень влияния всхожести, сохранности и выживаемости слабая с показателями коэффициента корреляции 0,148; 0,262; 0,042 соответственно (табл. 3).

В 2025 году проведённая оценка корреляционной зависимости урожайности от полевой всхожести и выживаемости растений кукурузы составила 0,352 и 0,449 соответственно, что позволяет заключить о средней степени зависимости урожайности от данных факторов. Значение коэффициента корреляции сохранности растений составило 0,216, что говорит о слабой степени зависимости урожайности от указанного фактора. В среднем за 2 года степень зависимости урожайности от полевой всхожести и сохранности слабая – 0,116; 0,267, а от выживаемости – средняя (0,338).

Вывод. Таким образом, проведённые нами исследования показали, что на полевую всхожесть растений кукурузы не влияли технологии возделывания и предпосевная обработка почвы биопрепаратом Азофок. Интенсификация технологий возделывания повышала выживаемость растений, а применение биопрепарата Азофок влияло на их сохранность. При анализе корреляционной степени зависимости выявлено, что на урожайность в

Таблица 3 – Коэффициент корреляции, степень зависимости урожайности от полевой всхожести, сохранности и выживаемости кукурузы на зелёную массу

Показатель	Коэффициент корреляции	Степень зависимости	Уравнение регрессии
2024 год			
Полевая всхожесть	0,148	Слабая	$y = -0,382x + 91,57$
Сохранность	0,262	Слабая	$y = 0,488x + 85,27$
Выживаемость	0,042	Слабая	$y = -0,067x + 80,25$
2025 год			
Полевая всхожесть	0,352	Средняя	$y = 0,362x + 89,22$
Сохранность	0,216	Слабая	$y = 0,253x + 91,70$
Выживаемость	0,449	Средняя	$y = 0,589x + 81,55$
В среднем за 2 года			
Полевая всхожесть	0,116	Слабая	$y = 0,153x + 87,08$
Сохранность	0,267	Слабая	$y = 0,365x + 78,47$
Выживаемость	0,338	Средняя	$y = 0,261x + 89,99$

большей степени влияет выживаемость растений. Применение удобрений и биопрепарата приводило к повышению урожайности сухого вещества, и максимальное её значение в среднем за 2024–2025 гг. получено по интенсивной технологии с обработкой Азофоком – 19,5 т/га.

Список источников

1. Батюгов Г. Е., Воронин А. Н., Сабирова Т. П., Цвик Г. С. Влияние технологий возделывания и биопрепаратов на полевую всхожесть, сохранность, выживаемость и урожайность кукурузы в условиях Ярославской области // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы : сб. науч. тр. по материалам Международ. науч.-практ. конф., Ярославль, 26 февраля 2020 года. Ярославль : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2020. С. 10–18. EDN GAEQIX.
2. Дубинина А. А., Тихонов А. В., Лобанова А. А., Сабирова Т. П. Влияние различных технологий возделывания и биопрепаратов на продуктивность и качество зелёной массы кукурузы // Вестник АПК Верхневолжья. 2025. № 4 (72). С. 5–10. DOI 10.35694/YARCX.2025.72.4.001. EDN IUAFU.
3. Королькова Н. М., Черкашина Н. И., Гусева Е. В. Посевные характеристики сельскохозяйственных культур при использовании инновационных комплексов удобрений // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 5. С. 580–592. DOI 10.32417/1997-4868-2024-05-580-592. EDN DZJPTN.
4. Шабышев Н. В., Кошеляев В. В., Кошеляева И. П., Ванягин А. А. Влияние листовых подкормок на различных фонах минерального питания на всхожесть, сохранность и выживаемость растений гороха // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : сб. статей XVII Международ. науч.-практ. конф., Пенза, 24–25 октября 2022 года. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2022. С. 182–187. EDN ROILSS.
5. Сабирова Т. П., Сабиров Р. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 18–22. EDN YMHOLJ.
6. Власова Я. Азафок: микробиологическое удобрение «3 в 1» // BETAREN agro. 2025. № 7 (71). С. 29–31.
7. Метлина Г. В., Гуреева А. В., Васильченко С. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность среднеспелого гибрида кукурузы Зерноградский 354 МВ // Зерновое хозяйство России. 2011. № 5. С. 56–59. EDN ONCLPT.
8. Шпаков А. С., Новоселов Ю. К., Харьков Г. Д. [и др.] Методические основы полевых опытов с кормовыми культурами. М. : ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2024. 332 с. ISBN 978-5-93098-144-5. DOI 10.33814/fieldexperiments-2024-332. EDN DFAQHE.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта : (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М. : Альянс, 2011. ISBN 978-5-903034-96-3. EDN QLCQEP.

References

1. Batyugov G. E., Voronin A. N., Sabirova T. P., Tsvik G. S. Vliyaniye tekhnologiy vozdelvaniya i biopreparatov na polevuyu vskhozhest', sohrannost', vyzhivaemost' i urozhajnost' kukuruzy v usloviyah Yaroslavskoy oblasti // Organicheskoe sel'skoe hozyajstvo: opyt, problemy i perspektivy : sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Yaroslavl', 26 fevralya 2020 goda. Yaroslavl' : Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya», 2020. S. 10–18. EDN GAEQIX.
2. Dubinina A. A., Tikhonov A. V., Lobanova A. A., Sabirova T. P. Vliyaniye razlichnyh tekhnologiy vozdelvaniya i biopreparatov na produktivnost' i kachestvo zelyonoy massy kukuruzy // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2025. № 4 (72). S. 5–10. DOI 10.35694/YARCX.2025.72.4.001. EDN IUAFU.
3. Korol'kova N. M., Cherkashina N. I., Guseva E. V. Posevnye harakteristiki sel'skohozyajstvennyh kul'tur pri ispol'zovanii innovacionnyh kompleksov udobrenij // Agrarnyj vestnik Urala. 2024. T. 24, № 5. S. 580–592. DOI 10.32417/1997-4868-2024-05-580-592. EDN DZJPTN.
4. Shabyshv N. V., Koshelyaev V. V., Koshelyaeva I. P., Vanyagin A. A. Vliyaniye listovyh podkormok na razlichnyh fonah mineral'nogo pitaniya na vskhozhest', sohrannost' i vyzhivaemost' rastenij goroha // Agropromyshlennyy kompleks: sostoyaniye, problemy, perspektivy : sb. statej XVII Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Penza, 24–25 oktyabrya 2022 goda. Penza : Penzenskiy gosudarstvennyy agrarnyj universitet, 2022. S. 182–187. EDN ROILSS.
5. Sabirova T. P., Sabirov R. A. Vliyaniye biopreparatov na produktivnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2018. № 3 (43). S. 18–22. EDN YMHOLJ.
6. Vlasova Ya. Azafok: mikrobiologicheskoe udobrenie «3 v 1» // BETAREN agro. 2025. № 7 (71). S. 29–31.
7. Metlina G. V., Gureeva A. V., Vasil'chenko S. A. Vliyaniye biopreparatov na produktivnost' srednespelogo gibrida kukuruzy Zernogradskij 354 MV // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2011. № 5. S. 56–59. EDN ONCLPT.
8. Shpakov A. S., Novoselov Yu. K., Khar'kov G. D. [i dr.] Metodicheskie osnovy polevyh opytov s kormovymi kul'turami. M. : FGBOU DPO RAKO APK, 2024. 332 s. ISBN 978-5-93098-144-5. DOI 10.33814/fieldexperiments-2024-332. EDN DFAQHE.
9. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta : (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Izd. 6-e, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g. M. : Al'yans, 2011. ISBN 978-5-903034-96-3. EDN QLCQEP.

Сведения об авторах

Анастасия Андреевна Дубинина – научный сотрудник отдела кормопроизводства и первичного семеноводства, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», spin-код: 5726-1137.

Татьяна Павловна Сабирова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник отдела кормопроизводства и первичного семеноводства, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», spin-код: 5437-3060.

Анастасия Андреевна Лобанова – старший научный сотрудник отдела кормопроизводства и первичного семеноводства, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», spin-код: 2802-8245.

Александр Викторович Тихонов – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормопроизводства и первичного семеноводства, Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», spin-код: 7350-4187.

Information about the authors

Anastasiya A. Dubinina – Research Officer of the Department of Fodder Production and Primary Seed Production, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", spin-code: 5726-1137.

Tatyana P. Sabirova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Senior Research Officer of the Department of Fodder Production and Primary Seed Production, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", spin-code: 5437-3060.

Anastasiya A. Lobanova – Senior Research Officer of the Department of Fodder Production and Primary Seed Production, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", spin-code: 2802-8245.

Aleksandr V. Tikhonov – Candidate of Biological Sciences, Senior Research Officer of the Department of Fodder Production and Primary Seed Production, Yaroslavl Scientific Research Institute of livestock breeding and forage production – Federal State Budget Scientific Institution "Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology", spin-code: 7350-4187.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

**В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО «ЯРОСЛАВСКИЙ ГАУ» В 2025 ГОДУ ВЫШЛА
МОНОГРАФИЯ, ИЗДАНИЕ 2-Е, ИСПРАВЛЕННОЕ**

ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ ШМИГЕЛЬ

СЕПАРАЦИЯ И СТИМУЛЯЦИЯ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Впервые монография была издана в 2003 г. В монографии рассматриваются проблемы существующей теории сепарации и стимуляции семян в электрическом поле. Излагаются вопросы поведения заряженной разноразмерной эллипсоидальной частицы в электростатическом поле на металлическом электроде и теоретическое обоснование процессов сепарации и стимуляции семян в электрическом поле. Рассматриваются методики, устройства и результаты экспериментальных исследований параметров семян, электрического поля. Приводятся разработанные установки для сепарации и стимуляции семян в электростатическом поле. Все они защищены патентами Российской Федерации.

Для студентов, аспирантов, молодых учёных, а также инженеров, агрономов и научных работников, занимающихся данной тематикой.

Монография издаётся в авторской редакции.

УДК 631.362:633.1; ББК 41.44; ISBN 978-5-98914-291-0; 206 СТР.

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Научная статья
УДК 597.554.3:574.64
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.005

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В МЫШЦАХ ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA* РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ОКТЯБРЕ 2024 ГОДА

И. А. Антипов¹, Р. А. Ложкина², Е. Г. Скворцова³, Л. И. Терещенко⁴, В. Т. Комов⁵

^{1, 3}Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия
^{1, 2, 4, 5}Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия

Автор, ответственный за переписку: Илья Андреевич Антипов,
antipovilya111@mail.ru, ORCID 0009-0008-2752-0774

Реферат. По результатам траловых ловов в октябре 2024 г. установлено содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища и выявлена его пространственная неоднородность. Минимальные концентрации металла ($0,181 \pm 0,015$ мкг/г сухой массы), а также наименьшие размерно-массовые характеристики (длина $224,8 \pm 7,6$ мм, масса $278,3 \pm 25,2$ г) и возраст рыб ($5,3 \pm 0,3$ года) зафиксированы в Шекснинском плёсе на станции Любец. Максимальные значения исследованных параметров зарегистрированы в Моложском плёсе на станции Первомай-ка: концентрация Hg составила $0,489 \pm 0,034$ мкг/г, длина – $383,7 \pm 9,6$ мм, масса – $1447,6 \pm 100,4$ г, возраст – $12,8 \pm 0,7$ года. Установлено, что содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей ($0,198 \pm 0,010$ мкг/г) значи-мо ниже, чем у самок ($0,312 \pm 0,025$ мкг/г) и самцов ($0,348 \pm 0,027$ мкг/г). Концентрация металла у неполовозрелых особей ($0,372 \pm 0,009$), самок ($0,476 \pm 0,046$) и самцов ($0,512 \pm 0,053$) со станции Первомай-ка была значимо выше по сравнению с другими точками отбора проб, независимо от пола рыб. Выявлена статистически значимая положительная корреляционная связь между содержанием Hg в мышцах с длиной ($r_s = 0,638$, $p < 0,01$), массой ($r_s = 0,658$, $p < 0,01$) и возрастом рыбы ($r_s = 0,613$, $p < 0,01$). Концентрации ртути в мышцах леща Рыбинского во-дохранилища не превышают установленных нормативов ($0,30$ мг/г сырой массы) для мирной пресноводной рыбы, что свидетельствует о безопасности её потребления человеком.

Ключевые слова: лещ, размерно-массовая характеристика, Рыбинское водохранилище

MERCURY CONTENT IN THE MUSCLES OF BREAM *ABRAMIS BRAMA* OF THE RYBINSK RESERVOIR IN OCTOBER 2024

I. A. Antipov¹, R. A. Lozhkina², E. G. Skvortsova³, L. I. Tereshchenko⁴, V. T. Komov⁵

^{1, 3}Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia
^{1, 2, 4, 5}Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Russia

Author responsible for the correspondence: Ilya A. Antipov,
antipovilya111@mail.ru, ORCID 0009-0008-2752-0774

Abstract. According to the results of trawling in October 2024, the mercury content in the muscles of the bream of the Rybinsk reservoir was established and its spatial heterogeneity was revealed. The minimum metal concentrations (0.181 ± 0.015 µg/g dry weight), as well as the lowest size and weight characteristics (length 224.8 ± 7.6 mm, weight 278.3 ± 25.2 g) and age of fish (5.3 ± 0.3 years) were recorded in Sheksninskiy plyos at the Lyubets station. The maximum values of the studied parameters were recorded in the Molozhskiy plyos at Pervomayka station: Hg concentration was 0.489 ± 0.034 µg/g, length – 383.7 ± 9.6 mm, weight – $1,447.6 \pm 100.4$ g, age – 12.8 ± 0.7 years. It was found that the mercury content in the muscles of sexually-immature animals (0.198 ± 0.010 µg/g) is significantly lower than in females (0.312 ± 0.025 µg/g) and males (0.348 ± 0.027 µg/g). Metal concentration in sexually-immature animals (0.372 ± 0.009), females (0.476 ± 0.046) and males (0.512 ± 0.053) from Pervomayka station was significantly higher compared to other sampling points, regardless of fish sex. A statistically significant positive correlation was found between the Hg content in muscles with length ($r_s = 0.638$, $p < 0.01$), weight ($r_s = 0.658$, $p < 0.01$) and age of fish ($r_s = 0.613$, $p < 0.01$). The mercury concentrations in the muscles of the bream of the Rybinsk reservoir does not exceed the established standards (0.30 mg/g of raw mass) for non-predatory freshwater fish, which indicates the safety of its consumption by humans.

Keywords: bream, size and weight characteristics, Rybinsk reservoir

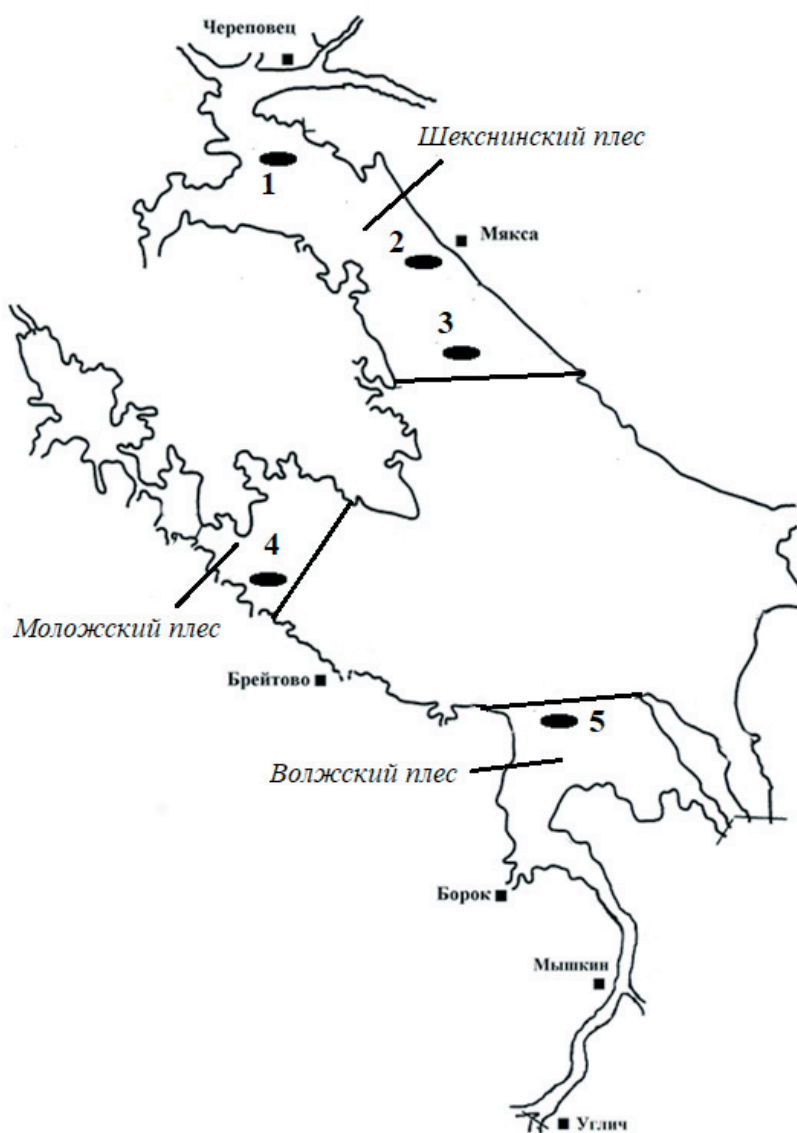
Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания № 124032500015-7 и 124032100075-5.

Введение. Ртуть (Hg) относится к числу наиболее токсичных элементов. Поступая в атмосферу из природных и антропогенных источников, она переносится на значительные расстояния от мест эмиссии. В водных экосистемах неорганическая двухвалентная Hg метилируется сульфатредуцирующими бактериями с образованием высокотоксичной метилртути, которая аккумулируется гидробионтами и достигает максимальных концентраций в тканях хищных рыб. Высокий уровень накопления метилртути создаёт угрозу для рыб, рыбоядных животных и человека, являясь для последнего основным путём поступления токсиканта с пищей [1]. В реках и озёрах с низкой минерализацией и высокой кислотностью воды вероятность интенсивного накопления ртути в мышцах рыб выше, чем у рыб из водоёмов с циркумнейтральными значениями pH воды [2]. Выявление связи между содержанием Hg и размером рыб необходимо для прогнозирования её накопления и разработки рекомендаций по безопасному потреблению рыбы [3].

Рыбинское водохранилище – крупный водоём Волго-Камского каскада с выраженной пространственной неоднородностью гидрологических и гидрохимических условий, что может влиять на накопление Hg в гидробионтах. Лещ *Abramis brama*, L., 1758 – массовый промысловый пресноводный вид-бентофаг. Известно, что лещ в Рыбинском водохранилище представляет собой единую популяцию, состоящую из локальных стад [4]. Однако закономерности связи содержания Hg в мышцах леща Рыбинского водохранилища с его размерно-массовыми показателями изучены недостаточно.

Цель работы – определить содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища и выявить её связь с размерно-массовыми характеристиками и возрастом рыб.

Материалы и методы исследования. В октябре 2024 г. донным тралом на научно-исследовательском судне «Академик Топчиев» были отобраны 185 разно-размерных лещей на станциях Треугольник (45 экз.),



1 – Любеч; 2 – Мякса; 3 – Ягорба; 4 – Первомайка; 5 – Треугольник.

Рисунок 1 – Карта-схема Рыбинского водохранилища со станциями вылова леща

Первомайка (39 экз.), Ягорба (31 экз.), Мякса (35 экз.) и Любец (35 экз.) (рис. 1). Сразу после отлова измеряли массу, длину тела (до конца чешуйного покрова), определяли пол и отбирали чешую для определения возраста [5].

Для оценки содержания Hg в мышцах леща с левой стороны от спинного плавника отбирали образцы дорсальных мышц массой 15–20 г. Мышцы помещали в полиэтиленовые пакеты, замораживали и хранили при температуре -14°C до анализа. Перед анализом мышцы высушивали при $+40^{\circ}\text{C}$ до постоянного веса. Концентрации Hg (мкг/г сухой массы) в образцах определяли методом пиролиза на атомно-абсорбционном спектрометре РА-915+ с приставкой ПИРО (Люмэкс, Россия). Точность анализа контролировали по сертифицированным биологическим материалам DORM-2 и DOLM-2 (Институт химии окружающей среды, Оттава, Канада). Измерения проводили в трёх повторностях.

Результаты обрабатывали статистически, данные представляли в виде средних значений и их стандартных ошибок ($\bar{x} \pm \text{SE}$). Для оценки различий между показателями применяли непараметрический критерий Краскела-Уоллиса для выборок, не имеющих нормального распределения (тест Шапиро-Вилкоксона и тест Колмогорова-Смирнова). Для выявления взаимосвязей, а также оценки их силы и направленности использовали корреляционный анализ (ранговый критерий Спирмена, r_s). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты. Длина лещей Рыбинского водохранилища варьировала в пределах 128–489 мм, масса тела – 44–2877 г. Возраст особей находился в интервале 2+ – 24+ года. Выборки лещей на станциях вылова значительно различались по длине, массе и возрасту (табл. 1).

Максимальные значения длины, массы и возраста зарегистрированы у лещей, выловленных на ст. Пер-

Таблица 1 – Размерно-массовые характеристики и содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища, октябрь 2024 г.

Станция	N	Длина, мм	Масса, г	Возраст, лет	Hg, мкг/г
Любец	35	$224,8 \pm 7,6$ A 128–293	$278,3 \pm 25,2$ A 44–538	$5,3 \pm 0,3$ A 2–9	$0,181 \pm 0,015$ A 0,088–0,519
Мякса	35	$315,3 \pm 10,7$ C 222–447	$784,8 \pm 87,4$ BC 215–1908	$9,3 \pm 0,6$ C 5–18	$0,224 \pm 0,035$ AB 0,09–1,357
Ягорба	31	$318,5 \pm 16,5$ C 142–489	940 ± 128 C 73–2680	$9,6 \pm 0,9$ C 2–24	$0,278 \pm 0,027$ B 0,143–0,653
Первомайка	39	$383,7 \pm 9,6$ D 232–485	$1447,6 \pm 100,4$ D 248–2877	$12,8 \pm 0,7$ D 5–23	$0,489 \pm 0,034$ C 0,269–0,102
Треугольник	45	$276,8 \pm 10,6$ B 132–440	$607,9 \pm 65,8$ B 50–2115	$7,4 \pm 0,5$ B 2–18	$0,277 \pm 0,017$ B 0,148–0,566
Водохранилище	185	$303,79 \pm 6,25$ 128–489	$278,29 \pm 25,15$ 44–538	$8,9 \pm 0,3$ 2–24	$0,294 \pm 0,014$ 0,088–1,357

Примечание: в числителе указано среднее $\pm$ ошибка среднего, в знаменателе – минимальные и максимальные значения в выборке. Буквенными индексами обозначены статистически значимые различия внутри каждого столбца при $p \leq 0,05$.

Таблица 2 – Содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей, самок и самцов леща Рыбинского водохранилища в октябре 2024 г.

Станция	Неполовозрелая особь		Самка		Самец	
	n	Hg, мкг/г	n	Hg, мкг/г	n	Hg, мкг/г
Любец	22	$0,176 \pm 0,018$ A 0,088–0,433	9	$0,189 \pm 0,042$ A 0,111–0,519	4	$0,183 \pm 0,009$ A 0,164–0,198
Мякса	6	$0,166 \pm 0,021$ A 0,09–0,228	17	$0,255 \pm 0,070$ A 0,121–1,357	12	$0,208 \pm 0,020$ A 0,119–0,345
Ягорба	6	$0,186 \pm 0,005$ A 0,171–0,204	13	$0,316 \pm 0,042$ A 0,171–0,653	12	$0,282 \pm 0,048$ A 0,143–0,634
Первомайка	2	$0,372 \pm 0,009$ B 0,363–0,382	17	$0,476 \pm 0,046$ B 0,269–1,043	20	$0,512 \pm 0,053$ B 0,275–1,102
Треугольник	18	$0,217 \pm 0,012$ A 0,157–0,389	15	$0,303 \pm 0,033$ A 0,148–0,566	12	$0,334 \pm 0,034$ A 0,184–0,536
Водохранилище	54	$0,198 \pm 0,010$ A 0,088–0,433	71	$0,321 \pm 0,025$ B 0,111–1,357	60	$0,348 \pm 0,027$ B 0,088–0,433

Примечание: в числителе указано среднее $\pm$ ошибка среднего, в знаменателе – минимальные и максимальные значения в выборке. Буквенными индексами показаны различия особей одного пола рыб между станциями водохранилища ($p \leq 0,05$).

вомайка, минимальные – на ст. Любец. Минимальные концентрации ртути в мышцах леща зафиксированы в Шекснинском плёсе водохранилища (станции: Любец, Мякса, Ягорба), максимальные – в Моложском плёсе (ст. Первомайка), таблица 1.

Содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей было значимо ниже, чем у самок и самцов, выловленных из водохранилища (табл. 2). Независимо от пола рыб, концентрация металла в лещах со станции Первомайка была значимо выше по сравнению с другими точками отбора проб.

Выявлена статистически значимая положительная корреляционная связь между содержанием Hg в мышцах леща с его длиной ($r_s = 0,638$), массой ($r_s = 0,658$) и возрастом ($r_s = 0,613$) (рис. 2).

Регулирование поступления Hg в организм человека с пищей в РФ предполагает ограничение потребления мирной пресноводной рыбы с концентрацией Hg выше 0,30 мкг/г сырой массы. Для сравнения содержания Hg в мышцах леща с данным нормативом содержание Hg в сухих мышцах переводили в её содержание в сырых образцах. Таким образом, концентрации ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища не превышают установленного норматива для мирной пресноводной рыбы, что указывает на безопасность его потребления человеком.

Обсуждение. Полученные в настоящем исследовании результаты содержания ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища ($0,294 \pm 0,014$ мкг/г сухой массы) согласуются с данными более ранних работ

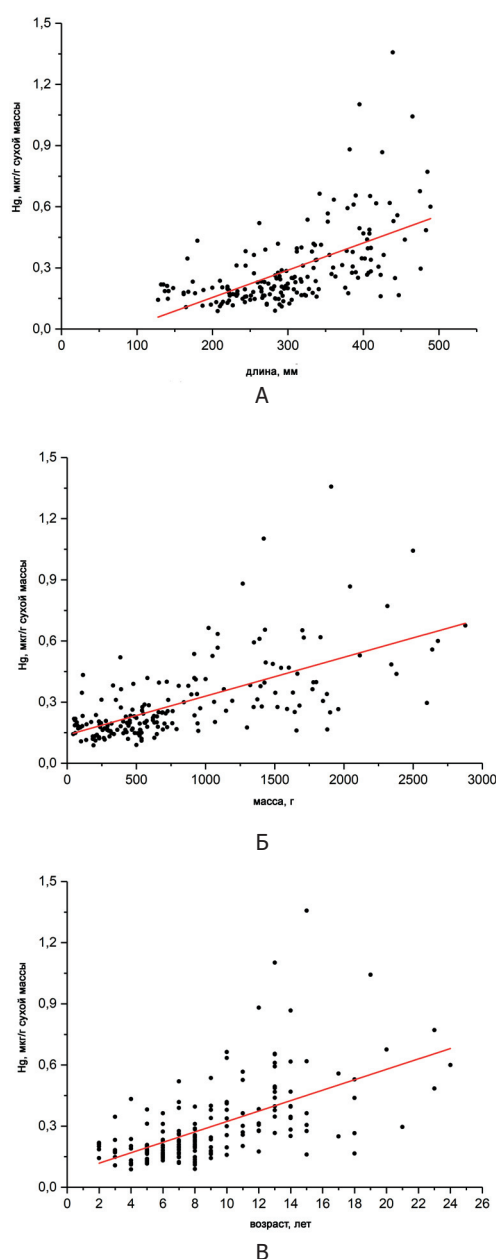


Рисунок 2 – Содержание ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища в зависимости от длины (А), массы (Б) и возраста (В)

[6–8]. Сравнение результатов с другими водохранилищами Волжского бассейна выявило как сходство, так и существенные различия. Концентрации Hg, зарегистрированные в нашей работе, сопоставимы с данными А. В. Горбунова с соавторами [6] для волжских водохранилищ, однако в 14,7 раза превышают значения, полученные Т. И. Моисеенко с соавторами [9] для Ивановского водохранилища.

Размеры и возраст рыб в значительной степени определяют содержание в них Hg [10; 11]. В отличие от многих других тяжёлых металлов, накопление Hg в организме, как правило, положительно коррелирует с длиной и массой рыб [12; 13]. Результаты нашего исследования подтверждают эту закономерность: для леща Рыбинского водохранилища выявлены значимые положительные связи концентрации металла в мышцах с размером, массой и возрастом (рис. 2). Интересно, что в исследовании А. В. Горбунова с соавторами [5], напротив, отмечено отсутствие зависимости содержания Hg в мышцах от массы тела леща из бассейна р. Волги. Это расхождение может указывать на популяционные особенности накопления ртути, связанные с различной скоростью роста, возрастной структурой выборки или трофическими условиями в разных частях Волжского бассейна. Для окуня *Perca fluviatilis* L., 1758 Рыбинского водохранилища также зафиксирована высокая значимая связь ($r_s = 0,96$) содержания ртути в мышцах с массой тела [14].

При анализе данных в целом по водохранилищу обнаружена отчётливая закономерность: содержание ртути в мышцах неполовозрелых особей оказалось значимо ниже, чем у половозрелых рыб. Однако на отдельных станциях отбора значимых различий в накоплении металла в мышцах между самками, самцами и неполо-

возрелыми особями выявлено не было. Вероятно, это связано с эффектом «ростового разбавления». Известно, что у молоди интенсивный прирост мышечной массы может опережать скорость биоаккумуляции токсиканта, что приводит к снижению его концентрации в тканях по мере роста рыбы [15]. Таким образом, более низкие концентрации Hg у неполовозрелых особей, скорее всего, отражают не меньшую аккумулятивную способность, а более высокие темпы роста, характерные для этого возрастного этапа.

Выводы.

1. Установлена пространственная неоднородность распределения ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища. Минимальные значения длины, массы, возраста и содержания металла зафиксированы в Шекнинском плёсе на станции Любец, тогда как максимальные – в Моложском плёсе на станции Первомайка.

2. Концентрация металла в мышцах неполовозрелых особей значимо ниже, чем у половозрелых самок и самцов. Независимо от пола содержание ртути у лещей, выловленных на станции Первомайка, значимо выше по сравнению с другими исследованными станциями.

3. Обнаружены статистически значимые положительные корреляционные связи между содержанием Hg в мышечной ткани и основными биологическими параметрами рыб – длиной, массой и возрастом.

4. Концентрация ртути в мышцах леща Рыбинского водохранилища не превышает установленных нормативов для мирной пресноводной рыбы, что свидетельствует о безопасности его потребления человеком.

Благодарности: авторы выражают благодарность Т. И. Крицкой (ИБВВ РАН) за помощь в определении возраста леща.

Список источников

1. Fagbenro O. S., Olaleye E. D. Environmental mercury pollution as a driver of multi-trophic toxicity and human exposure: A one health review of mechanisms, risks, and remediation strategies // *Chemosphere*. 2026. Vol. 402. Art. 144928. DOI 10.1016/j.chemosphere.2026.144928.
2. Eagles-Smith C. A., Willacker J. J., Flanagan Pritz C. M. Mercury in fishes from 21 national parks in the Western United States: inter- and intra-park variation in concentrations and ecological risk // U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1051. 2014. P. 54. DOI 10.3133/ofr20141051.
3. Backstrom C. H., Buckman K., Molden E., Chen C. Y. Mercury levels in freshwater fish: Estimating concentration with fish length to determine exposures through fish consumption // *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2020. Vol. 78. P. 604–621. DOI 10.1007/s00244-020-00717-y.
4. Герасимов Ю. В., Иванова М. Н., Стрельников А. С. [и др.] Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология : коллективная монография. Ярославль : ООО «Филигрань», 2015. 418 с. ISBN 978-5-906682-31-4. EDN YORUMP.
5. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / под ред. проф. П. А. Дрягина и канд. биол. наук В. В. Покровского. М. : Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
6. Горбунов А. В., Ляпунов С. М., Окина О. И., Шешуков В. С. Биоаккумуляция ртути в тканях пресноводных рыб // *Экология человека*. 2018. № 11. С. 23–31. DOI 10.33396/1728-0869-2018-11-26-31. EDN OKFVWS.
7. Степанова И. К., Комов В. Т. Накопление ртути в рыбе из водоемов Вологодской области // *Экология*. 1997. № 4. С. 196–202. EDN RZNBGR.
8. Тютин А. В., Медянцева Е. Н., Гремячих В. А., Комов В. Т. Паразито-хозяйственные отношения в системах плероцекоиды *Ligula intestinalis* (L.) (Cestoda: Pseudophyllidae) – карповые рыбы и особенности аккумуляция ртути в мускулатуре зараженных хозяев // *Паразитология*. 2019. Т. 53, № 3. С. 241–250. DOI 10.1134/S0031184719030062. EDN DDRBTG.
9. Моисеенко Т. И., Гашкина Н. А., Шарова Ю. Н., Покоева А. Г. Экоотоксикологическая оценка последствий загрязнения вод р. Волги // *Водные ресурсы*. 2005. Т. 32, № 4. С. 410–424. EDN HSURRP.
10. Farkas A., Salánki J., Specziár A. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site // *Water Research*. 2003. Vol. 37, No. 5. P. 959–964. DOI 10.1016/s0043-1354(02)00447-5.
11. Łuczynska J. The influence of weight and length on the mercury content in the muscle tissue of fish from four lakes in the Olsztyn Lake District (Poland) // *Fisheries & Aquatic Life*. 2005. Vol. 13. P. 51–61.

12. Łuczyńska J., Łuczyński M. J., Paszczyk B., Tońska E. Concentration of mercury in muscles of predatory and non-predatory fish from lake Pluszne (Poland) // Journal of Veterinary Research. 2016. Vol. 60, Is. 1. P. 43–47.
13. Staudinger M. D. Species- and size-specific variability of mercury concentrations in four commercially important finfish and their prey from the northwest Atlantic // Marine Pollution Bulletin. 2011. Vol. 62, Is. 4. P. 734–740. DOI 10.1016/j.marpolbul.2011.01.017.
14. Гремячих В. А., Ложкина Р. А., Комов В. Т. Пространственно-временная вариабельность содержания ртути в речном окуне *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Perciformes: Percidae) Рыбинского водохранилища на рубеже XX–XXI веков // Трансформация экосистем. 2019. Т. 2, № 2 (4). С. 85–95. DOI 10.23859/estr-180816. EDN WMYVXA.
15. Lescord G. L., Johnston T. A., Branfireun B. A., Gunn J. M. Percentage of methylmercury in the muscle tissue of freshwater fish varies with body size and age and among species // Environmental Toxicology and Chemistry. 2018. Vol. 37, No. 10. P. 2682–2691.

References

1. Fagbenro O. S., Olaleye E. D. Environmental mercury pollution as a driver of multi-trophic toxicity and human exposure: A one health review of mechanisms, risks, and remediation strategies // Chemosphere. 2026. Vol. 402. Art. 144928. DOI 10.1016/j.chemosphere.2026.144928.
2. Eagles-Smith C. A., Willacker J. J., Flanagan Pritz C. M. Mercury in fishes from 21 national parks in the Western United States: inter- and intra-park variation in concentrations and ecological risk // U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1051. 2014. P. 54. DOI 10.3133/ofr20141051.
3. Backstrom C. H., Buckman K., Molden E., Chen C. Y. Mercury levels in freshwater fish: Estimating concentration with fish length to determine exposures through fish consumption // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2020. Vol. 78. P. 604–621. DOI 10.1007/s00244-020-00717-y.
4. Gerasimov Yu. V., Ivanova M. N., Strel'nikov A. S. [i dr.] Ryby Rybinskogo vodохранилища: populyacionnaya dinamika i ekologiya : kolektivnaya monografiya. YAroslavl' : OOO «Filigran», 2015. 418 s. ISBN 978-5-906682-31-4. EDN YOPUMP.
5. Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnyh) / pod red. prof. P. A. Dryagina i kand. biol. nauk V. V. Pokrovskogo. M. : Pishchevaya promyshlennost', 1966. 376 c.
6. Gorbunov A. V., Lyapunov S. M., Okina O. I., Sheshukov V. S. Bioakkumulyatsiya rtuti v tkanyah presnovodnyh ryb // Ekologiya cheloveka. 2018. № 11. S. 23–31. DOI 10.33396/1728-0869-2018-11-26-31. EDN OKFVWS.
7. Stepanova I. K., Komov V. T. Nakoplenie rtuti v rybe iz vodoemov Vologodskoj oblasti // Ekologiya. 1997. № 4. S. 196–202. EDN RZNBGR.
8. Tyutin A. V., Medyantseva E. N., Gremyachikh V. A., Komov V. T. Parazito-hozyainnye otnosheniya v sistemah plerocekoidy *Ligula intestinalis* (L.) (Cestoda: Pseudophyllidae) – karpovye ryby i osobennosti akkumulyatsiya rtuti v muskulature zarazhennyh hozyaev // Parazitologiya. 2019. T. 53, № 3. S. 241–250. DOI 10.1134/S0031184719030062. EDN DDRBTG.
9. Moiseenko T. I., Gashkina N. A., Sharova Yu. N., Pokoeva A. G. Ekotoksikologicheskaya ocenka posledstvij zagryazneniya vod r. Volgi // Vodnye resursy. 2005. T. 32, № 4. S. 410–424. EDN HSURRP.
10. Farkas A., Salánki J., Specziár A. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site // Water Research. 2003. Vol. 37, No. 5. P. 959–964. DOI 10.1016/s0043-1354(02)00447-5.
11. Łuczyńska J. The influence of weight and length on the mercury content in the muscle tissue of fish from four lakes in the Olsztyn Lake District (Poland) // Fisheries & Aquatic Life. 2005. Vol. 13. P. 51–61.
12. Łuczyńska J., Łuczyński M. J., Paszczyk B., Tońska E. Concentration of mercury in muscles of predatory and non-predatory fish from lake Pluszne (Poland) // Journal of Veterinary Research. 2016. Vol. 60, Is. 1. P. 43–47.
13. Staudinger M. D. Species- and size-specific variability of mercury concentrations in four commercially important finfish and their prey from the northwest Atlantic // Marine Pollution Bulletin. 2011. Vol. 62, Is. 4. P. 734–740. DOI 10.1016/j.marpolbul.2011.01.017.
14. Gremyachikh V. A., Lozhkina R. A., Komov V. T. Prostranstvenno-vremennaya variabel'nost' soderzhaniya rtuti v rechnom okune *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Perciformes: Percidae) Rybinskogo vodохранилища na rubezhe XX–XXI vekov // Transformatsiya ekosistem. 2019. T. 2, № 2 (4). S. 85–95. DOI 10.23859/estr-180816. EDN WMYVXA.
15. Lescord G. L., Johnston T. A., Branfireun B. A., Gunn J. M. Percentage of methylmercury in the muscle tissue of freshwater fish varies with body size and age and among species // Environmental Toxicology and Chemistry. 2018. Vol. 37, No. 10. P. 2682–2691.

Сведения об авторах

Илья Андреевич Антипов – аспирант кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет»; старший лаборант лаборатории физиологии и токсикологии водных животных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 4499-9569.

Роза Андреевна Ложкина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и токсикологии водных животных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 7795-9590.

Елена Гамеровна Скворцова – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 5512-9557.

Любовь Ивановна Терещенко – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии рыб, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 7600-6433.

Виктор Трофимович Комов – доктор биологических наук, профессор, руководитель научного направления, главный научный сотрудник лаборатории физиологии и токсикологии водных животных, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 6402-0431.

Information about the authors

Ilya A. Antipov – Postgraduate student at the Department of Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Yaroslavl State Agrarian University”; Senior Laboratory Assistant in the Laboratory of Physiology and Toxicology of Aquatic Animals, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 4499-9569.

Roza A. Lozhkina – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Physiology and Toxicology of Aquatic Animals, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 7795-9590.

Elena G. Skvortsova – Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Department of Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Yaroslavl State Agrarian University”, spin-code: 5512-9557.

Lyubov I. Tereshchenko – Candidate of Biological Sciences, Research Officer in the Laboratory of Fish Ecology, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 7600-6433.

Viktor T. Komov – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of Research, Chief Researcher in the Laboratory of Physiology and Toxicology of Aquatic Animals, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 6402-0431.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО «ЯРОСЛАВСКИЙ ГАУ» В 2024 ГОДУ ВЫШЛА
М О Н О Г Р А Ф И Я

ВЕРА ВИТАЛЬЕВНА ЖОЛУДЕВА

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В монографии рассмотрены различные методы современной математики, применяемые в сельском хозяйстве при моделировании экономики АПК. Для пояснения особенностей рассмотренных моделей приводятся конкретные примеры.

Монография предназначена для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов сельскохозяйственных и смежных специальностей вузов, а также представителям бизнеса и органам власти, имеющим отношение к агробизнесу.

УДК 519.87.631; ББК 22.18; ISBN 978-5-98914-277-4; 90 СТР.

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Научная статья
 УДК 599.325.1:574.34(470.341)
 doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.006

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЗАЙЦА-БЕЛЯКА (*LEPUS TIMIDUS* L.) НА ТЕРРИТОРИИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ирина Сергеевна Караваева¹, Михаил Константинович Чугреев²

^{1, 2}Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства,
 Москва, Россия

¹Oxotkontr-tis@mail.ru, ORCID 0000-0002-7988-7112

²Chugreev_mk@mail.ru, ORCID 0000-0001-5876-8715

Реферат. Данная статья продолжает серию публикаций по изучению состояния ресурсов *Lepus timidus* L. и *Lepus europaeus* Pall. в Российской Федерации на современном этапе и за прошедший многолетний период. С развитием цивилизации усиливается негативное влияние различных факторов на состояние ресурсов диких животных, в особенности на самые массовые охотничьи виды – зайца-беляка и зайца-русака. В первую очередь – это антропогенные факторы, существенно изменившие условия их обитания, а также массовый необоснованный ввоз особей этого вида из северо-восточных биоценозов в больших количествах. По результатам молекулярно-генетических исследований выявлено наличие в генотипах особей зайца-беляка, обитающих в охотугодьях Европейской России, наследственной информации от якутских представителей этого вида. Численность беляка на территории Европейской части России в последние годы сокращается линейно, и это вызывает крайнюю обеспокоенность. Остро стоит проблема восстановления и стабилизации популяций этих видов. Поэтому представляется целесообразным провести исследования в следующих направлениях: изучить факторы, негативно влияющие на состояние ресурсов, найти или разработать способы повышения благополучия и стабилизации популяций, обеспечить контроль за состоянием ресурсов. Данные исследования актуальны с точки зрения сохранения биоразнообразия, развития охотничьего хозяйства и с культурно-эстетической точки зрения. На основе многолетних первичных официальных данных определены некоторые популяционные характеристики состояния ресурсов зайца-беляка на примере Нижегородской области. Показано изменение численности и плотности населения зайца-беляка за последние 44 года. Аналогичные исследования проведены и по другим регионам: Тверской, Рязанской, Костромской, Владимирской, Ярославской, Вологодской, Иркутской областях. По материалам многолетних данных можно констатировать, что численность беляка в Нижегородской области остаётся на стабильном уровне. В 2004 году отмечается пик численности – 74,70 тыс. особей. Объёмы добычи имеют общую тенденцию к снижению. Нижегородская область является субъектом Российской Федерации, в котором не отмечается резкое линейное снижение численности беляка, напротив, за изученный 44-летний период отмечается рост численности с 34,30 тыс. особей до 45,76 тыс. особей. Вероятно, на территорию Нижегородской области не осуществлялась массовая интродукция зайца-беляка с территории Якутии и Ямала.

Ключевые слова: заяц-беляк, мониторинг, зимний маршрутный учёт, динамика численности, охотресурсы, Нижегородская область

LONG-TERM DYNAMICS OF THE BLUE RABBIT (*LEPUS TIMIDUS* L.) NUMBER IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Irina S. Karavaeva¹, Mikhail K. Chugreev²

^{1, 2}Federal State Budgetary Institution Federal Research Center for Development of Game Management,
 Moscow, Russia

¹Oxotkontr-tis@mail.ru, ORCID 0000-0002-7988-7112

²Chugreev_mk@mail.ru, ORCID 0000-0001-5876-8715

Abstract. This article continues the series of publications on the state of resources of *Lepus timidus* L. and *Lepus europaeus* Pall. in the Russian Federation at the present stage and over the past many years. With the development of civilization, the negative impact of various factors on the state of wildlife resources increases, especially on the most massive hunting species – the blue hare and the brown hare. First of all, these are anthropogenic factors that have significantly changed their habitat conditions, as well as the massive unjustified import of individuals of this species from northeastern biocenoses in large quantities. According to the results of molecular genetic studies, the presence of hereditary information from the Yakut representatives of this species in the genotypes of individuals of the blue hare living in the hunting grounds of European Russia was revealed. The number of blue hares in the European part of Russia has been decreasing linearly

in recent years, and which is extremely worrying. The problem of restoring and stabilizing populations of these species is acute. Therefore, it seems advisable to conduct research in the following directions: to study the factors that negatively affect the state of resources, to find or develop ways to improve the well-being and stabilization of populations, to ensure control over the state of resources. These studies are relevant from the point of view of biodiversity conservation, the development of hunting and from a cultural and aesthetic point of view. Based on long-term primary official data, some population characteristics of the state of the blue hare resources were determined using the example of the Nizhny Novgorod region. The change in the number and density of the blue hare population over the past 44 years has been shown. Similar researches have been conducted in other regions: Tver, Ryazan, Kostroma, Vladimir, Yaroslavl, Vologda, Irkutsk regions. Based on the materials of long-term data, it can be stated that the number of blue hares in the Nizhny Novgorod region remains at a stable level. In 2004, the peak number was noted – 74,700 individuals. Production volumes have a general downward trend. The Nizhny Novgorod region is a territorial entity of the Russian Federation, in which there is no sharp linear decrease in the number of blue hares, on the contrary, over the studied 44-year period, there is an increase in the number from 34,300 individuals to 45,760 individuals. Probably, mass introduction of the blue hare from the territory of Yakutia and Yamal was not carried out on the territory of the Nizhny Novgorod region.

Keywords: blue hare, monitoring, winter route accounting, population dynamics, hunting resources, Nizhny Novgorod Region

Введение. Численность зайца-беляка, как и зайца-русака, во многих регионах в последние годы сокращается практически линейно, что вызывает крайнюю обеспокоенность [1–7]. Остро стоит проблема восстановления и стабилизации популяций этих видов в особенности в регионах Центральной России.

В 2020 году нами начата масштабная системная работа по инвентаризации зайцеобразных, составлению кадастра ресурсов зайца-беляка (*Lepus timidus* L., 1758) и зайца-русака (*Lepus europaeus* Pall., 1778) в Российской Федерации, включая данные генетического разнообразия и филогенетической структуры популяций зайца-беляка из Европейской части России и Республики Саха (Якутия). В последние годы в большинстве субъектов Российской Федерации наблюдается депрессия численности зайца-беляка [1–7]. В связи с тем, что данный вид представляет значительный интерес для охотников и является традиционным охотничьим ресурсом, в ряде закреплённых охотничьих хозяйств Европейской части России для увеличения пропускной способности охотугодий, увеличения прибыли и охотничьего спроса, производился завоз беляков из других регионов, в частности из разных частей Республики Саха (Якутия). Факт интродукции подтверждается молекулярно-генетическими исследованиями [7].

Перед началом анализа современного состояния ресурсов любого вида целесообразно провести инвентаризацию таксона на изучаемой территории [1–6]. Весьма ценную информацию можно получить в результате проведения популяционного анализа за прошедшие многолетние периоды с последующей постановкой модельного эксперимента и прогнозированием [1–6; 8].

Настоящая тема актуальна с точки зрения сохранения биоразнообразия, развития охоты и туризма, и с точки зрения культурно-эстетической. Каждый вид – это звено в экологической цепи, самостоятельный элемент в биоценозах, формировавшихся миллионы лет, и должен быть сохранён [4–6; 8–12].

Для решения указанной проблемы нам представляется целесообразным провести детальные исследования в следующих направлениях: изучить факторы, негативно влияющие на состояние ресурсов, найти или

разработать способы повышения благополучия и стабилизации отдельных популяций и группировок, обеспечить контроль за состоянием и использованием ресурсов [3; 4]. В начале такой масштабной работы следует иметь понимание о современном состоянии изучаемой группировки. В связи с этим мы определили некоторые популяционные характеристики состояния ресурсов зайца-беляка на территории Нижегородской области.

Популяциям зайца-беляка свойственны весьма существенные циклические колебания численности. Они зависят от множества экологических факторов и от биологических особенностей вида [1; 2; 6; 8; 11; 13–18]. Например, по данным учёта шкур зверей компанией Гудзонова залива в Канаде за двухсотлетний период чётко выражены циклы численности зайца-беляка и рыси с периодом 9–10 лет [8; 11, 14; 16–18; 20–21]. По некоторым данным в европейской части России периоды депрессии численности зайца-беляка длятся 5–7 лет [9; 10], а на севере России – 9–11 лет [14].

Цель исследования – оценка ресурсов зайца-беляка и проведение популяционного анализа населения зайца-беляка в Нижегородской области на основании многолетних данных.

Материалы и методы. В ходе исследований изучались следующие статические и динамические популяционные показатели: численность и плотность населения зайцев-беляков, многолетнее (за последние 44 года) среднее значение численности, объёма добычи, абсолютная скорость изменения численности популяции, динамика численности и объёмов добычи.

Для определения численности населения зайцев использовалась методика зимнего маршрутного учёта (ЗМУ).

Плотность населения зайцев определялась на общую территорию охотничьих угодий Нижегородской области.

Абсолютную (общую) скорость изменения численности популяции определяли по модели неограниченной одиночной популяции Мальтуса (формула 1) [1; 8; 19]:

$$V_{\text{абс.}} = dN / dt, \quad (1)$$

где $V_{абс.}$ – абсолютная (общая) скорость изменения численности популяции; dN – величина изменения числа особей в популяции за период времени; dt – период времени.

Результаты и обсуждение. Как уже отмечалось, во многих регионах РФ в последние годы происходит снижение численности зайца-беляка [1; 4; 6; 7; 8]. При ретроспективном анализе численности беляка следует учитывать цикличность изменений численности зайца-беляка. Описаны циклы беляка в Канаде длиной в 10 лет [11; 18]. Отмечается увеличение периода ритма численности зайца-беляка при продвижении с юга на север. Например, для Европейского Севера характерны 8–11-летние циклы, для средней полосы Европейской России – 4–9-летние, но чаще 7-летние. В Якутии, по мнению А. Н. Формозова, отмечались циклы 9 лет.

Основная причина разницы периодов ритмов в динамике численности зайца-беляка, по мнению А. Н. Формозова (1935), связана с эпизоотиями. Для восстановления численности после эпизоотии в различных географических зонах требуется разное время для восстановления, прежде всего это связано с разницей в количестве помётов в северных, средних и южных зонах. Отмечается, что как только численность достигнет своего прежнего предела, вновь может наступить массовая эпизоотия.

В таблице 1 показана динамика численности зайца-беляка в Нижегородской области за последние 10 лет.

Из данных таблицы 1 видно, что численность зайца-беляка в Нижегородской области в 2016 г. составила 53,44 тыс. особей, в 2025 г. – 49,80 особей. На начало изучаемого периода (1981 г.) в Нижегородской области численность зайцев-беляков составила 34,30 тыс. осо-

Таблица 1 – Динамика численности зайца-беляка в Нижегородской области за последнее десятилетие, тыс. особей

2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
53,44	45,96	46,90	42,01	41,44	34,69	41,91	42,54	45,76	49,80

бей, на конец периода (2025 г.) – 49,80 тыс. особей, то есть увеличилась на 15,5 тыс. особей. Максимальная численность отмечена в 2003 г. – 76,80 тыс. особей, минимальная зафиксирована в 2010 г. – 24,65 тыс. особей.

На территории Нижегородской области стабилизация численности зайца-беляка отмечается с 2011 года (рис. 1).

Многолетнее (за последние 44 года) среднее значение численности зайца-беляка в Нижегородской области составило 44,37 тыс. особей.

В соответствии со Схемой размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Нижегородской области, утверждённой Указом Губернатора Нижегородской области от 17 декабря 2019 г. № 127, площадь охотничьих угодий Нижегородской области составляет 7123,82 тыс. га (92,96% от общей площади субъекта) [22].

В 1991 г. плотность населения зайцев-беляков составила 4,2 особи на 1000 га охотугодий, в 2004 г. отмечается максимальная плотность беляка за весь изучаемый период – 10,8 особей на 1000 га охотугодий. Минимальная плотность зафиксирована в 2011 г. – 3,46 особей на 1000 га охотугодий. В 2025 году плотность составила 7 особей на 1000 га.

Далее рассчитали абсолютную скорость изменения численности популяции зайца-беляка за период с 1990 г. по 2004 г. по модели Мальтуса. Численность в этот период возрастала со скоростью 3,36 тыс. особей в год. С 2004 г. по 2011 г. численность снижалась со скоростью 7,44 тыс. особей в год.

Масштабы изменений численности характерны для каждого вида животных и обусловлены особенностями его биологии. Зайцеобразные относятся к лабильному типу динамики [1; 2; 9; 10]. Лабильный тип динамики

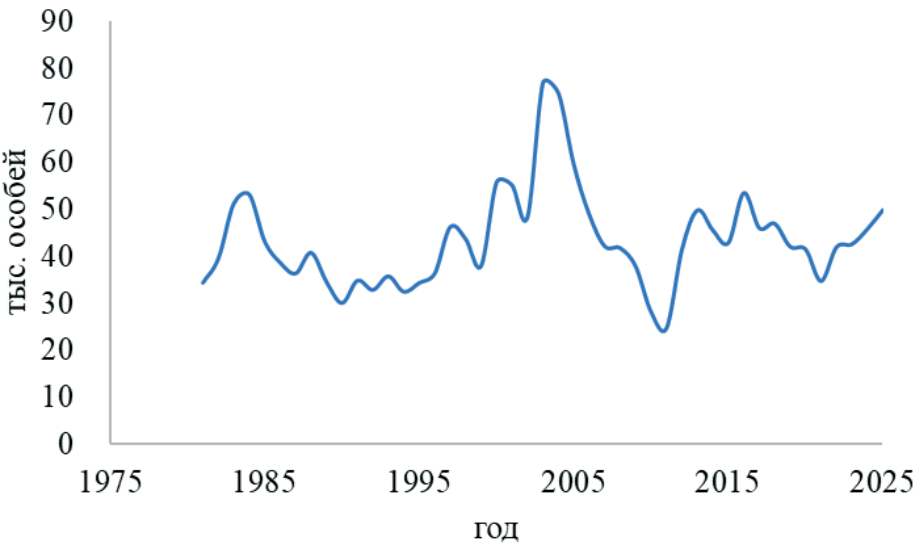


Рисунок 1 – Численность зайца-беляка на территории Нижегородской области, тыс. особей

Многолетняя динамика численности зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) на территории Нижегородской области



Рисунок 2 – Добыча зайца-беляка в Нижегородской области, особей
Примечание: в период с 2005 г. по 2008 г., 2010 г. нет данных о добыче.

отличается периодом колебаний 5–11 лет и значительной амплитудой.

На рисунке 2 показана динамика объемов добычи зайца-беляка на территории Нижегородской области. Характер линий на графике показывает, что объемы добычи в изучаемом регионе имеют тенденцию стабилизации, но остаются на стабильно низком уровне.

В начале изучаемого периода (1999 г.) было добыто 6137 особей зайца-беляка, в конце периода в 2025 г. – 8325 особей. Максимальное значение объемов добычи отмечалось в 2020 г. и составило 9595 особей.

В 1999 г. доля изъятия составила 16,2%, в 2020 г. – 23,15%, в 2025 г. – 16,7%. Из графика также видно, что объемы добычи в период с 2014 г. по 2018 г. практически находились на одном уровне с незначительными колебаниями.

Выводы. Таким образом, по материалам многолетних данных можно констатировать, что численность зайца-беляка в Нижегородской области остаётся на стабильном уровне. В 2004 году отмечается пик численности – 74,7 тыс. особей. Объёмы добычи имеют общую тенденцию к снижению.

Нижегородская область является субъектом Российской Федерации, в котором не отмечается резкое линейное снижение численности этого вида, напротив, за изученный 44-летний период отмечается рост численности с 34,30 тыс. особей до 45,76 тыс. особей. Вероятно, на территорию Нижегородской области не осуществлялась массовая интродукция зайца-беляка с территории Якутии и Ямала. Таким образом, есть основания полагать, что популяционная группировка беляка, обитающего на территории Нижегородской области, сохранилась в относительной генетической чистоте. Данный факт нам

предстоит подтвердить дополнительными молекулярно-генетическими исследованиями. Кроме того, естественное расселение инвазионных группировок беляка с Центральной части Европейской России на территорию Нижегородской области затруднено географическими особенностями изучаемого региона, прежде всего это связано с особенностями водораздела [22]. Условно Нижегородская область может быть разделена на две большие части, резко различающиеся между собой: низменное равнинное Левобережье и возвышенное Правобережье. Граница между ними проходит вниз по течению реки Оки до Нижнего Новгорода, затем вниз по течению реки Волги. Также немаловажным фактором являются климатические особенности региона. Нижегородская область вытянута в меридиональном направлении, её протяжённость с севера на юг составляет около 400 км, а с запада на восток – не более 300 км. Основные различия в климате проявляются между лесным Заволжьем и возвышенным Правобережьем. В целом область находится в зоне умеренно континентального климата [22].

Нам представляется целесообразным продолжить более детальное изучение Нижегородской популяционной группировки зайца-беляка, включая молекулярно-генетические исследования, а также инвентаризацию ресурсов, исходя из географических и климатических особенностей региона [8].

Особенно важно обеспечить полноценный мониторинг и экологически ответственное научно обоснованное использование ресурсов. Необходим полный запрет на необоснованное переселение особей зайца-беляка из одних регионов в другие. Следует усилить контроль и ужесточить ответственность за несанкционированную интродукцию.

Список источников

1. Чугреев М. К., Ткачева И. С., Семенов В. В., Носова А. Р. Ресурсы зайца-русака (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) в Ярославской области // Развитие взаимоотношений различных отраслей науки в современных условиях : сб. статей по итогам Междунаро. науч.-практ. конф., Стерлитамак, 04 июля 2021 года. Стерлитамак : ООО «Агентство международных исследований», 2021. С. 5–11. ISBN 978-5-907491-04-5. EDN JSYCNM.

2. Чугреев М. К., Ткачева И. С., Семенов В. В., Носова А. Р. Ресурсы зайца-беляка (*Lepus timidus* L., 1758) в Ярославской области // Интеграция науки, общества, производства и промышленности: проблемы и перспективы : сб. статей по итогам Международ. науч.-практ. конф., Волгоград., 29 мая 2021 года. Стерлитамак : ООО «Агентство международных исследований», 2021. С. 6–12. ISBN 978-5-907369-90-0. EDN OBISAQ.
3. Чугреев М. К., Моргунов Н. А., Блохин Г. И., Ткачева И. С. Заяц-беляк на территории Рязанской области // Доклады ТСХА : сб. статей. Вып. 293, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том Часть I. М. : РГАУ, 2021. С. 730–733. ISBN 978-5-9675-1819-5. EDN NPMVKJ.
4. Чугреев М. К., Блохин Г. И., Моргунов Н. А., Ткачева И. С. Состояние ресурсов зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) в Рязанской и Тульской областях // Научная жизнь. 2020. Т. 15, № 9 (109). С. 1285–1295. DOI 10.35679/1991-9476-2020-15-9-1285-1295. EDN QVOVFL.
5. Чугреев М. К., Ткачева И. С., Сенченко М. А., Головина М. В. Заяц-беляк (*Lepus timidus* L.) в Вологодской области, динамика численности и объёмов добычи // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике : материалы XXIII международ. науч.-практ. конф., Кемерово, 04–05 декабря 2024 года. Кемерово : Кузбасский ГАУ, 2024. С. 1045–1050. EDN NKMAUQ.
6. Ткачева И. С., Чугреев М. К. Состояние ресурсов зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) на территории Тверской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 2 (62). С. 20–24. DOI 10.35694/YARCX.2023.62.2.003. EDN QEBYYG.
7. Чугреев М. К., Ткачева И. С., Холодова М. В., Голосова О. С. Изучение генетического разнообразия зайца-беляка различных регионов России по полиморфизму нуклеотидных последовательностей митохондриальной ДНК // Ветеринария и кормление. 2025. № 4. С. 104–109. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-4-23. EDN FPDMMXV.
8. Ткачева И. С., Чугреев М. К., Григорьева К. А. Состояние ресурсов зайца-беляка в центре европейской части России на примере Костромской области // Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов : материалы международ. науч.-практ. конф. в рамках XIII международ. науч.-практ. конф. «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии», Молодежный, 22–26 мая 2024 года. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2024. С. 153–159. ISBN 978-5-91777-257-8. EDN AKIUQA.
9. Наумов Н. П. Экология животных. 2-е изд. М. : Высшая школа, 1963. 618 с.
10. Наумов С. П. Экология зайца-беляка. *Lepus timidus* L. (Теоретические основы прогноза численности вида). М. : Моск. о-во испытателей природы, 1947. 207 с.
11. Ердиков Л. Н., Переясловец В. М. Цикличность в многолетней динамике численности зайца-беляка // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2020. № 1 (75). С. 1–16. DOI 10.25587/SVFU.2020.75.55408. EDN VZVIVM.
12. Винокуров В. Н., Боевских Г. Г. Об экологических популяциях зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) на северо-востоке Якутии // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2017. № 1 (57). С. 5–10. EDN YLGEQN.
13. Демаков Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты : монография. Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2000. 416 с. EDN WKWHSZ.
14. Демаков Ю. П., Корнеев В. А., Князев М. Н. Динамика численности зайца-беляка и некоторые аспекты его поведения в заповеднике // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». 2015. № 7. С. 258–273. EDN VSQEUJ.
15. Дэвис Д. Э., Кристиан Д. Д. Регуляция популяций у млекопитающих // Успехи современной териологии. М. : Наука, 1977. С. 46–54.
16. Максимов А. А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз / отв. ред. Н. Г. Коломиец. Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1984. 250 с.
17. Одум Ю. П. Основы экологии / перевод с 3-го англ. изд. ; под ред. д-ра биол. наук. Н. П. Наумова. М. : Мир, 1975. 740 с.
18. Elton C., Nicholson M. The Ten-Year Cycle in Numbers of the Lynx in Canada // Journal of Animal Ecology. 1942. Vol. 11, № 2. P. 215–244. DOI 10.2307/1358.
19. Ащепкова Л. Я., Кузьмина А. Е., Мамонтова Л. М. [и др.] Прогнозирование экологических процессов / отв. ред. О. М. Кожова и др. Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1986. 214 с.
20. MacLulich D. A. Fluctuations in the Numbers of the Varying Hare (*Lepus Americanus*). Toronto : University of Toronto Press, 1937. 136 p. DOI 10.3138/9781487583064.
21. Ляцев А. А., Мальцев А. Н., Ознобихин А. Ю. Динамика численности популяции зайца-беляка в Упоровском районе Тюменской области // Достижения аграрной науки для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : сб. тр. Международ. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Тюмень, 12 октября 2022 года. Т. 1. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. С. 262–268. EDN TNXRWG.
22. Указ Губернатора Нижегородской области от 17 декабря 2019 г. № 127 «Об утверждении Схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Нижегородской области (с изменениями на 24 апреля 2024 года). URL: <https://minles.nobl.ru/documents/active/231068/> (дата обращения: 17.04.2026).

References

1. Chugreev M. K., Tkacheva I. S., Semenov V. V., Nosova A. R. Resursy zajca-rusaka (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) v Yaroslavskoj oblasti // Razvitie vzaimootnoshenij razlichnyh otraslej nauki v sovremennyh usloviyah : sb. statej po itogam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Sterlitamak, 04 iyulya 2021 goda. Sterlitamak : ООО «Agentstvo mezhdunarodnyh issledovanij», 2021. S. 5–11. ISBN 978-5-907491-04-5. EDN JSYCNM.
2. Chugreev M. K., Tkacheva I. S., Semenov V. V., Nosova A. R. Resursy zajca-belyaka (*Lepus timidus* L., 1758) v Yaroslavskoj oblasti // Integraciya nauki, obshchestva, proizvodstva i promyshlennosti: problemy i perspektivy : sb. statej po itogam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Volgograd., 29 maya 2021 goda. Sterlitamak : ООО «Agentstvo mezhdunarodnyh issledovanij», 2021. S. 6–12. ISBN 978-5-907369-90-0. EDN OBISAQ.
3. Chugreev M. K., Morgunov N. A., Blokhin G. I., Tkacheva I. S. Zayac-belyak na territorii Ryazanskoj oblasti // Doklady TSKHA : sb. statej. Vyp. 293, Moskva, 02–04 dekabrya 2020 goda. Tom Chast' I. M. : RGAU, 2021. S. 730–733. ISBN 978-5-9675-1819-5. EDN NPMVKJ.
4. Chugreev M. K., Blokhin G. I., Morgunov N. A., Tkacheva I. S. Sostoyanie resursov zajca-belyaka (*Lepus timidus* L.) v Ryazanskoj i Tul'skoj oblastyah // Nauchnaya zhizn'. 2020. T. 15, № 9 (109). S. 1285–1295. DOI 10.35679/1991-9476-2020-15-9-1285-1295. EDN QVOVFL.

5. Chugreev M. K., Tkacheva I. S., Senchenko M. A., Golovina M. V. Zayac-belyak (*Lepus timidus* L.) v Vologodskoj oblasti, dinamika chislennosti i ob'yomov dobychi // Sovremennye tendencii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v mirovoj ekonomike : materialy XXIII mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Kemerovo, 04–05 dekabrya 2024 goda. Kemerovo : Kuzbasskij GAU, 2024. S. 1045–1050. EDN NKMAQ.
6. Tkacheva I. S., Chugreev M. K. Sostoyanie resursov zajca-belyaka (*Lepus timidus* L.) na territorii Tverskoj oblasti // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 2 (62). S. 20–24. DOI 10.35694/YARCX.2023.62.2.003. EDN QEBYYG.
7. Chugreev M. K., Tkacheva I. S., Kholodova M. V., Golosova O. S. Izuchenie geneticheskogo raznoobraziya zajca-belyaka razlichnyh regionov Rossii po polimorfizmu nukleotidnyh posledovatel'nostej mitohondrial'noj DNK // Veterinariya i kormlenie. 2025. № 4. S. 104–109. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-4-23. EDN FPDMMXV.
8. Tkacheva I. S., Chugreev M. K., Grigor'eva K. A. Sostoyanie resursov zajca-belyaka v centre evropejskoj chasti Rossii na primere Kostromskoj oblasti // Ohrana i racional'noe ispol'zovanie zhivotnyh i rastitel'nyh resursov : materialy mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. v ramkah XIII mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. «Klimat, ekologiya, sel'skoe hozyajstvo Evrazii», Molodezhnyj, 22–26 maya 2024 goda. Molodezhnyj : Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A. A. Ezhevskogo, 2024. S. 153–159. ISBN 978-5-91777-257-8. EDN AKIUQA.
9. Naumov N. P. Ekologiya zhivotnyh. 2-e izd. M. : Vysshaya shkola, 1963. 618 s.
10. Naumov S. P. Ekologiya belyaka. *Lepus timidus* L. (Teoreticheskie osnovy prognoza chislennosti vida). M. : Mosk. o-vo ispytatelej prirody, 1947. 207 s.
11. Erdakov L. N., Pereyaslovets V. M. Ciklichnost' v mnogoletnej dinamike chislennosti zajca-belyaka // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M. K. Ammosova. 2020. № 1 (75). S. 1–16. DOI 10.25587/SVFU.2020.75.55408. EDN VZVIVM.
12. Vinokurov V. N., Boeskorov G. G. Ob ekologicheskikh populyacijah zajca-belyaka (*Lepus timidus* L.) na severo-vostoke Yakutii // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M. K. Ammosova. 2017. № 1 (57). S. 5–10. EDN YLGEQN.
13. Demakov Yu. P. Diagnostika ustojchivosti lesnyh ekosistem: metodologicheskie i metodicheskie aspekty : monografiya. Joshkar-Ola : Povolzhskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2000. 416 s. EDN WKWHSZ.
14. Demakov Yu. P., Korneev V. A., Knyazev M. N. Dinamika chislennosti zajca-belyaka i nekotorye aspekty ego povedeniya v zapovednike // Nauchnye trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaya Kokshaga». 2015. № 7. S. 258–273. EDN VSQEUJ.
15. Devis D. E., Kristian D. D. Regulyaciya populyacij u mlekopitayushchih // Uspekhi sovremennoj teriologii. M. : Nauka, 1977. S. 46–54.
16. Maksimov A. A. Mnogoletnie kolebaniya chislennosti zhivotnyh, ih prichiny i prognoz / otv. red. N. G. Kolomiets. Novosibirsk : Nauka : Sib. otd-nie, 1984. 250 s.
17. Odum Yu. P. Osnovy ekologii / perevod s 3-go angl. izd. ; pod red. d-ra biol. nauk. N. P. Naumova. M. : Mir, 1975. 740 s.
18. Elton C., Nicholson M. The Ten-Year Cycle in Numbers of the Lynx in Canada // Journal of Animal Ecology. 1942. Vol. 11, № 2. P. 215–244. DOI 10.2307/1358.
19. Ashchepkova L. Ya., Kuz'mina A. E., Mamontova L. M. [i dr.] Prognozirovaniye ekologicheskikh processov / otv. red. O. M. Kozhova i dr. Novosibirsk : Nauka : Sib. otd-nie, 1986. 214 s.
20. MacLulich D. A. Fluctuations in the Numbers of the Varying Hare (*Lepus Americanus*). Toronto : University of Toronto Press, 1937. 136 p. DOI 10.3138/9781487583064.
21. Lyashchev A. A., Mal'tsev A. N., Oznobikhin A. Yu. Dinamika chislennosti populyacii zajca-belyaka v Uporovskom rajone Tyumenskoj oblasti // Dostizheniya agrarnoj nauki dlya obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii : sb. tr. Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov, Tyumen', 12 oktyabrya 2022 goda. T. 1. Tyumen' : Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zaural'ya, 2021. S. 262–268. EDN TNXRWG.
22. Ukaz Gubernatora Nizhegorodskoj oblasti ot 17 dekabrya 2019 g. № 127 «Ob utverzhdenii Skhemy razmeshcheniya, ispol'zovaniya i ohrany ohotnich'ih ugodij na territorii Nizhegorodskoj oblasti (s izmeneniyami na 24 aprelya 2024 goda). URL: <https://minles.nobl.ru/documents/active/231068/> (data obrashcheniya: 17.04.2026).

Сведения об авторах

Ирина Сергеевна Караваева – кандидат биологических наук, заведующий отделом научных исследований в сфере охотничьего хозяйства, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства», spin-код: 7668-2022.

Михаил Константинович Чугреев – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела научных исследований в сфере охотничьего хозяйства, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства», spin-код: 7139-8979.

Information about the authors

Irina S. Karavaeva – Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Scientific Research in the Field of Hunting, Federal State Budgetary Institution Federal Research Center for Development of Game Management, spin-code: 7668-2022.

Mikhail K. Chugreev – Doctor of Biological Sciences, Leading Research Officer of the Department of Scientific Research in the Field of Hunting, Federal State Budgetary Institution Federal Research Center for Development of Game Management, spin-code: 7139-8979.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
УДК 619:616-091:639.3.09(597)
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.007

КОМПЛЕКСНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ДИКОГО ПАНГАСИУСА (*PANGASIUS* SP.) В ДЕЛЬТЕ РЕКИ МЕКОНГ (ВЬЕТНАМ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

**Е. Е. Слынько¹, Н. С. Мурина², В. Н. Федорова³, М. Ле Куанг⁴, В. Б. Смирнова⁵,
М. П. Грушко⁶, А. А. Руденко⁷, Е. М. Бесфамильная⁸, Э. А. Шарыкина⁹,
Н. Ю. Терпугова¹⁰, Ю. В. Чеботарева¹¹, Д. Ку Нгуен¹²**

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

¹⁰Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

¹¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, Борок, Россия

¹²Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра, Хошимин, Вьетнам

Автор, ответственный за переписку: Елена Евгеньевна Слынько,
elena.slynko.76@mail.ru, ORCID 0000-0003-1261-1100

Реферат. Представлены результаты комплексного ветеринарно-санитарного обследования популяций промыслового вида *Pangasius* sp. в различных экологических зонах дельты р. Меконг (Вьетнам). Проведены: гистологическое исследование печени, микроядерный тест на эритроцитах периферической крови и анализ фенотипических отклонений осевого скелета. Выявлены выраженные дистрофические и некротические изменения гепатоцитов (гидропическая дистрофия), а также достоверное повышение частоты микроядер у молоди (TL < 25 см) по сравнению с крупными половозрелыми особями (TL > 39 см). Полученные данные указывают на неблагоприятное состояние здоровья популяций пангасиуса в естественных водоёмах дельты Меконга и обосновывают необходимость постоянного ветеринарного мониторинга качества рыбы, поступающей в торговую сеть.

Ключевые слова: *Pangasius* sp., дельта Меконга, гистопатология печени, микроядерный тест, фенотипические отклонения позвоночника, ветеринарно-санитарная оценка

COMPREHENSIVE BIOLOGICAL AND VETERINARY-SANITARY ASSESSMENT OF THE HEALTH STATUS OF WILD PANGASIUS (*PANGASIUS* SP.) IN THE MEKONG RIVER DELTA (VIETNAM) USING PATHOMORPHOLOGICAL AND CYTOGENETIC METHODS

**E. E. Slynko¹, N. S. Murina², V. N. Fedorova³, M. Le Quang⁴, V. B. Smirnova⁵,
M. P. Grushko⁶, A. A. Rudenko⁷, E. M. Besfamilnaya⁸, E. A. Sharykina⁹, N. Yu. Terpugova¹⁰,
Yu. V. Chebotareva¹¹, D. Cu Nguyen¹²**

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

¹⁰Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia

¹¹Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Russia

¹²Southern Branch, Vietnam-Russia Tropical Center, Ho Chi Minh City, Vietnam

Author responsible for correspondence: Elena E. Slynko,
elena.slynko.76@mail.ru, ORCID 0000-0003-1261-1100

Abstract. The results of a comprehensive veterinary and sanitary survey of populations of the commercial *Pangasius* sp. in various ecological zones of the Mekong River Delta (Vietnam). Histological examination of the liver, a micronucleus test on peripheral blood erythrocytes and analysis of the axial skeleton phenodeviations were carried out. Pronounced dystrophic and necrotic changes in hepatocytes (hydropic dystrophy) were revealed, as well as a significant increase in the frequency of micronuclei in juveniles (TL < 25 cm) compared to large mature individuals (TL > 39 cm). The data obtained indicate the unfavorable health status of pangasius populations in the natural reservoirs of the Mekong Delta and justify the need for constant veterinary monitoring of the quality of fish entering the trade network.

Комплексная биологическая и ветеринарно-санитарная оценка состояния здоровья
дикого пангасиуса (*Pangasius* sp.) в дельте реки Меконг (Вьетнам)
с использованием патоморфологических и цитогенетических методов

Keywords: *Pangasius sp.*, Mekong Delta, liver histopathology, micronucleus test, vertebral phenodeviations, veterinary and sanitary assessment

Финансирование: работа выполнена в ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» в 2025–2026 гг. при финансовой поддержке университетского гранта «Развитие российско-вьетнамского научно-образовательного сотрудничества в области биоэкономики на основе исследований биоразнообразия Вьетнама».

Введение. Пангасиус (*Pangasius sp.*) является одним из наиболее значимых объектов пресноводной аквакультуры и промысла в странах Юго-Восточной Азии, в частности во Вьетнаме, где его ежегодное производство превышает 1,5 млн тонн [1; 2; 3; 4]. Дельта реки Меконг служит основным ареалом обитания и разведения данного вида [5]. Однако в последние десятилетия экосистема дельты испытывает нарастающее антропогенное давление, связанное с поступлением промышленных стоков, сельскохозяйственных пестицидов, тяжёлых металлов, фармацевтических препаратов и микропластика [6–14]. Эти загрязнители могут накапливаться в тканях гидробионтов, вызывая структурно-функциональные нарушения органов и тканей, снижая пищевую ценность и безопасность рыбной продукции [15; 16].

В ветеринарной практике для оценки состояния здоровья рыб широко применяются патоморфологические методы. Печень, как центральный орган детоксикации, особенно чувствительна к действию отравляющих веществ. Ранее в экспериментальных исследованиях показано, что воздействие тяжёлых металлов (Pb, As, Cr, Mn, Cu) и пестицидов на пангасиуса приводит к развитию гидропической (баллонной) дистрофии, некрозу гепатоцитов и фиброзу [6; 17–21]. Цитогенетический метод микроядерного теста позволяет выявить ранние признаки генотоксического эффекта, а анализ фенотипических изменений осевого скелета отражает нарушения эмбрионального и раннего постнатального развития под влиянием неблагоприятных факторов среды [22; 23].

Целью исследований является комплексная ветеринарно-санитарная оценка состояния здоровья диких популяций *Pangasius sp.* в дельте реки Меконг на основе патоморфологического исследования печени, микроядерного теста и анализа скелетных аномалий.

Материалы и методы. Районы сбора материала. Отлов рыбы проводился в сентябре – ноябре 2025 г. в двух провинциях Вьетнама: Донг-хап, Виньлонг. Всего было обследовано 87 экземпляров, для которых имелись полные данные по морфометрии и цитогенетическим показателям (табл. 1). Дополнительно у 15 особей

из различных точек был взят материал для гистологического исследования печени.

Гистологическое исследование. Фрагменты печени были фиксированы 10%-м нейтральным формалином по стандартной методике с использованием «Изопреп» и залиты в парафин. Проводилась окраска срезов толщиной 5–7 мкм гематоксилином и эозином. Микроскопия осуществлялась с иммерсионным объективом (ув. $\times 400$, $\times 1000$). Были оценены степень дистрофических и некротических изменений, наличие меланомacroфальных центров, состояние сосудов и экзокринной панкреатической ткани [24; 25].

Микроядерный тест. Мазки периферической крови фиксировались 96%-м этанолом, окрашивались азуэр-эозином по Романовскому (разведение 1:10). На каждом препарате просчитывалось 2000 эритроцитов. Была проведена регистрация количества клеток с микроядрами, а также других ядерных аномалий (двуядерность, инвагинация ядра, деформация ядра). Частота микроядер выражена в промилле (‰) [26].

Анализ фенотипических изменений позвоночника. Скелеты очищались путём кратковременной варки с последующим механическим удалением мягких тканей. Под стереомикроскопом ($\times 10$ –40) оценивались следующие показатели: общее число позвонков (Vert), число туловищных (Vp) и хвостовых (Vc) позвонков, количество деформированных позвонков, незамкнутых дуг, сращений дуг разных позвонков, деформированных дуг, неразвитых дуг, дополнительных дуг, несращений дуги с телом позвонка, а также асимметричные и неполные сращения тел позвонков [22; 23].

Статистическая обработка. Статистическая значимость различий частот встречаемости признаков между группами была оценена с помощью критерия χ^2 Пирсона, а для количественных переменных – U-критерия Манна–Уитни. Анализ выполнен в программе Statistica (v. 7.0). Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Гистопатология печени. У всех исследованных особей ($n = 15$) архитектоника печени была нарушена. Во всех образцах отме-

Таблица 1 – Основные гистопатологические изменения в печени диких особей *Pangasius sp.* ($n = 15$)

Патоморфологический признак	Число особей с признаком	Частота встречаемости, %
Гидропическая (баллонная) дистрофия гепатоцитов	15	100,0
Некроз гепатоцитов (очаговый или диффузный)	15	100,0
Меланомacroфальные центры	12	80,0
Деструктивные изменения экзокринной панкреатической ткани	14	93,3
Утолщение и разволокнение соединительнотканых прослоек	13	86,7
Паразитарная инвазия (фрагмент паразита с капсулой)	1	6,7

Таблица 2 – Частота микроядер и других ядерных аномалий в эритроцитах периферической крови *Pangasius* sp. в зависимости от общей длины тела (TL)

Показатель	Группа 1 (TL < 25 см), n = 82	Группа 2 (TL > 39 см), n = 5	Вся выборка, n = 87
Частота микроядер, ‰ (M ± m)	6,1 ± 0,9*	0,4 ± 0,2	4,7 ± 0,8
Диапазон частоты микроядер, ‰	0–10	0–1	0–10
Двухядерные эритроциты, %	8,5	0	7,5
Инвагинация ядра, %	3,7	0	2,8
Деформация ядра, %	9,8	0	8,5

Примечание: * – различия достоверны по сравнению с группой 2 ($p < 0,01$, U-критерий Манна–Уитни).

чены признаки гидропической (баллонной) дистрофии гепатоцитов разной степени выраженности. Цитоплазма клеток была просветлена, ядра смещены к периферии или лизированы.

У 80% рыб регистрировались меланомacroфагальные центры, располагающиеся преимущественно вблизи сосудов и скоплений панкреатической ткани. Экзокринная часть поджелудочной железы, окружающая воротные вены, также была подвержена деструктивным изменениям: ацинусы деформированы, зимогенные гранулы слабо выражены, местами выявлен лизис клеток. У одной особи (провинция Донгтхап) в паренхиме обнаружен фрагмент паразита, окружённый соединительнотканной капсулой с признаками некроза прилежащих гепатоцитов. Соединительнотканная прослойка в области триад были утолщены, разволокнены, что указывает на хронический воспалительный процесс.

Таким образом, наиболее характерными патоморфологическими изменениями печени дикого пангасиуса являлись гидропическая дистрофия, некроз гепатоцитов и наличие меланомacroфагальных центров, что соответствует картине хронического токсического гепатита (табл. 1).

Анализ микроядер и других ядерных аномалий. Средняя частота микроядер по всей выборке составила $4,7 \pm 0,8\text{‰}$ (медиана – 5‰). Однако распределение особей по этому показателю было крайне неоднород-

ным (табл. 2). Чётко выделяются две размерные группы. У рыб с общей длиной тела (TL) менее 25 см ($n = 82$) частота микроядер варьировала от 0 до 10‰ (среднее $6,1 \pm 0,9\text{‰}$). В то же время у крупных особей с TL > 39 см ($n = 5$) этот показатель не превышал 1‰ (среднее $0,4 \pm 0,2\text{‰}$). Различия между группами статистически значимы ($p < 0,01$, критерий Манна–Уитни).

Другие ядерные аномалии встречались значительно реже. Двухядерные эритроциты были зарегистрированы у 8 особей (7,5%), инвагинации ядра – у 3-х (2,8%), деформации ядра – у 9 (8,5%). Частота встречаемости этих нарушений не коррелировала с размером рыбы и местом вылова.

Частота и спектр фенотипических отклонений позвоночника. Среди 87 особей с полными данными по скелету (исключены образцы с пометкой «целая рыба» или отсутствием измерений) аномалии осевого скелета обнаружены у 34 (38,6%). Наиболее распространёнными типами деформаций были сращения дуг соседних позвонков (21 особь, 23,9%), деформация тел позвонков (17 особей, 19,3%) и незамкнутые дуги (14 особей, 15,9%). Асимметричные сращения тел позвонков и дополнительные дуги встречались реже (6 и 4 случая соответственно) (табл. 3).

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о существенном ухудшении состояния здоровья диких популяций *Pangasius* sp. в дельте Меконга. Ги-

Таблица 3 – Частота встречаемости различных типов фенотипических отклонений позвоночника у *Pangasius* sp. в дельте реки Меконг ($n = 87$)

Тип аномалии	Число особей с аномалией	Доля от общего числа, %
Сращение дуг соседних позвонков	21	23,9
Деформация тел позвонков	17	19,3
Незамкнутые дуги	14	15,9
Асимметричное сращение тел позвонков	6	6,8
Дополнительные дуги	4	4,5
Неполное сращение тел позвонков	3	3,4
Деформация дуг	3	3,4
Неразвитые дуги	2	2,3
Несращение дуги с телом позвонка	1	1,1
Всего особей с хотя бы одной аномалией	34	38,6

Примечание: у одной особи могло регистрироваться несколько типов аномалий одновременно.

стологическая картина печени (гидропическая дистрофия, некроз, меланомacroфагальные центры) типична для хронической интоксикации ксенобиотиками. Экспериментальные исследования на *Pangasianodon hypophthalmus* подтверждают, что воздействие тяжёлых металлов (Pb, As, Mn, Cu, Cr), аммиака и повышенной температуры вызывает сходные патоморфологические изменения: гидропическую и жировую дистрофию гепатоцитов, кардиомиокноз, некроз и образование меланомacroфагальных центров [27; 17–20; 28]. Наличие меланомacroфагальных центров рассматривается как компенсаторно-приспособительная реакция на накопление продуктов распада клеток и токсинов [29; 30]. Выраженный некроз гепатоцитов, обнаруженный у большинства исследованных особей, указывает на срыв адаптационных механизмов и переход процесса в стадию декомпенсации, что неизбежно сказывается на пищевой ценности и безопасности рыбы.

Результаты микроядерного теста демонстрируют высокую генотоксическую нагрузку на молодь пангасиуса. Значительное повышение частоты микроядер в эритроцитах мелких особей (TL < 25 см) может быть обусловлено несколькими факторами. Во-первых, молодь более чувствительна к действию мутагенов из-за незрелости систем репарации ДНК и детоксикации. Во-вторых, высокая вариабельность показателя в этой группе (от 0 до 10‰) может отражать мозаичность загрязнения местообитаний и разную степень контакта с генотоксикантами. Аналогичная зависимость частоты микроядер от стадии развития отмечена для *P. hypophthalmus* при воздействии триклозана [8] и карбамазепина [31]. Отсутствие микроядер у крупных половозрелых рыб, напротив, вероятно, связано с элиминацией наиболее ослабленных особей в процессе онтогенеза, а также с возрастным снижением доли молодых эритроцитов, в которых микроядра сохраняются дольше [26]. Следует также учитывать, что хронический окислительный стресс, индуцированный поллютантами, может активировать системы репарации ДНК, однако при длительной экспозиции эти механизмы истощаются [21; 28].

Анализ фенотипических изменений указывает на комплексное загрязнение воды в точках вблизи крупных городов и сельскохозяйственных угодий, что, как известно, индуцирует нарушения остеогенеза [22]. Молекулярные исследования на пангасиусе показали, что комбинированный стресс (As + NH₃ + высокая температура) подавляет экспрессию генов гормона роста (GH) и инсулиноподобных факторов роста (IGF), одновременно активируя гены-ингибиторы роста MYST и SMT [9; 28; 31–33]. Подобные эндокринные нарушения могут лежать в основе

задержки развития и формирования скелетных аномалий у диких популяций. Высокая частота сращений дуг позвонков и незамкнутых дуг, обнаруженная в нашем исследовании, может приводить к снижению плавательной активности, ухудшению конкурентоспособности и, в конечном итоге, к повышенной смертности в природе.

С ветеринарно-санитарной точки зрения полученные данные вызывают серьёзную озабоченность. Наличие выраженных дистрофических и некротических изменений в печени, а также генетических повреждений у молоди свидетельствует о неблагоприятности среды обитания и потенциальном риске накопления токсикантов в мышечной ткани [34]. Учитывая, что пангасиус является одним из основных экспортных продуктов Вьетнама, необходимо усиление контроля за качеством рыбы, вылавливаемой в диких популяциях. Целесообразно внедрение в практику ветеринарно-санитарной экспертизы гистологического и цитогенетического методов как индикаторов хронической интоксикации.

Перспективы дальнейших исследований. Полученные данные открывают несколько направлений для будущих работ. Во-первых, необходимо проведение количественного химического анализа тканей дикого пангасиуса на содержание приоритетных поллютантов (As, Pb, Cd, Hg, Cu, Mn, Cr, пестициды, фармацевтические препараты) для установления прямых корреляций между уровнем накопления токсикантов и выраженностью патоморфологических и цитогенетических нарушений [35]. Во-вторых, целесообразно расширение спектра биомаркеров за счёт включения молекулярно-генетических методов – оценки экспрессии генов оксидативного стресса (SOD, CAT, GPx), детоксикации (CYP450, MT), апоптоза (Cas 3a/3b) и иммунного ответа (TNFα, IL, Ig) в тканях печени и жабр [17; 32; 33]. Это позволит выявить ранние молекулярные признаки токсического воздействия до появления необратимых структурных изменений. В-третьих, представляет интерес изучение состава и функциональной активности кишечного микробиома дикого пангасиуса, поскольку микробиота играет важную роль в детоксикации ксенобиотиков и модуляции иммунного ответа [33]. Наконец, необходимо проведение многолетнего мониторинга в различных экологических зонах дельты Меконга для оценки временной динамики состояния популяций и эффективности природоохранных мероприятий. Разработка панели интегральных биомаркеров, включающей гистопатологические, биохимические и генотоксические показатели, станет важным шагом к созданию научно обоснованной системы ветеринарно-санитарного надзора за качеством рыбной продукции в регионе [8; 28].

Список источников

1. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Rome, Italy : FAO, 2024. 246 p. ISBN 978-92-5-138763-4.
2. Ninh N. T. H., Cuong H. N. Measures Used for Water Quality Management in Intensive Pangasius Catfish Production in Vietnam's Mekong Delta: Experiences from Household Practices and Gender Roles // Vietnam Journal of Agricultural Sciences. 2022. Vol. 5, No. 4. P. 1674–1689. DOI 10.31817/vjas.2022.5.4.06.
3. Nguyen T. A. T., Nguyen Q. T. T., Tran T. C. [et al.] Balancing the aquatic export supply chain strategy-A case study of the Vietnam pangasius industry // Aquaculture. 2023. Vol. 566. Art. 739139. DOI 10.1016/j.aquaculture.2022.739139.
4. Nguyen T. E., Nguyen T. P., Bui B. H. T. [et al.] Diversification of Aquaculture Production in Relation to Global Change: The Case of the Domestication of Indigenous Euryhaline Catfish Species (Siluriformes) in the Mekong River Delta, Viet Nam // Reviews in Aquaculture. 2026. Vol. 18, Is. 1. Art. e70095. DOI 10.1111/rag.70095.

5. Dong N. X., Veettil B. K., Quang N. X. [et al.] Fish species composition, diversity, and migration in the Mekong Delta: a study in the Cua Tieu River, Vietnam // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2022. Vol. 194, №. Suppl 2. P. 769. DOI 10.1007/s10661-022-10174-w.
6. Lipi J. A., Riya K. K., Nur A.-A. U. [et al.] Human health and ecological risks associated with microplastic contamination in widely consumed catfish from a large-scale estuary // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2025. Vol. 148. Pt. 3. P. 108487. DOI 10.1016/j.jfca.2025.108487.
7. Marcussen H., Løjmand H., Dalsgaard A. [et al.] Copper use and accumulation in catfish culture in the Mekong Delta, Vietnam // *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 2014. Vol. 49, Is. 2. P. 187–192. DOI 10.1080/10934529.2013.838869.
8. Paul T., Kumar S., Shukla S. P. [et al.] A multi-biomarker approach using integrated biomarker response to assess the effect of pH on triclosan toxicity in *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 260. Art. 114001. DOI 10.1016/j.envpol.2020.114001.
9. Ahsan Md. E., Islam S. R., Razzak M. A. [et al.] Assessment of heavy metals from pangasius and tilapia aquaculture in Bangladesh and human consumption risk // *Aquaculture International*. 2022. Vol. 30, No. 3. P. 1407–1434. DOI 10.1007/s10499-022-00903-w.
10. Нгуен Т. Х. В., Грушко М. П., Федорова Н. Н., Чаплыгин В. А. Нарушения гистологического строения печени обыкновенной кильки *Clupeonella caspia* Svetovidov, 1941 в условиях антропогенной нагрузки // *Биология моря*. 2024. Т. 50, №3. С. 245–250. DOI 10.31857/S0134347524030072. EDN GTONZI.
11. Hoa V. T. Magnetic-Assisted Electrochemical Detection of Pb²⁺ and Cd²⁺ in Vietnamese Seafood using Fe₃O₄@ UiO-66-Py/rGO // *Nanoscale*. 2026. Is. 10. P. 5464–5481. DOI 10.1039/D5NR05000F.
12. Łuczńska J., Pietrzak-Fiecko R., Purkiewicz A., Łuczński M. J. Assessment of Fish Quality Based on the Content of Heavy Metals // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, Is. 4. Art. 2307. DOI 10.3390/ijerph19042307.
13. Le N. D., Phung T. X. B., Nguyen T. M. H. [et al.] First assessment of metal contamination and ecological risks in aquaculture ponds in Hanoi city, Vietnam // *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2025. Vol. 22. P. 13525–13544. DOI 10.1007/s13762-025-06448-8.
14. Le H. B., Le H., Nguyen X. H. The Harmful Effect of the Hydro-Electric Dams Upstream of the Mekong River: Effect on the Ecosystems and Livelihoods of People in Mekong Delta, Vietnam // *Water Conservation Science and Engineering*. 2022. Vol. 7, Is. 1. P. 1–20. DOI 10.1007/s41101-021-00112-1.
15. Kilercioğlu S., Koşker A. R., Evliyaoğlu E. Public health risk assessments associated with heavy metal levels in pangasius fish fillets imported from Vietnam // *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*. 2022. Vol. 6, №. 4. P. 568–578. DOI 10.31015/jaefs.2022.4.9.
16. Chakma S., Rahman Md. A., Siddik S. M. [et al.] Nutritional Profiling of Wild (*Pangasius pangasius*) and Farmed (*Pangasius hypophthalmus*) Pangasius Catfish with Implications to Human Health // *Fishes*. 2022. Vol. 7, Is. 6. Art. 309. DOI 10.3390/fishes7060309.
17. Kumar N., Thorat S. T., Kochewad S. A. [et al.] Manganese nutrient mitigates ammonia, arsenic toxicity and high temperature stress using gene regulation via NFκB mechanism in fish // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Art. 1273. DOI 10.1038/s41598-024-51740-1.
18. Suchana S. A., Ahmed M. S., Islam S. M. M. [et al.] Chromium Exposure Causes Structural Aberrations of Erythrocytes, Gills, Liver, Kidney, and Genetic Damage in Striped Catfish *Pangasianodon hypophthalmus* // *Biological Trace Element Research*. 2021. Vol. 199, No. 10. P. 3869–3885. DOI 10.1007/s12011-020-02490-4.
19. Kumar N., Thorat S. T., Patole P. B. [et al.] Protective role of selenium and selenium-nanoparticles against multiple stresses in *Pangasianodon hypophthalmus* // *Fish Physiology and Biochemistry*. 2024. Vol. 50, No. 1. P. 239–258. DOI 10.1007/s10695-023-01231-3.
20. Kumar N., Gismondi E., Reddy K. S. Copper and nanocopper toxicity using integrated biomarker response in *Pangasianodon hypophthalmus* // *Environmental Toxicology*. 2024. Vol. 39, No. 3. P. 1581–1600. DOI 10.1002/tox.24058.
21. Paul T., Shukla S. P., Kumar K. [et al.] Effect of temperature on triclosan toxicity in *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878): Hematology, biochemistry and genotoxicity evaluation // *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 668. P. 104–114. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.02.443.
22. Чеботарева Ю. В., Крылов В. В., Таликина М. Г., Изюмов Ю. Г. Аномалии позвоночника и позвонковые фенотипы сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) после раздельного и совместного воздействия магнитного поля и хлорофоса на эмбрионы // *Вопросы ихтиологии*. 2023. Т. 63, № 3. С. 353–364. DOI 10.31857/S0042875223030049. EDN BXWUOP.
23. Nguyen S., Truyen N. D. H., Tien D. M. [et al.] Skeletal Deformities in Cultured Striped Catfish *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) in the Mekong Delta, Vietnam // *Asian Fisheries Science*. 2023. Vol. 36. P. 90–99. DOI 10.33997/j.afs.2023.36.2.004.
24. Микодина Е. В., Седова М. А., Чмилевский Д. А. [и др.] Гистология для ихтиологов: Опыт и советы : монография. М. : Всероссийский научный исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2009. 112 с. ISBN 978-5-85382-365-5. EDN UHDDFV.
25. Терпугова Н. Ю., Грушко М. П. Гистологическое исследование новообразований у промысловых видов рыб при ветеринарно-санитарной оценке : метод. рекомендации. М. : ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», 2025. 40 с. ISBN 978-5-85382-565-9. EDN OVJWKT.
26. Гулаков А. В., Дроздов Д. Н., Иванцов Д. Н. Цитогенетические и цитотоксические эффекты действия ионизирующего излучения на эритроциты крови рыб, обитающих в водоемах на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2021. Т. 61, № 2. С. 189–196. DOI 10.31857/S0869803121020090. EDN GHZUQF.
27. Reddy C. P. K., Manikandavelu D., Arisekar U. [et al.] Toxicological effect of endocrine disrupting heavy metal (Pb) on Mekong silurid *Pangasius catfish*, *Pangasius hypophthalmus* // *Environmental Research*. 2023. Vol. 231. Pt. 1. P. 116033. DOI 10.1016/j.envres.2023.116033.
28. Kumar N., Thorat S. T., Chavhan S. R. Multifunctional role of dietary copper to regulate stress-responsive gene for mitigation of multiple stresses in *Pangasianodon hypophthalmus* // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Art. 2252. DOI 10.1038/s41598-024-51170-z.
29. Грищенко Л. И. Сравнительная патоморфология, вопросы патогенеза и диагностика токсикозов и некоторых инфекционных болезней рыб : автореф. дис. ... д-ра ветеринар. наук : 16.00.02 / ФГОУ ВПО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина». М., 2004. 36 с.

30. Nguyen T. H. V., Grushko M. P., Fedorova N. N., Chaplygin V. A. Structural Changes in Liver Histology in Common Kilka *Clupeonella caspia* Svetovidov, 1941 under Anthropogenic Pressure // Russian Journal of Marine Biology. 2024. Vol. 50, No. 3. P. 169-174. DOI 10.1134/S1063074024700111. EDN MPCALZ.
31. Kumar N., Kumar P., Reddy K. S. Mitigating combined toxic effects of arsenic, ammonia, and high temperature through dietary Iron in fish // Frontiers in Immunology. 2026. Vol. 17. Art. 1733912. DOI 10.3389/fimmu.2026.1733912.
32. Kumar N., Thorat S. T., Gite A. [et al.] Nano-copper Enhances Gene Regulation of Non-specific Immunity and Antioxidative Status of Fish Reared Under Multiple Stresses // Biological Trace Element Research. 2023. Vol. 201, No. 10. P. 4926–4950. DOI 10.1007/s12011-023-03575-6.
33. Sahu V. K., Karmakar S., Kumar S. [et al.] Triclosan toxicity alters behavioral and hematological parameters and vital antioxidant and neurological enzymes in Pangasianodon hypophthalmus (Sauvage, 1878) // Aquatic Toxicology. 2018. Vol. 202. P. 145–152. DOI 10.1016/j.aquatox.2018.07.009.
34. Xie X., Zhang C., Zulfahmi I. [et al.] Fatty Liver in Fish: Metabolic Drivers, Molecular Pathways and Physiological Solutions // Animals. 2026. Vol. 16, Is. 2. P. 236. DOI 10.3390/ani16020236.
35. Струков А. И., Серов В. В. Патологическая анатомия : учебник для студентов медицинских вузов. 5-е изд., стер. М. : Литтерра, 2010. 846 с. ISBN 978-5-904090-26-5. EDN QLVNOT.

References

1. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Rome, Italy : FAO, 2024. 246 p. ISBN 978-92-5-138763-4.
2. Ninh N. T. H., Cuong H. N. Measures Used for Water Quality Management in Intensive Pangasius Catfish Production in Vietnam's Mekong Delta: Experiences from Household Practices and Gender Roles // Vietnam Journal of Agricultural Sciences. 2022. Vol. 5, No. 4. P. 1674–1689. DOI 10.31817/vjas.2022.5.4.06.
3. Nguyen T. A. T., Nguyen Q. T. T., Tran T. C. [et al.] Balancing the aquatic export supply chain strategy-A case study of the Vietnam pangasius industry // Aquaculture. 2023. Vol. 566. Art. 739139. DOI 10.1016/j.aquaculture.2022.739139.
4. Nguyen T. E., Nguyen T. P., Bui B. H. T. [et al.] Diversification of Aquaculture Production in Relation to Global Change: The Case of the Domestication of Indigenous Euryhaline Catfish Species (Siluriformes) in the Mekong River Delta, Viet Nam // Reviews in Aquaculture. 2026. Vol. 18, Is. 1. Art. e70095. DOI 10.1111/rag.70095.
5. Dong N. X., Veettil B. K., Quang N. X. [et al.] Fish species composition, diversity, and migration in the Mekong Delta: a study in the Cua Tieu River, Vietnam // Environmental Monitoring and Assessment. 2022. Vol. 194, №. Suppl 2. P. 769. DOI 10.1007/s10661-022-10174-w.
6. Lipi J. A., Riya K. K., Nur A.-A. U. [et al.] Human health and ecological risks associated with microplastic contamination in widely consumed catfish from a large-scale estuary // Journal of Food Composition and Analysis. 2025. Vol. 148. Pt. 3. P. 108487. DOI 10.1016/j.jfca.2025.108487.
7. Marcussen H., Løjmand H., Dalsgaard A. [et al.] Copper use and accumulation in catfish culture in the Mekong Delta, Vietnam // Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2014. Vol. 49, Is. 2. P. 187–192. DOI 10.1080/10934529.2013.838869.
8. Paul T., Kumar S., Shukla S. P. [et al.] A multi-biomarker approach using integrated biomarker response to assess the effect of pH on triclosan toxicity in Pangasianodon hypophthalmus (Sauvage, 1878) // Environmental Pollution. 2020. Vol. 260. Art. 114001. DOI 10.1016/j.envpol.2020.114001.
9. Ahsan Md. E., Islam S. R., Razzak M. A. [et al.] Assessment of heavy metals from pangasius and tilapia aquaculture in Bangladesh and human consumption risk // Aquaculture International. 2022. Vol. 30, No. 3. P. 1407–1434. DOI 10.1007/s10499-022-00903-w.
10. Nguen T. Kh. V., Grushko M. P., Fedorova N. N., Chaplygin V. A. Narusheniya gistologicheskogo stroeniya pecheni obyknovennykh kil'ki *Clupeonella caspia* Svetovidov, 1941 v usloviyakh antropogennykh nagruzki // Biologiya morya. 2024. T. 50, №3. C. 245–250. DOI 10.31857/S0134347524030072. EDN GTONZI.
11. Hoa V. T. Magnetic-Assisted Electrochemical Detection of Pb²⁺ and Cd²⁺ in Vietnamese Seafood using Fe₃O₄@ UiO-66-Py/rGO // Nanoscale. 2026. Is. 10. P. 5464–5481. DOI 10.1039/D5NR05000F.
12. Łuczyńska J., Pietrzak-Fiećko R., Purkiewicz A., Łuczyński M. J. Assessment of Fish Quality Based on the Content of Heavy Metals // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. Vol. 19, Is. 4. Art. 2307. DOI 10.3390/ijerph19042307.
13. Le N. D., Phung T. X. B., Nguyen T. M. H. [et al.] First assessment of metal contamination and ecological risks in aquaculture ponds in Hanoi city, Vietnam // International Journal of Environmental Science and Technology. 2025. Vol. 22. P. 13525–13544. DOI 10.1007/s13762-025-06448-8.
14. Le H. B., Le H., Nguyen X. H. The Harmful Effect of the Hydro-Electric Dams Upstream of the Mekong River: Effect on the Ecosystems and Livelihoods of People in Mekong Delta, Vietnam // Water Conservation Science and Engineering. 2022. Vol. 7, Is. 1. P. 1–20. DOI 10.1007/s41101-021-00112-1.
15. Kılircioğlu S., Koşker A. R., Evliyaoğlu E. Public health risk assessments associated with heavy metal levels in pangasius fish fillets imported from Vietnam // International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences. 2022. Vol. 6, №. 4. P. 568–578. DOI 10.31015/iaefs.2022.4.9.
16. Chakma S., Rahman Md. A., Siddik S. M. [et al.] Nutritional Profiling of Wild (*Pangasius pangasius*) and Farmed (*Pangasius hypophthalmus*) Pangasius Catfish with Implications to Human Health // Fishes. 2022. Vol. 7, Is. 6. Art. 309. DOI 10.3390/fishes7060309.
17. Kumar N., Thorat S. T., Kochewad S. A. [et al.] Manganese nutrient mitigates ammonia, arsenic toxicity and high temperature stress using gene regulation via NFκB mechanism in fish // Scientific Reports. 2024. Vol. 14. Art. 1273. DOI 10.1038/s41598-024-51740-1.
18. Suchana S. A., Ahmed M. S., Islam S. M. M. [et al.] Chromium Exposure Causes Structural Aberrations of Erythrocytes, Gills, Liver, Kidney, and Genetic Damage in Striped Catfish *Pangasianodon hypophthalmus* // Biological Trace Element Research. 2021. Vol. 199, No. 10. P. 3869–3885. DOI 10.1007/s12011-020-02490-4.
19. Kumar N., Thorat S. T., Patole P. B. [et al.] Protective role of selenium and selenium-nanoparticles against multiple stresses in *Pangasianodon hypophthalmus* // Fish Physiology and Biochemistry. 2024. Vol. 50, No. 1. P. 239–258. DOI 10.1007/s10695-023-01231-3.

20. Kumar N., Gismondi E., Reddy K. S. Copper and nanocopper toxicity using integrated biomarker response in *Pangasianodon hypophthalmus* // *Environmental Toxicology*. 2024. Vol. 39, No. 3. P. 1581–1600. DOI 10.1002/tox.24058.
21. Paul T., Shukla S. P., Kumar K. [et al.] Effect of temperature on triclosan toxicity in *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878): Hematology, biochemistry and genotoxicity evaluation // *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 668. P. 104–114. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.02.443.
22. Chebotareva Yu. V., Krylov V. V., Talikina M. G., Izyumov Yu. G. Anomalii pozvonochnika i pozvonkovye fenotipy segoletok plotvy *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) после razdel'nogo i sovmestnogo vozdeystviya magnitnogo polya i hlороfоса на embriony // *Voprosy ihtologii*. 2023. T. 63, № 3. S. 353–364. DOI 10.31857/S0042875223030049. EDN BXWUOP.
23. Nguyen S., Truyen N. D. H., Tien D. M. [et al.] Skeletal Deformities in Cultured Striped Catfish *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) in the Mekong Delta, Vietnam // *Asian Fisheries Science*. 2023. Vol. 36. P. 90–99. DOI 10.33997/j.afs.2023.36.2.004.
24. Mikodina E. V., Sedova M. A., Chmylevskij D. A. [i dr.] *Gistologiya dlya ihtologov: Opyt i sovery : monografiya*. M. : Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut rybnogo hozyajstva i okeanografii, 2009. 112 s. ISBN 978-5-85382-365-5. EDN UHDDFV.
25. Terpugova N. Yu., Grushko M. P. *Gistologicheskoe issledovanie novoobrazovaniy u promyslovyyh vidov ryb pri veterinarno-sanitarnoy ocenke : metod. rekomendacii*. M. : GNC RF FGBNU «VNIRO», 2025. 40 s. ISBN 978-5-85382-565-9. EDN OVJWKT.
26. Gulakov A. V., Drozdov D. N., Ivantsov D. N. Citogeneticheskie i citotoksicheskie efekty deystviya ioniziruyushchego izlucheniya na eritrocitы krovы ryb, obitayushchih v vodoemah na territorii Poles'skogo gosudarstvennogo radiacionno-ekologicheskogo zapovednika // *Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2021. T. 61, № 2. S. 189–196. DOI 10.31857/S0869803121020090. EDN GHZUQF.
27. Reddy C. P. K., Manikandavelu D., Arisekar U. [et al.] Toxicological effect of endocrine disrupting heavy metal (Pb) on Mekong silurid *Pangasius catfish*, *Pangasius hypophthalmus* // *Environmental Research*. 2023. Vol. 231. Pt. 1. P. 116033. DOI 10.1016/j.envres.2023.116033.
28. Kumar N., Thorat S. T., Chavhan S. R. Multifunctional role of dietary copper to regulate stress-responsive gene for mitigation of multiple stresses in *Pangasianodon hypophthalmus* // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Art. 2252. DOI 10.1038/s41598-024-51170-z.
29. Grishchenko L. I. *Sravnitel'naya patomorfologiya, voprosy patogeneza i diagnostika toksikozov i nekotorykh infekcionnykh bolezney ryb : avtoref. dis. ... d-ra veterin. nauk : 16.00.02 / FGOU VPO «Moskovskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny i biotekhnologii im. K. I. Skryabina»*. M., 2004. 36 s.
30. Nguyen T. H. V., Grushko M. P., Fedorova N. N., Chaplygin V. A. Structural Changes in Liver Histology in Common Killa *Clupeonella caspia* Svetovidov, 1941 under Anthropogenic Pressure // *Russian Journal of Marine Biology*. 2024. Vol. 50, No. 3. P. 169–174. DOI 10.1134/S1063074024700111. EDN MPCALZ.
31. Kumar N., Kumar P., Reddy K. S. Mitigating combined toxic effects of arsenic, ammonia, and high temperature through dietary Iron in fish // *Frontiers in Immunology*. 2026. Vol. 17. Art. 1733912. DOI 10.3389/fimmu.2026.1733912.
32. Kumar N., Thorat S. T., Gite A. [et al.] Nano-copper Enhances Gene Regulation of Non-specific Immunity and Antioxidative Status of Fish Reared Under Multiple Stresses // *Biological Trace Element Research*. 2023. Vol. 201, No. 10. P. 4926–4950. DOI 10.1007/s12011-023-03575-6.
33. Sahu V. K., Karmakar S., Kumar S. [et al.] Triclosan toxicity alters behavioral and hematological parameters and vital antioxidant and neurological enzymes in *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) // *Aquatic Toxicology*. 2018. Vol. 202. P. 145–152. DOI 10.1016/j.aquatox.2018.07.009.
34. Xie X., Zhang C., Zulfahmi I. [et al.] Fatty Liver in Fish: Metabolic Drivers, Molecular Pathways and Physiological Solutions // *Animals*. 2026. Vol. 16, Is. 2. P. 236. DOI 10.3390/ani16020236.
35. Strukov A. I., Serov V. V. *Patologicheskaya anatomiya : uchebnik dlya studentov medicinskih vuzov*. 5-e izd., ster. M. : Litterra, 2010. 846 s. ISBN 978-5-904090-26-5. EDN QLVNOT.

Сведения об авторах

Елена Евгеньевна Слынько – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией генетики и ПЦР-анализа, доцент кафедры биоэкологии и биологической безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 4927-5457.

Наталья Сергеевна Мурина – проректор по международной деятельности, трансферу технологий и коммерциализации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 5959-8857.

Варвара Николаевна Федорова – студент Института ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

Ман Ле Куанг – аспирант Института ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

Виктория Борисовна Смирнова – студент Института ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

Мария Павловна Грушко – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 3598-7835.

Андрей Анатольевич Руденко – доктор ветеринарных наук, доцент, профессор кафедры ветеринарной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 6403-6832.

Екатерина Михайловна Бесфамильная – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 8711-2711.

Эльза Анатольевна Шарыкина – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления бизнесом и сервисных технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 9492-6343.

Надежда Юрьевна Терпугова – ведущий специалист Департамента аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», spin-код: 5485-9250.

Юлия Владимировна Чеботарева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории популяционной биологии и генетики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, spin-код: 7288-2136.

Динь Ку Нгуен – кандидат биологических наук (Ph.D.), старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии, Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, Южное отделение.

Information about the authors

Elena E. Slynko – Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Laboratory of Genetics and PCR Analysis, Associate Professor of the Department of Bioecology and Biological Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 4927-5457.

Natalya S. Murina – Vice-Rector for International Affairs, Technology Transfer and Commercialization Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 5959-8857.

Varvara N. Fedorova – student of the Institute of Veterinary Medicine, Veterinary Sanitary Expertise and Agrosafety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University".

Man Le Quang – Postgraduate student of the Institute of Veterinary Medicine, Veterinary and Sanitary Expertise, and Agricultural Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University".

Victoriya B. Smirnova – student of the Institute of Veterinary Medicine, Veterinary and Sanitary Expertise, and Agricultural Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University".

Mariya P. Grushko – Doctor of Biological Sciences, Docent, Professor of the Department of Veterinary Medicine, Veterinary and Sanitary Expertise, and Agricultural Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 3598-7835.

Andrey A. Rudenko – Doctor of Veterinary Sciences, Docent, Professor of the Department of Veterinary Medicine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 6403-6832.

Ekaterina M. Besfamilnaya – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Automated Control Systems for Biotechnological Processes, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 8711-2711.

Elsa A. Sharykina – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Department of Business Management and Service Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 9492-6343.

Nadezhda Yu. Terpugova – Leading Specialist of the Department of Aquaculture, Russian Federal "Research Institute of Fisheries and Oceanography", spin-code: 5485-9250.

Yuliya V. Chebotareva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Population Biology and Genetics, Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, spin-code: 7288-2136.

Din Cu Nguyen – Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Senior Researcher at the Laboratory of Hydrobiology, Joint Russian-Vietnamese Tropical Scientific Research and Technological Center, Southern Branch.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



Научная статья
УДК 636.2.053:577.1
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.008

БЕЛКОВЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ И АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ПЕРЕАМИНИРОВАНИЯ ЧИСТОПОРОДНЫХ И ПОМЕСНЫХ БЫЧКОВ

В. И. Косилов¹, И. В. Миронова², С. Г. Исламова³, Р. М. Хабибуллин⁴, О. В. Крупина⁵

¹Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

^{2, 3, 4, 5}Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Валерьевна Миронова,
miromova_irina-v@mail.ru, ORCID 0000-0002-5948-9563

Реферат. Для обеспечения населения страны высококачественным мясом необходимо рационально использовать все имеющиеся породные ресурсы отрасли скотоводства. При этом наибольший эффект получается при использовании различного рода помесей. При интенсивном выращивании молодняка необходимо проводить мониторинг физиологического состояния животных при использовании гематологических тестов. Цель исследования – оценка влияния сезона года и генотипа бычков на белковый состав и активность трансаминаз. При выполнении экспериментальной части работы объектом исследования являлись чистопородные бычки калмыцкой породы (I группа), её помеси первого поколения с абердин-ангусами (1/2 калмыцкая х 1/2 абердин-ангусская – II группа) и герефордами (1/2 калмыцкая х 1/2 герефордская – III группа). Зимой (в феврале) и летом (в августе) у трёх бычков каждой подопытной группы была отобрана кровь. По общепринятым методикам был установлен белковый состав и активность ферментов переаминирования сыворотки крови чистопородных и помесных бычков. Установлено, что бычки I группы уступали сверстникам II и III групп по содержанию белка в сыворотке крови в зимний период года на 2,13 г/л (2,73%) и 3,30 г/л (4,23%), в летний сезон года – на 2,48 г/л (3,09%) и 4,49 г/л (5,59%). По концентрации альбуминов и глобулинов в сыворотке крови отмечались аналогичные межгрупповые различия. Установлено преимущество помесей над чистопородными сверстниками и по активности аминотрансфераз. В зимний период по активности АСТ оно было в пределах 11,59–22,46%, активности АЛТ – 25,35–39,44%. В летний сезон года преимущество помесей II и III групп над бычками I группы по величине анализируемых показателей составляло 18,00–22,00 и 26,92–30,77% соответственно. При этом в летний сезон, по сравнению с зимним периодом, показатели белкового состава сыворотки крови и активность аминотрансфераз у бычков всех генотипов повышались.

Ключевые слова: мясное скотоводство, бычки, калмыцкая порода, помеси с абердин-ангусами и герефордами, сыворотка крови, белковый состав, активность аминотрансфераз

PROTEIN COMPOSITION OF BLOOD SERUM AND ACTIVITY OF TRANSAMINATION ENZYMES IN PUREBRED AND MONGREL BULLS

V. I. Kosilov¹, I. V. Mironova², S. G. Islamova³, R. M. Khabibullin⁴, O. V. Krupina⁵

¹Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

^{2, 3, 4, 5}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

²Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Author responsible for the correspondence: Irina V. Mironova,
mironova_irina-v@mail.ru, ORCID 0000-0002-5948-9563

Abstract. To provide the country's population with high-quality meat, it is necessary to rationally use all available breed resources of the cattle breeding industry. At the same time, the greatest effect is obtained when using various kinds of crossbreeds. During intensive rearing of young animals, it is necessary to monitor the physiological state of the animals when using hematological tests. The purpose of the research was to assess the effect of the season of the year and the genotype of bulls on the protein composition and activity of transaminases. During the experimental part of the work, the object of the research was purebred bulls of the Kalmyk breed (group I), its first generation crossbreeds with Aberdeen Angus (1/2 Kalmyk x 1/2 Aberdeen Angus – group II) and Herefords (1/2 Kalmyk x 1/2 Hereford – group III). In winter (in February) and summer (in August), blood was taken from three bulls of each experimental group. According to generally accepted methods, the protein composition and activity of serum transamination enzymes of purebred and mongrel bulls were determined. It was found that bulls of group I were inferior to their herdmates of groups II and III in terms of protein content in blood serum in the winter period of the year by 2.13 g/L (2.73%) and 3.30 g/L (4.23%), in the summer season of the year – by 2.48 g/L (3.09%) and 4.49 g/L (5.59%). Similar intergroup differences were observed in the concentration

of albumins and globulins in the blood serum. The advantage of crossbreeds over purebred herdsmates has also been established in terms of the activity of aminotransferases. In winter, it was in the range of 11.59–22.46% of AST activity, and 25.35–39.44% of ALT activity. In the summer season of the year, the advantage of group II and III crossbreeds over group I bulls in terms of the analyzed indicators was 18.00–22.00 and 26.92–30.77%, respectively. At the same time, in the summer season, compared with the winter period, the indicators of the protein composition of blood serum and the activity of aminotransferases in bulls of all genotypes increased.

Keywords: beef cattle breeding, bulls, Kalmyk breed, crossbreeds with Aberdeen Angus and Herefords, blood serum, protein composition, aminotransferase activity

Введение. Основным направлением развития скотоводства в современных условиях является интенсификация производства мяса [1–3]. Это позволит добиться решения актуального вопроса по организации полноценного питания населения страны [4–6].

Основной задачей при этом является разработка и реализация программ рационального использования генетических ресурсов скотоводства на основе достижений зоотехнической науки [7–9].

В товарном скотоводстве основным методом разведения должно стать межпородное промышленное скрещивание. Эффективность этого метода обусловлена тем, что помесный молодняк вследствие проявления эффекта скрещивания отличается повышенным уровнем мясной продуктивности, что позволяет добиться большей эффективности при его реализации на мясоперерабатывающие предприятия [10–15].

При интенсивном выращивании молодняка на мясо необходимо периодически проводить мониторинг физиологического состояния животных. Для этого целесообразно использовать гематологические тесты [16–18].

В связи с этим целью нашего исследования являлось изучение влияния генотипа бычков и сезона года на белковый состав сыворотки крови и активность трансаминаз.

Материалы и методы исследования. При выполнении эксперимента объектом исследования являлись чистопородные бычки калмыцкой породы (I группа), её помеси первого поколения – ½ калмыцкая х ½ абердин-ангусская (II группа) и ½ калмыцкая х ½ герфодская (III группа). В зимний период (в феврале) и в летний сезон года (в августе) у трёх бычков из каждой группы отбирали кровь. По общепринятым методикам в

сыворотке крови определяли содержание общего белка, альбуминов, глобулинов, фракций глобулинов.

Активность аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) определяли по методу Райтмана-Френкеля, описанному В. Г. Колбом и В. С. Камышниковым (1982) [19].

Полученный экспериментальный материал обрабатывали методом вариационной статистики (Плохинский Н. А., 1970) [20]. Достоверность анализируемых показателей устанавливали при использовании критерия Стьюдента.

Результаты исследований. При выращивании на мясо, находясь в тех или иных условиях содержания, организм животного постоянно испытывает разнообразное влияние факторов внешней среды. При помощи механизмов адаптации организм пытается поддерживать гомеостаз.

Важнейшим интерьерным показателем, непосредственно связанным с процессом, характеризующим уровень общего обмена веществ и интенсивность окислительно-восстановительных процессов в организме, является белковый состав сыворотки крови. При этом следует иметь в виду, что белки находятся в постоянном обмене с белками тканей организма, имеют различные физико-химические и биологические свойства и выполняют различные функции.

Полученные нами данные свидетельствуют о влиянии сезона года на содержание общего белка и его фракций в сыворотке крови бычков (табл. 1).

Так, у чистопородных бычков I группы в летний период года содержание общего белка, по сравнению с зимним сезоном, повысилось на 2,32 г/л (2,97%), помесей II группы – на 2,48 г/л (3,09%), помесей III группы –

Таблица 1 – Белковый состав сыворотки крови бычков подопытных групп по сезонам года, г/л ($\bar{x} \pm S_x$)

Группа	Показатель					
	общий белок	альбумины	глобулины			
			всего	в том числе		
				α	β	γ
Зима						
I	78,01±2,12	37,04±1,43	41,97±1,51	8,93±0,68	13,02±0,70	20,02±1,08
II	80,14±2,23	39,12±1,58	41,02±1,60	9,94±0,70	11,66±0,74	19,42±1,12
III	82,31±2,40	41,23±1,62	40,08±1,62	10,02±0,72	10,15±0,78	19,91±1,13
Лето						
I	80,33±2,21	38,10±1,50	42,23±1,62	9,98±0,71	13,24±0,72	19,01±1,10
II	82,81±2,34	41,12±1,62	41,69±1,70	10,04±0,72	13,04±0,77	18,61±1,14
III	84,82±2,51	42,15±1,70	42,67±1,73	10,45±0,74	13,00±0,81	18,72±1,16

Таблица 2 – Активность ферментов переаминирования чистопородных и помесных бычков по сезонам года

Показатель	Группа					
	I		II		III	
	Значение показателя					
	x±Sx	Cv	x±Sx	Cv	x±Sx	Cv
Зима						
АСТ	1,38±0,35	1,88	1,54±0,38	1,96	1,69±0,42	2,02
АЛТ	0,71±0,08	1,38	0,89±0,10	1,42	0,99±0,12	1,50
АСТ/АЛТ	1,94	–	1,73	–	1,71	–
Лето						
АСТ	1,50±0,37	1,97	1,77±0,40	2,01	1,79±0,42	2,08
АЛТ	0,78±0,11	2,04	0,99±0,13	2,06	1,02±0,15	2,07
АСТ/АЛТ	1,79	–	1,69	–	1,70	–

на 2,51 г/л (3,05%). При этом помесный молодняк II и III групп во всех случаях отличался большей концентрацией общего белка в сыворотке крови, чем чистопородные сверстники I группы. Они уступали помесам II и III групп по величине анализируемого показателя в зимний период года, соответственно, на 2,13 г/л (2,73%, $P < 0,05$) и 4,30 г/л (5,51%, $P < 0,01$), а в летний сезон – на 2,48 г/л (3,09%, $P < 0,05$) и 4,49 г/л (5,59%, $P < 0,01$).

Характерно, что лидирующее положение по насыщенности сыворотки крови общим белком занимали помеси герефордской породы III группы. Они превосходили помесных сверстников абердин-ангусской породы II группы по этому показателю зимой на 2,17 г/л (2,71%, $P < 0,05$), летом – на 2,01 г/л (2,43%, $P < 0,05$).

Известно, что основными видами белков, принимающих участие в обмене веществ и регулирующих обменные процессы в организме, являются альбумины.

Установлено, что сезонная динамика содержания альбуминов в сыворотке крови и межгрупповые различия были такие же, как и у общего белка. Так, его концентрация у бычков I, II и III групп в летний период, по сравнению с зимним сезоном, повысилась на 0,06 г/л (0,16%), 2,00 г/л (5,11%), 0,92 г/л (2,23%) соответственно.

При этом бычки I группы уступали молодняку II и III групп по величине анализируемого показателя в зимний сезон года на 1,08 г/л (2,84%, $P < 0,05$) и 3,19 г/л (8,39%, $P < 0,05$), в летний период – на 3,02 г/л (7,93%, $P < 0,001$) и 4,05 г/л (10,63%, $P < 0,001$).

В свою очередь помеси II группы уступали помесным бычкам III группы по этому признаку на 2,11 г/л (5,39%, $P < 0,05$) и 1,03 г/л (2,50%, $P < 0,05$) соответственно.

Что касается глобулинов, то существенных, статистически достоверных межгрупповых различий как зимой, так и летом по их концентрации в сыворотке крови не отмечалось.

При этом по уровню α -глобулинов наблюдалась тенденция превосходства помесей II и III групп, а по содержанию β - и γ -глобулинов помесный молодняк достоверно уступал чистопородным сверстникам I группы.

В процессах обмена белков, протекающих в организме животных, большую роль играют ферменты пе-

реаминирования – аспаратаминотрансфераза и аланинаминотрансфераза, осуществляющие обратимый процесс переноса аминной группы аминокислот на кетокислоты.

Анализ сезонной динамики активности АСТ и АЛТ свидетельствует, что процессы переаминирования у бычков подопытных групп как зимой, так и летом находились на достаточно высоком уровне (табл. 2).

При этом отмечалось повышение их активности в летний период, по сравнению с зимним сезоном года, у бычков всех генотипов. Повышение активности АСТ у молодняка I, II и III групп составляло 8,70%, 14,93% и 8,28%, а АЛТ – на 9,86%, 11,24% и 10,10% соответственно.

При этом во всех случаях преимущество по активности трансаминаз было на стороне помесного молодняка. Достаточно отметить, что чистопородные бычки I группы уступали по активности АСТ помесным сверстникам II и III групп в зимний период на 11,59 и 22,46%, в летний сезон – на 18,00 и 26,00% соответственно. По активности АЛТ отмечались такие же межгрупповые различия. При этом зимой помеси II и III групп превосходили сверстников I группы по этому признаку на 25,35 и 39,44%, а летом – на 26,92 и 30,77%.

Лидирующее положение по активности аминотрансфераз занимали помеси III группы. Помесный молодняк II группы уступал им по активности АСТ и АЛТ в зимний период на 9,74 и 11,24%, а в летний сезон года – на 6,78 и 3,03% соответственно. По соотношению АСТ и АЛТ (индексу ДС Ритиса) преимущество было на стороне чистопородных бычков I группы.

Выводы.

1. Полученный экспериментальный материал свидетельствует об интенсивном течении обменных процессов в организме как чистопородного, так и помесного молодняка.

2. Помесные бычки вследствие проявления эффекта скрещивания отличались большей насыщенностью сыворотки крови общим белком, белковых фракций и интенсивностью аминотрансфераз.

3. Лидирующее положение по всем анализируемым признакам занимали помеси герефордской породы.

Список источников

1. Жаймышева С. С., Косилов В. И., Герасимова Т. Г., Бакаева Л. Н. Эффективность использования энергии питательных веществ рациона чистопородными и помесными бычками // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1 (65). С. 55–61. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.007. EDN TUUTNI.
2. Батанов С., Краснова О., Шахова Е., Сафин Р. Оценка качества мяса черно-пестрого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2009. № 4. С. 2–4. EDN KWQRBD.
3. Есенгалиев А. К., Мазуровский Л. З., Косилов В. И. Эффективность скрещивания казахского белоголового и мандолонгского скота // Молочное и мясное скотоводство. 1993. № 2-3. С. 15–17. EDN VSRTGD.
4. Хабибуллин И. М., Миронова И. В., Хабибуллин Р. М. [и др.] Эффективность использования адаптогенов различного происхождения на мясную продуктивность крупного рогатого скота // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 94–102. DOI 10.26897/0021-342X-2022-4-94-102. EDN DBMDSP.
5. Косилов В. И., Мироненко С. И., Салихов А. А., Литвинов К. С. Рациональное использование генетических ресурсов красного степного скота для производства говядины при чистопородном разведении и скрещивании. М. : Белый берег, 2010. 452 с. ISBN 978-5-98353-030-2. EDN QLBUX.
6. Тагиров Х. Х., Зубаирова Л. А., Вагапов И. Ф., Гайсина Р. А. Мясная продуктивность и качество мяса сверхремонтного молодняка при использовании новых кормовых добавок // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1 (65). С. 49–54. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.006. EDN GFAMTJ.
7. Косилов В. И., Буравов А. Ф., Салихов А. А. Особенности формирования мясной продуктивности молодняка симментальской и черно-пестрой пород. Оренбург : Издат. центр ОГАУ, 2006. 240 с. ISBN 5-88838-282-5. EDN QKXOPV.
8. Толочка В. В., Гармаев Д. Ц., Косилов В. И., Никонова Е. А. Весовой рост бычков калмыцкой породы разной линейной принадлежности в условиях Приморского края // Аграрный вестник Приморья. 2019. № 3 (15). С. 25–27. EDN CTPRDY.
9. Седых Т. А., Гизатуллин Р. С., Долматова И. Ю. [и др.] Полиморфизм гена соматотропного гормона в связи с качеством туш мясного скота // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 2. С. 53–57. DOI 10.31857/S2500-2627-2020-2-53-57. EDN KLUYDL.
10. Кулинцев В. В., Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А., Шевхужева Л. А. Эффективность выращивания и откорма бычков абердин-ангусской породы при разной интенсивности производства говядины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 278–280. EDN XYKVAT.
11. Никонова Е. А., Лукина М. Г., Губайдуллин Н. М. [и др.] Морфологический и сортовой состав туши чистопородного и помесного молодняка, полученного при скрещивании чёрно-пестрого скота с голштинами, симменталами и лимузинами разной доли кровности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 233–239. DOI 10.37670/2073-0853-2021-87-1-233-239. EDN YUPASO.
12. Гизатуллин Р. С., Седых Т. А., Салихов А. Р. Продуктивные качества бычков герефордской породы в зависимости от возраста реализации на мясо // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 2 (90). С. 55–60. EDN TZQSOR.
13. Отаров А. И. Хозяйственно-биологические особенности помесей абердин-ангусского и калмыцкого скота в условиях Кабардино-Балкарии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. № 5 (115). С. 244–248. DOI 10.37670/2073-0853-2025-115-5-244-248. EDN UGQAUU.
14. Карамеев С. В., Матару Х. С., Валитов Х. З., Карамеева А. С. Продуктивные качества молодняка мандолонгской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 1. С. 19–22. EDN XXIAPZ.
15. Заднепрятский И. П., Косилов В. И., Жаймышева С. С., Швынденков В. А. Особенности роста и развития бычков мясных, комбинированных пород и их помесей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 6 (38). С. 105–107. EDN PMWLIV.
16. Иргашев Т. А., Шамсов Э. С., Косилов В. И. [и др.] Мясная продуктивность и качество мяса бычков таджикской чёрно-пестрой породы при использовании в рационе кормления премикса Букача // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. № 6 (116). С. 240–245. DOI 10.37670/2073-0853-2025-116-6-240-245. EDN DIQDNX.
17. Юлдашбаев Ю. А., Косилов В. И., Кубатбеков Т. С. [и др.] Влияние генотипа бычков на морфологический состав туши // Аграрная наука. 2022. № 2. С. 43–46. DOI 10.32634/0869-8155-2022-356-2-43-46. EDN RVEXON.
18. Смакуев Д. Р., Хубиева З. К., Шевхужев А. Ф. Убойные качества и биохимические показатели крови бычков симментальской породы различных конституциональных типов при выращивании по технологии мясного скотоводства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 110–114. EDN SUCRCZ.
19. Колб В. Г., Камышников В. С. Справочник по клинической химии. 2-е изд. Минск, 1982. С. 127–128.
20. Плохинский Н. А. Биометрия. 2-е изд. М. : Изд-во Московского университета, 1970. 367 с.

References

1. Zhajmysheva S. S., Kosilov V. I., Gerasimova T. G., Bakaeva L. N. Effektivnost' ispol'zovaniya energii pitatel'nykh veshchestv raciona chistopородnymi i pomesnymi bychkami // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2024. № 1 (65). S. 55–61. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.007. EDN TUUTNI.
2. Batanov S., Krasnova O., Shakhova E., Safin R. Ocenka kachestva myasa cherno-pestrogo skota // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2009. № 4. S. 2–4. EDN KWQRBD.
3. Esengaliev A. K., Mazurovskij L. Z., Kosilov V. I. Effektivnost' skreshchivaniya kazahskogo belogolovogo i mandolongskogo skota // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 1993. № 2-3. S. 15–17. EDN VSRTGD.
4. Khabibullin I. M., Mironova I. V., Khabibullin R. M. [i dr.] Effektivnost' ispol'zovaniya adaptogenov razlichnogo proiskhozhdeniya na myasnuyu produktivnost' krupnogo rogatogo skota // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skhozaystvennoy akademii. 2022. № 4. S. 94–102. DOI 10.26897/0021-342X-2022-4-94-102. EDN DBMDSP.
5. Kosilov V. I., Mironenko S. I., Salikhov A. A., Litvinov K. S. Racional'noe ispol'zovanie geneticheskikh resursov krasnogo stepnogo skota dlya proizvodstva govyadiny pri chistopородnom razvedenii i skreshchivanii. M. : Belyj bereg, 2010. 452 s. ISBN 978-5-98353-030-2. EDN QLBUX.
6. Tagirov Kh. Kh., Zubairova L. A., Vagapov I. F., Gajsina R. A. Myasnaya produktivnost' i kachestvo myasa sverhremontnogo molodnyaka pri ispol'zovanii novykh kormovykh dobavok // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2024. № 1 (65). S. 49–54. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.006. EDN GFAMTJ.
7. Kosilov V. I., Buravov A. F., Salikhov A. A. Osobennosti formirovaniya myasnoj produktivnosti molodnyaka simmental'skoj i cherno-pestroj porod. Orenburg : Izdat. centr OGAU, 2006. 240 s. ISBN 5-88838-282-5. EDN QKXOPV.
8. Tolochka V. V., Garmaev D. Ts., Kosilov V. I., Nikonova E. A. Vesovoj rost bychkov kalmyckoj породы raznoj linejnoy prinadlezhnosti v usloviyah Primorskogo kraja // Agrarnyj vestnik Primor'ya. 2019. № 3 (15). S. 25–27. EDN CTPRDY.

9. Sedykh T. A., Gizatullin R. S., Dolmatova I. Yu. [i dr.] Polimorfizm gena somatotropnogo gormona v svyazi s kachestvom tush myasnogo skota // Rossijskaya sel'skhozozhaystvennaya nauka. 2020. № 2. S. 53-57. DOI 10.31857/S2500-2627-2020-2-53-57. EDN KLUYDL.
10. Kulintsev V. V., Shevkhezhev A. F., Pogodaev V. A., Shevkhezheva L. A. Effektivnost' vyrashchivaniya i otkorma bychkov aberdin-angusskoj porody pri raznoj intensivnosti proizvodstva govjadiny // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4 (72). S. 278–280. EDN XYKVAT.
11. Nikonova E. A., Lukina M. G., Gubajdullin N. M. [i dr.] Morfologicheskij i sortovoj sostav tushi chistoporodnogo i pomesnogo molodnyaka, poluchennogo pri skreshchivanii chorno-pyostrogogo skota s golshtinami, simmentalami i limuzinami raznoj doli krovnosti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 1 (87). S. 233–239. DOI 10.37670/2073-0853-2021-87-1-233-239. EDN YUPASO.
12. Gizatullin R. S., Sedykh T. A., Salikhov A. R. Produktivnye kachestva bychkov gerefordskoj porody v zavisimosti ot vozrasta realizacii na myaso // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2015. № 2 (90). S. 55–60. EDN TZQSOR.
13. Otarov A. I. Hozhaystvenno-biologicheskie osobennosti pomesej aberdin-angusskogo i kalmyckogo skota v usloviyah Kabardino-Balkarii // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. № 5 (115). S. 244–248. DOI 10.37670/2073-0853-2025-115-5-244-248. EDN UGQAUU.
14. Karamaev S. V., Mataru Kh. S., Valitov Kh. Z., Karamaeva A. S. Produktivnye kachestva molodnyaka mandolonskoj porody // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2017. № 1. S. 19–22. EDN XXIAPZ.
15. Zadneprianskij I. P., Kosilov V. I., Zhajmysheva S. S., Shvyndenkov V. A. Osobennosti rosta i razvitiya bychkov myasnyh, kombinirovannyh porod i ih pomesej // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 6 (38). S. 105–107. EDN PMWLIV.
16. Irgashev T. A., Shamsov E. S., Kosilov V. I. [i dr.] Myasnaya produktivnost' i kachestvo myasa bychkov tadzhikskoj chorno-pyostroj porody pri ispol'zovanii v racione kormleniya premiksa Bukacha // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. № 6 (116). S. 240–245. DOI 10.37670/2073-0853-2025-116-6-240-245. EDN DIQDNX.
17. Yuldashbaev Yu. A., Kosilov V. I., Kubatbekov T. S. [i dr.] Vliyanie genotipa bychkov na morfologicheskij sostav tushi // Agrarnaya nauka. 2022. № 2. S. 43–46. DOI 10.32634/0869-8155-2022-356-2-43-46. EDN RVEXON.
18. Smakuev D. R., Khubieva Z. K., Shevkhezhev A. F. Ubojnye kachestva i biohimicheskie pokazateli krovi bychkov simmental'skoj porody razlichnyh konstitucional'nyh tipov pri vyrashchivanii po tekhnologii myasnogo skotovodstva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 4 (48). S. 110–114. EDN SUCRCZ.
19. Kolb V. G., Kamyshnikov V. S. Spravochnik po klinicheskoy himii. 2-e izd. Minsk, 1982. S. 127–128.
20. Plokhinskij N. A. Biometriya. 2-e izd. M. : Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1970. 367 s.

Сведения об авторах

Владимир Иванович Косилов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», spin-код: 1802-6176.

Ирина Валерьевна Миронова – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии мясных, молочных продуктов и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»; заведующий кафедрой современных технологий пищевых индустрий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», spin-код: 7655-5831.

София Гиззатовна Исламова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 5953-1538.

Рузель Муллахметович Хабибуллин – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры, оздоровления и спорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 4751-9224.

Оксана Васильевна Крупина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры технологии мясных, молочных продуктов и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 5463-3664.

Information about the authors

Vladimir I. Kosilov – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational University of Higher Education "Orenburg State Agrarian University", spin-code: 1802-6176.

Irina V. Mironova – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University"; Head of the Department of Modern Technologies of Food Industries, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Petroleum Technological University", spin-code: 7655-5831.

Sofiya G. Islamova – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Department of Beekeeping, Private Animal Science and Animal Breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 5953-1538.

Ruzel M. Khabibullin – Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Department of Physical Culture, Wellness and Sports, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 4751-9224.

Oksana V. Krupina – Candidate of Agricultural Sciences, Senior lecturer of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 5463-3664.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
 УДК 636.2:612.115:637.144.4
 doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.009

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КОРОВ-ПЕРВОТЁЛОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНЕ УГЛЕВОДНО-ПИТАТЕЛЬНОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ СУХОЙ ПАТОКИ ПО СЕЗОНАМ ГОДА

**И. В. Миронова¹, Э. Е. Давлетшин², Р. М. Хабибуллин³, О. В. Крупина⁴,
 А. М. Калимуллин⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Валерьевна Миронова,
 mironova_irina-v@mail.ru, ORCID 0000-0002-5948-9563

Реферат. В статье представлены результаты исследования влияния углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки на гематологические показатели коров-первотёлок. Исследования проводились на 40 животных, разделённых на 4 группы (по 10 голов): I – контрольная, II, III и IV – опытные, получавшие смесь в дозах 0,5 кг, 1,0 кг и 1,5 кг соответственно. Анализ крови проводился весной и осенью на гематологическом анализаторе марки «ГЕМА 8-01-Астра». Отбор образцов производили из яремной вены трёх животных из группы в утренние часы. В ходе исследования было установлено, что содержание эритроцитов в крови опытных групп было выше, чем в контрольной: весной – на 3,06%, 5,10% и 4,76%, осенью – на 3,28%, 6,05% и 5,71% соответственно. Содержание лейкоцитов в контрольной группе весной составляло $8,32 \times 10^9/\text{л}$, что было выше, чем у опытных групп, на 1,08–2,40%. Осенью этот показатель в контроле был $7,34 \times 10^9/\text{л}$, превышая значения опытных групп на 1,22–2,45%. По содержанию гемоглобина наблюдалась аналогичная динамика: опытные группы превосходили контроль. Минеральный состав крови также изменился: содержание кальция в сыворотке крови осенью, по сравнению с весной, увеличилось в I группе на 2,77%, во II группе – на 1,52%, в III группе – на 0,36%, в IV группе – на 1,11%. Содержание фосфора возросло на 3,30%, 3,70%, 3,19% и 2,73% соответственно. Таким образом, использование углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки способствует улучшению гематологических показателей и поддержанию минерального обмена у коров-первотёлок. Эффективность добавки подтверждается статистически значимым увеличением ключевых показателей крови у опытных животных по сравнению с контролем. Таким образом, углеводно-питательная смесь на основе сухой патоки является эффективной кормовой добавкой, способствующей оптимизации метаболизма, поддержанию гомеостаза и повышению адаптационного потенциала организма коров-первотёлок к сезонным стресс-факторам.

Ключевые слова: коровы-первотёлки, эритроциты, лейкоциты, гемоглобин, каротин, кальций, фосфор, сезон года

HEMATOLOGICAL BLOOD PARAMETERS OF FIRST-CALF HEIFERS WHEN USING CARBOHYDRATE-NUTRIENT MIXTURE BASED ON DRY MOLASSES IN THE DIET BY SEASONS OF THE YEAR

**Irina V. Mironova¹, Eduard E. Davletshin², Ruzel M. Khabibullin³, Oksana V. Krupina⁴,
 Azamat M. Kalimullin⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

¹Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Author responsible for the correspondence: Irina V. Mironova,
 mironova_irina-v@mail.ru, ORCID 0000-0002-5948-9563

Abstract. The article presents the results of a study of the effect of a carbohydrate-nutrient mixture based on dry molasses on the hematological parameters of first-calf heifers. The researches were conducted on 40 animals divided into 4 groups (10 heads each): I – control, II, III and IV – experimental, receiving a mixture in doses of 0.5 kg, 1.0 kg and 1.5 kg, respectively. The blood test was carried out in spring and autumn using a hematology analyzer of the "GEMA 8-01-Astra" brand. Samples were taken from the jugular vein of three animals from the group in the morning hours. In the course of the study, it was found that the content of red blood cells in the blood of the experimental groups was higher than in the control: in spring – by 3.06%, 5.10% and 4.76%, in autumn – by 3.28%, 6.05% and 5.71%, respectively. The white blood

cell content in the control group in the spring was $8.32 \times 10^9/l$, which was 1.08–2.40% higher than in the experimental groups. In autumn, this indicator in the control was $7.34 \times 10^9/L$, exceeding the values of the experimental groups by 1.22–2.45%. Similar dynamics was observed in terms of hemoglobin content: the experimental groups exceeded the control. The mineral composition of blood also changed: the calcium content in blood serum in autumn, compared to spring, increased by 2.77% in group I, by 1.52% in group II, by 0.36% in group III, by 1.11% in group IV. Phosphorus content increased by 3.30%, 3.70%, 3.19% and 2.73%, respectively. Thus, the use of a carbohydrate-nutrient mixture based on dry molasses helps to improve hematological parameters and maintain mineral metabolism in first-calf heifers. The effectiveness of the supplement is confirmed by a statistically significant increase in key blood parameters in experimental animals compared to controls. Thus, a carbohydrate-nutrient mixture based on dry molasses is an effective feed additive that helps optimize metabolism, maintain homeostasis and increase the adaptive potential of the body of first-calf heifers to seasonal stress factors.

Keywords: *first-calf heifers, erythrocytes, leukocytes, hemoglobin, carotene, calcium, phosphorus, season*

Введение. Обеспечение высокой продуктивности и сохранение здоровья коров-первотёлок – одна из ключевых задач современного молочного скотоводства. В период раздоя и интенсивной лактации организм животного испытывает значительные метаболические нагрузки, что требует особого подхода к организации кормления. Энергетический баланс рациона напрямую влияет на физиологическое состояние, обмен веществ и, как следствие, на гематологические показатели крови, которые служат объективными индикаторами здоровья и адаптационных возможностей организма [1–3].

В последние годы в качестве эффективной энергетической добавки в рационы высокопродуктивного скота всё шире применяются углеводно-питательные смеси на основе сухой патоки. Сухая патока отличается высокой концентрацией легкопереваримых углеводов, что способствует поддержанию оптимального уровня глюкозы в крови, профилактике кетоза и других нарушений обмена веществ [4–6].

Вместе с тем физиологические процессы в организме животных подвержены сезонным колебаниям. Изменения условий содержания, качества кормов и температурного режима в весенний и осенний периоды могут оказывать существенное влияние на морфологический и биохимический состав крови [7–9].

Целью настоящей работы является изучение гематологических показателей крови коров-первотёлок при включении в рацион углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки с учётом сезонности. Задачи исследования включают сравнительный анализ содержания эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина и минерального состава крови у животных контрольной и опытных групп в весенний и осенний периоды для оценки эффективности использования данной кормовой добавки.

Материалы и методы исследований. Исследование, проведённое на базе сельскохозяйственного потребительского перерабатывающего сбытового кооператива «Тулгуз» Аскинского района Республики Башкортостан, представляет собой научный эксперимент, направленный на изучение влияния углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки на гематологические показатели крови коров-первотёлок по сезонам года. Исследование проводилось с марта по декабрь 2025 года и включало в себя животных контрольной и трёх опытных групп, каждая из которых по-

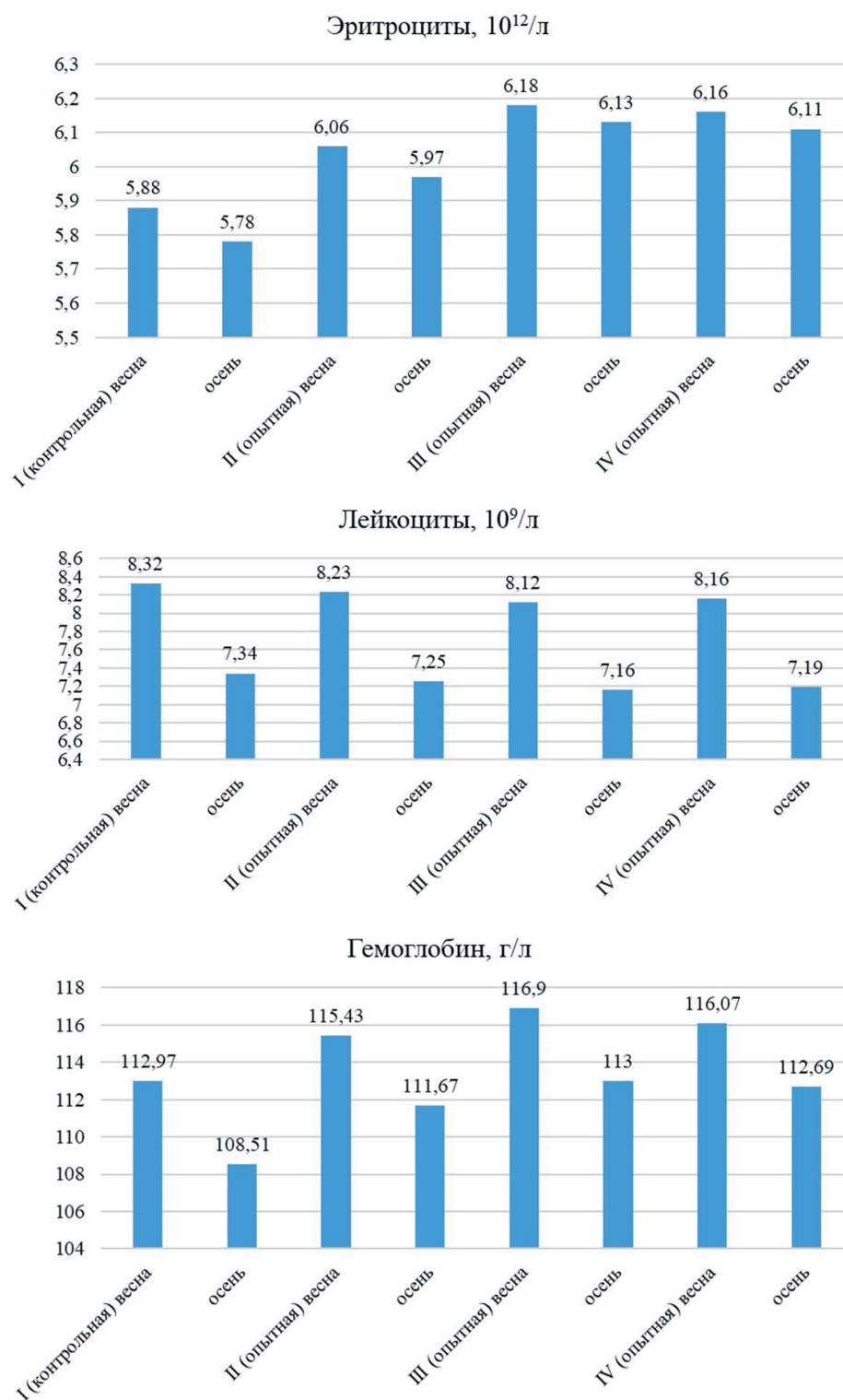
лучала углеводно-питательную смесь на основе сухой патоки в разных дозировках. Группы формировались по принципу аналогов по 40 голов, то есть животные были подобраны с близкими характеристиками, такими как порода, возраст, масса тела и общее состояние здоровья. Количество вносимой смеси на основе сухой патоки варьировалось в зависимости от группы: II группа получала 0,5 кг, III группа – 1,0 кг, IV группа – 1,5 кг. Рационы кормления составлены по детализированным нормам с использованием специализированной программы, позволяющей точно балансировать компоненты кормов в зависимости от фазы лактации, состояния здоровья и продуктивности животных. Анализ крови проводился весной и осенью на гематологическом анализаторе марки «ГЕМА 8-01-Астра». Отбор образцов производили из яремной вены трёх животных из группы в утренние часы.

Все полученные в результате эксперимента данные проходили обработку методом математико-статистического анализа с применением таблицы Стьюдента для установления доверительных интервалов и вероятностных уровней.

Работы выполнялись в полном соответствии с установленными нормами и правилами обращения с животными, утверждёнными государственными органами России («Russian Regulations») и международными организациями («Washington»). Основной задачей являлось свести к минимуму любые неудобства и негативные последствия для животных, участвовавших в испытаниях.

Результаты исследования. Кровь представляет собой внутреннюю среду организма животного, которая выполняет ключевые физиологические функции. Хотя её состав характеризуется относительным постоянством, он может изменяться под воздействием различных факторов [10]. Это подтверждается результатами нашего мониторинга, в ходе которого были зафиксированы сезонные колебания показателей крови. Осенью наблюдалось снижение количества эритроцитов, лейкоцитов и уровня гемоглобина по сравнению с весенним периодом (рис. 1).

Известно, что эритроциты отражают интенсивность окислительно-восстановительных процессов и кислородную ёмкость крови. Исследованиями установлено, что количество эритроцитов осенью, по сравнению с весенним периодом, снизилось у коров I (контроль-

Рисунок 1 – Морфологические показатели крови коров-первотёлок ($n = 3$)

ной) группы на 1,73%, II (опытной) – на 1,51%, III и IV (опытных) – на 0,82%. Можно отметить, что у коров III и IV опытных групп снижение количества эритроцитов в крови было менее выраженным по сравнению со сверстницами I (контрольной) группы. Это говорит о лучшей устойчивости организма опытных животных к сезонным стрессам.

Лейкоциты отвечают за иммунную защиту организма. Их уровень может повышаться при воспалениях или

стрессах. Анализ влияния сезона года на содержание лейкоцитов в крови свидетельствует о такой же динамике, что и по количеству эритроцитов. Величина анализируемого показателя у коров-первотёлок I (контрольной) группы в осенний период стала ниже, по сравнению с весенним, на 13,35%, у сверстниц II (опытной) группы – на 13,51%, III (опытной) группы – на 13,40% и IV (опытной) группы – на 13,49%. Это свидетельствовало о том, что в холодный период у коров-первотёлок активизиро-

вались защитные реакции организма в ответ на воздействие неблагоприятных факторов внешней среды.

Гемоглобин – ключевой показатель для оценки обеспеченности организма кислородом. При изучении влияния сезона года на содержание гемоглобина в крови выявлено, что величина анализируемого показателя у коров I (контрольной) группы в осенний период снизилась, по сравнению с весенним сезоном года, на 4,11%, II (опытной) группы – на 3,36%, III (опытной) группы – на 3,45% и IV (опытной) группы – на 2,99% соответственно.

Межгрупповой анализ морфологического состава крови подтвердил влияние углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки на его показатели в опытных группах. Так, в весенний период года коровы-первотёлки I (контрольной) группы уступали сверстницам II, III и IV (опытных) групп по количеству эритроцитов в крови на 3,06%, 5,10%, 4,76% соответственно, осенью – на 3,28%, 6,05% и 5,71%. Это свидетельствует о более интенсивном эритропоэзе и лучшем снабжении тканей кислородом у животных, получавших углеводно-питательную смесь.

Содержание лейкоцитов в крови коров-первотёлок I (контрольной) группы в весенний период составляло $8,32 \times 10^9/\text{л}$, что выше, чем во II, III и IV опытных группах – на 1,08%, 2,40% и 1,92% соответственно. В осенний период года отмечалась аналогичная картина. Так, содержание лейкоцитов в крови коров I (контрольной) группы составило $7,34 \times 10^9/\text{л}$, что выше, чем в опытных группах, на 1,22%, 2,45% и 2,04% соответственно. Снижение уровня лейкоцитов при сохранении продуктивности и здоровья свидетельствует о меньшем уровне физиологического стресса у животных опытных групп.

Межгрупповое распределение по количеству эритроцитов было аналогичным. Достаточно отметить, что величина анализируемого показателя у коров-первотёлок I (контрольной) группы в весенний период было ниже, по сравнению с опытными сверстницами II группы, на 2,17%, III группы – на 3,47% и IV группы – на 2,74% соответственно. В осенний период у животных II (опытной) группы данный показатель был выше, чем у

сверстниц I (контрольной) группы, на 2,91%, III (опытной) группы – на 4,13% и IV (опытной) группы – на 3,85% соответственно. Это коррелирует с данными по эритроцитам и подтверждает более высокий уровень оксигенации тканей.

Сравнительный анализ морфологического состава крови коров-первотёлок показал высокую эффективность использования углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки.

Введение добавки в рацион способствует:

- стимуляции эритропоэза: у животных опытных групп наблюдалось достоверное увеличение содержания эритроцитов и гемоглобина, по сравнению с контролем, как весной (+3...5%), так и осенью (+5...6%);
- снижению физиологического стресса: уровень лейкоцитов в опытных группах был ниже на протяжении всего эксперимента;
- повышению адаптационных возможностей: опытные животные демонстрировали меньшее сезонное снижение ключевых показателей крови осенью и лучшую стабильность гомеостаза.

Все изученные показатели в опытных группах находились в пределах физиологической нормы или превышали её. Полученные данные подтверждают целесообразность использования углеводно-питательной смеси в качестве энергетической добавки для поддержания гематологического статуса и повышения устойчивости организма коров-первотёлок к сезонным изменениям.

Минеральный состав крови служит важным индикатором обменных процессов в организме животных и отражает сбалансированность их рационов [11]. Проведённый анализ показал, что содержание кальция и фосфора в сыворотке крови изменялось в зависимости от сезона года. Осенью уровень кальция повышался, по сравнению с весенним сезоном, а количество фосфора, напротив, снижалось (рис. 2).

Так, у коров-первотёлок I (контрольной) группы содержание кальция в сыворотке крови осенью, по сравнению с весенним сезоном года, увеличилось на 2,77%, II (опытной) группы – на 1,52%, III (опытной) группы – на 0,36%, IV (опытной) группы – на 1,11%, а количе-

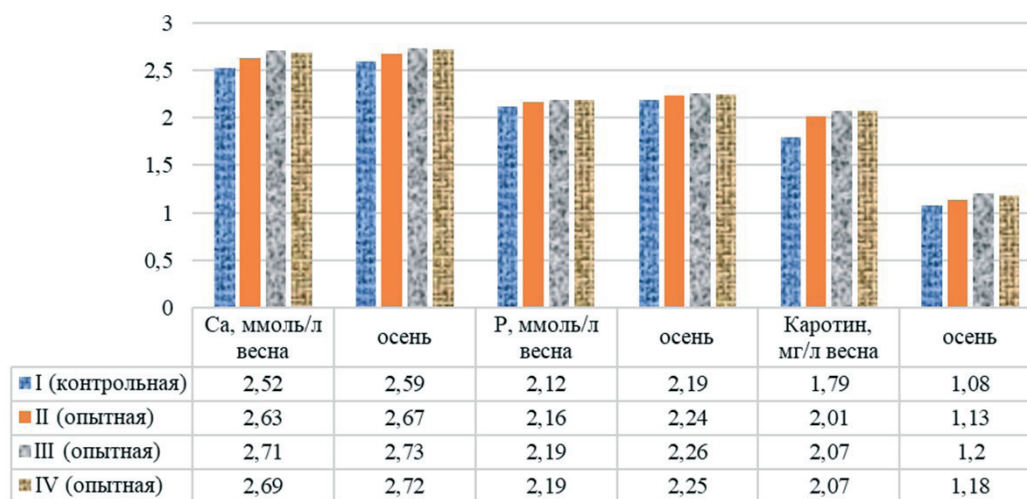


Рисунок 2 – Минеральный и витаминный состав крови коров-первотёлок

ство фосфора в сыворотке крови увеличилось на 3,30%, 3,70%, 3,19% и 2,73% соответственно.

По концентрации каротина в сыворотке крови коров в осенний период года наблюдается уменьшение по сравнению с весенним периодом. Выявленные сезонные изменения уровня кальция, фосфора и витамина А в сыворотке крови коров опытных групп связаны с переходом с весеннего на осенний рацион кормления.

В весенний период наблюдается устойчивый рост содержания кальция в крови коров по мере увеличения дозы углеводно-питательной смеси. Так, у животных II (опытной) группы увеличение содержания кальция повысилось относительно контрольных аналогов в весенний период на 0,11 ммоль/л (4,37%), III (опытной) группы – на 0,19 ммоль/л (7,54%), IV (опытной) группы – на 0,17 ммоль/л (6,75%). Осенью тенденция к росту кальция в опытных группах сохранилась, а межгрупповая разница составила 0,08 ммоль/л (3,09%), 0,14 ммоль/л (5,41%) и 0,13 ммоль/л (5,02%).

Динамика по фосфору менее выражена, но также прослеживается тенденция к росту в опытных группах весной – на 0,04–0,07 ммоль/л (1,89–3,30%), осенью – на 0,05–0,07 ммоль/л (2,28–3,20%).

Наиболее заметный положительный эффект от введения смеси наблюдается по содержанию каротина.

В опытных группах его уровень значительно выше. В весенний период разница в опытных группах, в сравнении с контролем, составляла 0,22–0,28 мг/л (12,29–15,64%), осенью – 0,05–0,12 мг/л (4,63–11,11%).

Таким образом, сравнительный анализ показал, что введение углеводно-питательной смеси на основе сухой патоки способствует увеличению содержания кальция и фосфора в крови коров-первотелок по сравнению с контролем. Наиболее выраженный положительный эффект наблюдается по показателю каротина: в опытных группах его уровень был выше на 12–16% весной и на 5–11% – осенью, что свидетельствует о лучшем обеспечении животных провитамином А.

Сезонный фактор оказывает значительное влияние: осенью содержание каротина снижается у всех животных. Однако опытные группы демонстрируют лучшую адаптацию к осеннему периоду за счёт более высокого уровня этого витамина в крови.

Выводы. Полученные данные указывают на влияние времени года и сухой патоки на гематологические показатели. Осенью, по сравнению с весной, отмечается снижение количества эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина и каротина в крови. В то же время содержание кальция и фосфора в крови коров осенью было выше, чем весной.

Список источников

1. Тагиров Х. Х., Гайфуллина А. Р., Калимуллин А. М. Влияние сенажа с биоконсервантом «Лаксил» на молочную продуктивность коров // Вестник АПК Верхневолжья. 2025. № 1 (69). С. 18–22. DOI 10.35694/YARCX.2025.69.1.003. EDN GGSJOM.
2. Крупина О. В., Миронова И. В., Хабибуллин Р. М. [и др.] Влияние адаптогенов на состав и свойства молока коров-первотелок // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 288–294. DOI 10.37670/2073-0853-2023-99-1-288-294. EDN LPJSGX.
3. Гостева Е. Р., Козлова Н. Н., Улимбашев М. Б. Оценка молока коров разного генотипа по технологическим и качественным показателям // Аграрная Россия. 2018. № 6. С. 25–28. DOI 10.30906/1999-5636-2018-6-25-28. EDN XUOEWT.
4. Мансуров А. П., Булатов С. Ю., Сизова Ю. В., Нечаев В. Н. Производство зерновой патоки // Кормопроизводство. 2020. № 6. С. 43–48. EDN CPHUTP.
5. Буряков Н. П. Роль побочной продукции свеклосахарного производства в углеводном питании животных // Сахар. 2023. № 12. С. 44–51. DOI 10.24412/2413-5518-2023-12-44-51. EDN IZKYKN.
6. Есаулова Л. А., Кудинова Н. А. Некоторые кормовые факторы, влияющие на повышение экономической эффективности в молочном животноводстве // АгроЗооТехника. 2024. Т. 7, № 1. DOI 10.15838/alt.2024.7.1.1. EDN ZJCTRK.
7. Кузнецов А. И., Смолякова Н. П., Лыкасова И. А. [и др.] Влияние стрессовой чувствительности коров на химический состав молока // АПК России. 2020. Т. 27, № 4. С. 696–705. EDN XNVPSV.
8. Сермягин А. А., Контэ А. Ф., Недашковский И. С., Боголюбова Н. В. Лактационные и сезонные изменения гематологических показателей коров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2026. № 1 (85). С. 359–374. DOI 10.32786/2071-9485-2026-01-38. EDN YCLPQU.
9. Плешков А. В., Миронова И. В., Нигматьянов А. А. [и др.] Биохимические показатели крови коров при скармлировании энергетической добавки Танрем // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 213–216. DOI 10.37670/2073-0853-2021-88-2-213-216. EDN QQUEIW.
10. Сабитов М. Т., Фархутдинова А. Р., Маликова М. Г., Кармацких Ю. А. Влияние комплексной кормовой добавки на морфологические и биохимические показатели крови первотелок в период раздоя // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 11 (196). С. 31–39. DOI 10.33920/sel-05-2111-04. EDN ZXVJLL.
11. Руколь С. А. Показатели минерального состава крови коров при скармлировании разных доз пропиленгликоля // Зоотехническая наука Беларуси. 2006. Т. 41. С. 326–330. EDN XSHTBL.

References

1. Tagirov Kh. Kh., Gajfullina A. R., Kalimullin A. M. Vliyaniye senazha s biokonservantom «Laksil» na molochnuyu produktivnost' korov // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2025. № 1 (69). S. 18–22. DOI 10.35694/YARCX.2025.69.1.003. EDN GGSJOM.
2. Krupina O. V., Mironova I. V., Khabibullin R. M. [i dr.] Vliyaniye adaptoginov na sostav i svojstva moloka korov-pervotyolok // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 1 (99). S. 288–294. DOI 10.37670/2073-0853-2023-99-1-288-294. EDN LPJSGX.
3. Gosteva E. R., Kozlova N. N., Ulimbashev M. B. Ocenka moloka korov raznogo genotipa po tekhnologicheskim i kachestvennym pokazatelyam // Agrarnaya Rossiya. 2018. № 6. S. 25–28. DOI 10.30906/1999-5636-2018-6-25-28. EDN XUOEWT.
4. Mansurov A. P., Bulatov S. Yu., Sizova Yu. V., Nechaev V. N. Proizvodstvo zernovoy patoki // Kormoproizvodstvo. 2020. № 6. S. 43–48. EDN CPHUTP.
5. Buryakov N. P. Rol' pobochnoj produktsii sveklisaharnogo proizvodstva v uglevodnom pitanii zhivotnyh // Sahar. 2023. № 12. S. 44–51. DOI 10.24412/2413-5518-2023-12-44-51. EDN IZKYKN.

6. Esaulova L. A., Kudina N. A. Nekotorye kormovye faktory, vliyayushchie na povyshenie ekonomicheskoy effektivnosti v molochnom zhivotnovodstve // AgroZooTekhnika. 2024. T. 7, № 1. DOI 10.15838/alt.2024.7.1.1. EDN ZJCTRK.
7. Kuznetsov A. I., Smolyakova N. P., Lykasova I. A. [i dr.] Vliyanie stressovoy chuvstvitel'nosti korov na himicheskij sostav moloka // APK Rossii. 2020. T. 27, № 4. S. 696–705. EDN XNVPSV.
8. Sermyagin A. A., Konte A. F., Nedashkovskij I. S., Bogolyubova N. V. Laktacionnye i sezonnye izmeneniya gematologicheskikh pokazatelej korov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2026. № 1 (85). S. 359–374. DOI 10.32786/2071-9485-2026-01-38. EDN YCLPQU.
9. Pleshkov A. V., Mironova I. V., Nigmat'yanov A. A. [i dr.] Biohimicheskie pokazateli krovi korov pri skarmliivanii energeticheskoy dobavki Tanrem // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 2 (88). S. 213–216. DOI 10.37670/2073-0853-2021-88-2-213-216. EDN QQUEIW.
10. Sabitov M. T., Farkhutdinova A. R., Malikova M. G., Karmatskikh Yu. A. Vliyanie kompleksnoj kormovoj dobavki na morfologicheskie i biohimicheskie pokazateli krovi pervotelok v period razdoya // Kormlenie sel'skhozaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2021. № 11 (196). S. 31–39. DOI 10.33920/sel-05-2111-04. EDN ZXVJLL.
11. Rukol' S. A. Pokazateli mineral'nogo sostava krovi korov pri skarmliivanii raznykh doz propilenglikolya // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2006. T. 41. S. 326–330. EDN XSHTBL.

Сведения об авторах

Ирина Валерьевна Миронова – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии мясных, молочных продуктов и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»; заведующий кафедрой современных технологий пищевых индустрий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», spin-код: 7655-5831.

Эдуард Евгеньевич Давлетшин – аспирант кафедры технологии мясных, молочных продуктов и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет».

Рузель Муллахметович Хабибуллин – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры, оздоровления и спорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 4751-9224.

Оксана Васильевна Крупина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры технологии мясных, молочных продуктов и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 5463-3664.

Азамат Минигалиевич Калимуллин – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и технологического оборудования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 2902-6625.

Information about the authors

Irina V. Mironova – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University"; Head of the Department of Modern Technologies of Food Industries, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Petroleum Technological University", spin-code: 7655-5831.

Eduard E. Davletshin – Postgraduate student of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University".

Ruzel M. Khabibullin – Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Physical Culture, Wellness and Sports, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 4751-9224.

Oksana V. Krupina – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 5463-3664.

Azamat M. Kalimullin – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Life Safety and Technological Equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 2902-6625.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
УДК 638.12:591
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.010

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНТЕРЬЕРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧИХ ПЧЁЛ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЗИМОВКЕ

Озман Алзибо¹, Светлана Николаевна Храпова², Альфир Габдуллович Маннапов³

^{1, 2, 3}Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

¹althebo2343@gmail.com

²kharpova@rgau-msha.ru, ORCID 0000-0002-1808-2302

³54alfir@mail.ru, ORCID 0000-0002-5093-9740

Реферат. Подготовка пчелиных семей к зимовке является ключевым фактором, определяющим их сохранность и ранневесеннюю продуктивность. В исследовании изучены биологические и интерьерные показатели рабочих пчёл осенней генерации 45-й линии карпатской породы и помесных семей при применении различных схем стимулирующей подкормки. Эксперимент проведён в 2023–2025 гг. на учебно-опытной пасеке ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Сформировано 6 групп по 5 семей в каждой породе (всего 60 семей), получавших сахарный сироп, медовое сыто, хлористый кобальт, пребиотик «Нэнни 2» и их комбинации. Оценивали массу пчёл, степень развития глоточных желёз и жирового тела, а также содержание личиночного молочка в ячейках с трёхсуточными личинками. Установлено статистически значимое превосходство карпатских пчёл по всем изучаемым параметрам. Наиболее эффективными оказались схемы с медовым сытом и хлористым кобальтом, а также сахарным сиропом с пребиотиком и кобальтом: прирост массы пчёл достиг 11,2%, развитие жирового тела увеличилось на 37,3–40,6%, секреторная активность глоточных желёз сохранялась на высоком уровне до конца осени. Помесные семьи показали сниженную отзывчивость на биохимическую стимуляцию и менее стабильный метаболизм. Результаты обосновывают использование 45-й линии карпатской породы в селекционных программах на зимостойкость, а разработанные рационы рекомендованы для целенаправленной физиологической подготовки пчёл к зимовке.

Ключевые слова: пчеловодство, карпатская порода, осенняя генерация, жировое тело, глоточные железы, стимулирующая подкормка, хлористый кобальт, пребиотик

BIOLOGICAL AND INTERIOR INDICATORS OF WORKER BEES IN PREPARATION FOR WINTERING

Ozman Alzibo¹, Svetlana N. Kharpova², Alfir G. Mannapov³

^{1, 2, 3}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russia

¹althebo2343@gmail.com

²kharpova@rgau-msha.ru, ORCID 0000-0002-1808-2302

³54alfir@mail.ru, ORCID 0000-0002-5093-9740

Abstract. The preparation of bee families for wintering is a key factor determining their survival and early spring productivity. The biological and morphological parameters of working bees of the autumn generation from the 45th line of the Carpathian breed and hybrid families when using various stimulative feeding schemes were studied in the research. The experiment was carried out in 2023–2025 at the educational and experimental apiary of the FSBEI HE RSAU – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. 6 groups of 5 families in each breed (60 families in total) were formed, received sugar syrup, honey syrup, cobalt chloride, the prebiotic "Nanny 2" and their combinations. The weight of bees, the degree of development of pharyngeal glands and fat body, as well as the royal jelly content in cells with three-day-old larvae were evaluated. A statistically significant superiority of Carpathian bees in all studied parameters was established. The most effective schemes were with honey syrup and cobalt chloride, as well as sugar syrup with prebiotic and cobalt: the gain in bee weight reached 11.2%, the development of fat body increased by 37.3–40.6%, the secretory activity of pharyngeal glands remained at a high level until the end of autumn. Crossbreed families showed reduced responsiveness to biochemical stimulation and less stable metabolism. The findings justify the use of the 45th line of the Carpathian breed in breeding programs for winter hardiness, and the developed diets are recommended for targeted physiological preparation of bees for wintering.

Keywords: beekeeping, Carpathian bees, autumn generation, fat body, pharyngeal glands, stimulative feeding, cobalt chloride, prebiotic

Введение. Успешная перезимовка пчелиных семей остаётся ключевым фактором, определяющим экономическую эффективность и устойчивость пчеловодства в условиях умеренно-континентального климата центральной полосы России. Именно осенний период подготовки задаёт физиологический статус зимующей генерации рабочих особей, жизнеспособность маток и скорость весеннего наращивания силы семей, что напрямую влияет на медовую продуктивность и опылительную деятельность пасек. В ответ на современные зоотехнические и климатические вызовы селекционерами РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева совместно с матководами пчелопитомника «Ставропольский» и пчелоколхоза «Кисловодский» Ставропольского края выведено и поддерживается в чистоте семь линий карпатской пчелы: 39-я, 45-я, 47-я, 54-я, 57-я, 136-я, 137-я [1; 2]. Формирование однопородных массивов на основе линейного разведения обеспечивает генетическое единство популяции при сохранении разнообразия комбинаций, что стабилизирует ценные хозяйственно полезные признаки в пределах породных стандартов. Особый производственный интерес представляют 45-я линия, отличающаяся высокой зимостойкостью, миролюбием и медопродуктивностью при интродукции в центральные регионы, а также 54-я линия, аттестованная как тип «Московский» и рекомендованная для опыления трудноопыляемых культур открытого и защищённого грунта, репродукции маток и формирования сверххранних пакетов [1; 3]. Несмотря на наличие генетически ценного материала, в последние десятилетия отмечается устойчивая тенденция к снижению зимостойкости помесных популяций. Данное явление обусловлено неконтролируемым межпородным скрещиванием, нарушением принципов чистопородного разведения и ослаблением селекционного контроля [3–6]. Ключевым звеном сохранения адаптивного потенциала остаётся качественная осенняя подготовка, включающая формирование физиологически полноценной генерации пчёл, накопление эндогенных резервов, оптимизацию кормовой базы и правильную архитектуру зимнего гнезда. Традиционные подходы к осенним подкормкам, базирующиеся преимущественно на сахарном сиропе, не обеспечивают сбалансированного поступления микроэлементов и биоактивных веществ, необходимых для синтеза резервных соединений. Медовое сыто, напротив, обогащено ферментами, витаминами и фитонцидами, стимулирующими углеводный обмен и снижающими нагрузку на пищеварительную систему, однако его применение сопряжено с риском заноса инфекций при недостаточном контроле качества сырья [1–3; 5–14].

В связи с этим возрастает научная и производственная потребность в разработке дифференцированных схем осенней стимуляции, сочетающих углеводные корма с функциональными добавками. Перспективным направлением является комплексное использование пребиотика «Нэнни 2» и хлористого кобальта (CoCl_2) [1–2; 9–14]. Фруктоолигосахариды и инулин в составе «Нэнни 2» модулируют кишечный микробиом, усиливая развитие полезной флоры, повышая усвояемость питательных веществ и стимулируя синтез вителлогенина,

что достоверно увеличивает яйценоскость маток и площадь печатного расплода. Кобальт, выступая структурным компонентом витамина B_{12} и кофактором ферментов дыхательной цепи, регулирует липотропный обмен, стимулирует накопление жирового тела и усиливает эффективность окислительного фосфорилирования. При строгом соблюдении дозировки (0,5 г/л) ионы кобальта дополнительно активируют фагоцитарную активность гемоцитов и синтез антимикробных пептидов, повышая устойчивость к нозематозу, тогда как превышение концентрации свыше 1,0 г/л оказывает токсическое действие [1–3; 9–13]. Однако биологические механизмы реакции специфических линий карпатской породы на комплексную осеннюю стимуляцию изучены фрагментарно, что сдерживает их широкое внедрение в производство [1–14].

Цель исследования: изучить биологические и интерьерные показатели рабочих пчёл осенней генерации карпатской породы (45-я линия) и помесных семей в период подготовки к зимовке при применении дифференцированных схем подкормки с включением «Нэнни 2» и хлористого кобальта. Решение данной задачи позволит научно обосновать рационы осенней подготовки, минимизировать зимние потери, максимизировать продуктивность пасек и сохранить генетический потенциал чистопородных линий в условиях меняющегося климата, обеспечивая тем рентабельность и экологическую устойчивость пчеловодческой отрасли.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в 2023–2025 гг. на учебно-опытной пасеке ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Основным объектом служили пчелиные семьи 45-й линии карпатской породы, контрольной группой выступали помесные семьи, типичные для любительских пасек региона. Все семьи были сформированы в июне предшествующего года из отводков от проверенных по потомству маток первого года жизни. К началу опыта (июль) семьи были выровнены по силе (10–12 улочек), количеству расплода (8–10 рамок) и кормовым запасам (≥ 15 кг мёда, 2–3 рамки перги). Содержание осуществлялось в 12-рамочных ульях типа Дадан-Блатт на рамку размером 435 x 300 мм, с линейным размещением (интервал 1,5–2,0 м, ориентация летков на юго-восток). Эксперимент проводился методом парных аналогов с рандомизированным распределением. Сформировано 6 опытных групп по 5 семей в каждой (всего 30 семей на породу, 60 в целом). Подкормки осуществлялись с 24 июля по 6 сентября трижды в неделю в вечернее время по 250–300 мл на семью через потолочные кормушки. Схема исследований представлена в таблице 1.

Для определения массы, состояния глоточных желёз и степени развития жирового тела однодневных пчёл проводилась следующая процедура: зрелый расплод помещался в рамочный изолятор, после чего из него отбирали по 500 штук однодневных рабочих пчёл, метили разными цветами и возвращали в свои ульи. В соответствии с возрастом меченых рабочих пчёл готовили анатомические препараты для изучения развития глоточных желёз и состояния жирового тела. Массу пчёл определяли с помощью аналитических весов. Со-

Таблица 1 – Схема исследований

Группа, вид подкормки	Порядок приготовления	Доза, кратность и способ дачи пчелиным семьям
1-я, контроль – сахарный сироп (СС)	СС готовили в концентрации 1:1 (сахар:вода)	По 250–300 мл, через сутки, 18 раз, наливая в потолочные кормушки
2-я, СС + хлористый кобальт (CoCl ₂)	В СС в концентрации 1:1 (сахар:вода) добавляли 0,5 г/л CoCl ₂	
3-я, медовое сыто (МС)	МС готовили, растворяя 1 кг кормового мёда в 1 л кипяченой воды, и охлаждали до комнатной температуры	
4-я, МС + хлористый кобальт (CoCl ₂)	На 1 л МС добавляли 0,5 г/л CoCl ₂	
5-я, СС + препарат «Нэнни 2» с пребиотиком	В СС в концентрации 1:1 (сахар:вода) добавляли 7,5 г/л молочную смесь «Нэнни 2» с пребиотиком	
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + хлористый кобальт	В СС в концентрации 1:1 (сахар:вода) вначале вносили 7,5 г/л молочной смеси «Нэнни 2» с пребиотиком, а затем добавляли 0,5 г/л CoCl ₂	

стояние жирового тела анализировали путём микрофотографирования микроскопом МБС-2. Масса рабочих пчёл оценивалась на выборке из 50 особей от каждой семьи. Пчёлы взвешивались на аналитических весах с точностью до 0,1 мг после 2-часовой голодной выдержки для стандартизации наполнения зобика. Степень развитости глоточных желёз и жирового тела оценивалась по 5-балльной шкале, адаптированной из методики Таранова (1970), с гистологической верификацией на подвыборке из 10% особей. Препараты изготавливались по стандартной методике фиксации в Буэна, заливки в парафин и окраски гематоксилин-эозином. Содержание личиночного молочка определялось микропипетированием из ячеек с трёхсуточными личинками. Отбор проводился в утренние часы, когда концентрация секрета максимальна. Результаты выражались в миллиграммах на ячейку.

Жировое тело медоносных пчёл представляет собой сложную паренхиматозную структуру, образованную скоплениями липоцитов и энтоцитов, объединённых в мелкие дольки соединительнотканными оболочками и формирующих единую резервную систему организма. Для количественной оценки степени его развития у рабочих особей применялась балльная система, адаптированная на основе методики Маурицио (1954). Визуальная диагностика проводилась по пятиступенчатой шкале: минимальный балл фиксировался при полном отсутствии видимой жировой ткани и чёткой просвечиваемости хитинового покрова спинных тергитов; второй балл соответствовал однослойному плоскому расположению полупрозрачных клеток голубовато-белого оттенка; третий балл присваивался при наличии однослойной структуры с единичными складками и округлыми белыми клетками, содержащими незначительные внутриклеточные включения; четвёртый балл характеризовал многослойную складчатую ткань с хорошо дифференцированными клетками и выраженными резервными гранулами; максимальный пятый балл выставлялся при наличии массивной многослойной структуры с глубокими складками, полностью заполненной крупными жёлтыми клетками, насыщенными липидными и белковыми включениями.

Функциональное состояние глоточных желёз оценивалось по модифицированной шкале Гесса, включающей четыре градации секреторной активности. На начальной стадии (1 балл) отчётливо визуализировались главный и боковые протоки при недоразвитых, часто вакуолизированных альвеолах неправильной формы. По мере физиологического созревания (2 балла) протоки становились менее контрастными, а альвеолы увеличивались в объёме, сохраняя прозрачность и видимые межклеточные промежутки. На третьей ступени (3 балла) боковые каналы практически скрывались за счёт набухания альвеол, которые располагались плотнее, но сохраняли частичную прозрачность. Максимальная степень развития (4 балла) регистрировалась при полном сокрытии протоков плотно сомкнутыми, гипертрофированными альвеолами, не имеющими видимых межклеточных пространств, что свидетельствовало о пике синтетической активности желёз.

Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и критерия Стьюдента ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. Масса рабочей пчелы является важным интегральным показателем, характеризующим качество выращивания расплода, уровень белкового питания в личиночной стадии и потенциальную жизнеспособность особей, способных обеспечить успешную зимовку и ранневесеннее развитие семьи. Установлено, что только кондиционные по массе пчелиные особи способны выживать в критический период жизнедеятельности.

Так, в таблице 2 отражена динамика массы рабочих пчёл осенней генерации в семьях 45-й линии карпатской породы и помесных пчелиных семьях неизвестного происхождения в период подготовки к зимовке.

Анализ фоновых значений на 6 августа показывает исходное превосходство пчёл 45-й линии карпатской породы над помесными особями. В контрольных группах, получавших сахарный сироп, средняя масса рабочей пчелы составила 102,30 мг у карпаток и 100,40 мг – у помесей, что соответствует разнице в 1,9% (или в 1,019 раза) в пользу чистопородного материала. При этом разброс значений внутри породных

Таблица 2 – Динамика массы рабочих пчёл осенней генерации в пчелиных семьях при подготовке к зимовке по вариантам опыта, мг

Группа	Стат. показ.	Масса рабочих особей, мг			
		6.VIII – фон	27.VIII	18.IX	9.X
Пчелиные семьи 45-й линии					
1-я, СС – контрольная	X±Sx	102,32±0,49	105,4±0,43	107,2±0,42	109,3±0,47
	Cv, %	2,39	2,03	1,97	2,17
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	103,48±0,93	106,00±0,60	108,30±0,41	110,0±1,19
	Cv, %	4,52	2,81	1,91	5,43
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	103,92±0,57	108,3±0,49**	112,2±0,47*	113,72±0,35*
	Cv, %	2,75	2,26	2,09	1,54
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	103,00±0,50	109,08±0,57**	112,88±0,49***	114,48±0,34**
	Cv, %	2,43	2,60	2,16	1,46
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	102,28±0,28	108,4±0,51**	112,3±0,48**	113,8±0,60**
	Cv, %	1,37	2,35	2,13	2,64
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	103,80±0,47	109,6±0,42**	112,48±0,47**	114,08±0,25**
	Cv, %	2,25	1,89	2,15	1,11
Помесные пчелиные семьи					
1-я, СС – контрольная	X±Sx	100,40±0,59	101,72±0,54	102,20±0,69	102,4±0,34
	Cv, %	2,94	2,64	3,38	1,65
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	102,20±0,36	101,92±0,37	102,48±0,71	102,68±0,34
	Cv, %	1,77	1,82	3,45	1,67
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	101,32±0,43	102,56±0,34	103,68±0,48	102,94±0,40
	Cv, %	2,12	1,70	2,29	1,92
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	102,00±0,59	102,76±0,47*	103,84±0,45*	104,04±0,56*
	Cv, %	2,90	2,29	2,16	2,67
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	101,40±0,84	102,72±0,61	103,12±0,66*	103,4±0,45
	Cv, %	4,14	2,99	3,21	2,15
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	102,28±0,59	102,92±0,48*	103,48±0,46*	103,8±0,51*
	Cv, %	2,91	2,31	2,27	2,47

Примечание: здесь и далее в таблицах: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$ по сравнению с контрольной группой.

групп был минимальным (102,30–103,90 мг – для карпаток и 100,40–102,30 мг – для помесей), что подтверждает однородность подопытных особей на начало эксперимента и сопоставимость условий проведения опыта.

К первому контрольному сроку наблюдений (27 августа) во всех опытных группах отмечена положительная динамика массы пчёл, однако интенсивность этого процесса существенно различалась между породными группами. У карпатских пчёл контрольная группа показала увеличение до 105,40 мг, что на 3,0% (или в 1,030 раза) превышает фоновое значение.

Добавление хлористого кобальта к сахарному сиропу обеспечило прирост описываемого параметра до 106,00 мг (+2,4% к фону), тогда как варианты с медовым сытом и пребиотиком показывали более выраженный эффект: группы МС, МС + CoCl₂, СС + «Нэнни 2» и комплексная схема с кобальтом достигли значений 108,30–109,60 мг, превышая контроль на 2,8–4,0%. У помесных пчёл динамика была менее выраженной: контрольная группа показала рост до 101,70 мг (+1,3%

к фону), а максимальное значение 102,90 мг в группе с комплексной схемой превысило контроль на 1,2%. Межпородное сравнение на данном этапе выявило превосходство карпатских пчёл на 3,6–6,5% (в 1,036–1,065 раза) в зависимости от схемы подкормки.

К 18 сентября (второй срок) различия между группами стали ещё более контрастными. У карпатских пчёл контрольная группа достигла 107,20 мг, что на 4,8% выше фонового уровня. Наилучшие результаты получены в группах с комплексной стимуляцией: МС + CoCl₂ обеспечила максимум 112,90 мг, СС + «Нэнни 2» + CoCl₂ – 112,50 мг, а варианты с медовым сытом и пребиотиком без кобальта – 112,20–112,30 мг. Таким образом, оптимальные схемы подкормки превысили контроль на 4,7–5,3% и обеспечили суммарный прирост к фону на 8,0–10,3%. У помесных пчёл пиковые значения составили 103,80 мг в группе МС + CoCl₂ и 103,50 мг – в комплексной группе с пребиотиком, что на 1,6–1,3% выше контроля (102,20 мг). Однако абсолютные показатели у помесей остались ниже карпатских аналогов на

Таблица 3 – Степень развитости глоточных желёз рабочих пчёл осенней генерации в пчелиных семьях при подготовке к зимовке по вариантам опыта, баллы

Группа	Стат. показ.	Степень развитости глоточных желёз, балл			
		6.VIII – фон	27.VIII	18.IX	9.X
Пчелиные семьи 45-й линии					
1-я, СС – контрольная	X±Sx	2,30±0,02	3,24±0,03	3,42±0,01	3,59±0,02
	Cv, %	4,92	4,19	2,14	3,09
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	2,53±0,02	3,40±0,02*	3,45±0,02*	3,62±0,03*
	Cv, %	3,45	2,42	2,61	3,96
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	2,49±0,04	3,65±0,02**	3,57±0,04**	3,75±0,03**
	Cv, %	7,52	2,81	5,10	4,66
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	2,48±0,03	3,71±0,02***	3,59±0,03**	3,78±0,06***
	Cv, %	5,74	3,34	4,82	7,28
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	2,53±0,02	3,60±0,04***	3,52±0,02**	3,73±0,05***
	Cv, %	4,81	5,00	3,31	6,55
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	2,38±0,03	3,70±0,03***	3,55±0,02***	3,75±0,06***
	Cv, %	6,33	3,74	3,39	8,26
Помесные пчелиные семьи					
1-я, СС – контрольная	X±Sx	2,27±0,02	3,11±0,05	3,25±0,03	3,36±0,04
	Cv, %	4,27	7,66	4,27	6,42
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	2,25±0,03	3,14±0,03*	3,27±0,04	3,40±0,06*
	Cv, %	6,17	5,02	6,58	9,55
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	2,26±0,03	3,26±0,03**	3,40±0,02**	3,53±0,03***
	Cv, %	6,26	4,08	3,22	3,97
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	2,28±0,01	3,29±0,04***	3,43±0,03***	3,57±0,03***
	Cv, %	2,77	6,10	4,25	3,85
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	2,30±0,02	3,21±0,04***	3,37±0,04***	3,51±0,02***
	Cv, %	4,43	5,57	6,01	2,71
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	2,28±0,02	3,25±0,03***	3,40±0,03***	3,54±0,02***
	Cv, %	4,30	5,31	4,48	2,25

8,2–8,8%, что подтверждает более высокий потенциал накопления резервных веществ у чистопородного материала.

К концу эксперимента (9 октября) во всех группах продолжился рост массы пчёл, отражающий завершение физиологического созревания осенней генерации и накопление жирового тела, необходимого для успешной зимовки. У карпатских пчёл контрольная группа показала значение 109,30 мг, тогда как стимулированные группы сохранили более высокий уровень: 110,00–114,50 мг. Максимальный результат 114,50 мг в группе МС + CoCl_2 превысил контроль на 4,8% (или в 1,048 раза) и остался на 11,2% (в 1,112 раза) выше фонового значения, что свидетельствует о пролонгированном эффекте данной схемы подкормки и возможности формирования более физиологически полноценных особей. У помесных пчёл рост массы был значительно менее выраженным: контрольная группа достигла 102,40 мг, а лучшие варианты (МС + CoCl_2 и комплексная схема) – 103,84 и 103,80 мг соответственно, превышая контроль на 1,4–1,4%. При этом абсолютные значения у карпатских пчёл в ана-

логичных группах остались выше на 10,3–10,0%, что указывает на способность чистопородного материала обеспечивать более интенсивное накопление резервных веществ даже в завершающий период осеннего развития.

Таким образом, предпочтительным видом подкормки для пчёл 45-й линии карпатской породы является применение медового сыта в сочетании с хлористым кобальтом, что обеспечивает суммарный прирост массы пчёл на 11,2% относительно фонового уровня и на 4,8% – относительно контроля. Схема с пребиотиком «Нэнни 2» и кобальтом показала сопоставимую эффективность, превышая контроль на 4,4% в завершающий период и обеспечивая массу пчёл 114,10 мг к 9 октября. У помесных пчёл максимальные значения также получены в группах МС + CoCl_2 и комплексной схеме с пребиотиком, однако относительные приросты к контролю были существенно ниже (1,4% против 4,8% у карпаток), что может свидетельствовать о меньшей отзывчивости гибридного материала на биохимическую стимуляцию в аспекте накопления резервных веществ.

Таблица 4 – Степень развитости жирового тела рабочих пчёл осенней генерации в пчелиных семьях при подготовке к зимовке по вариантам опыта, балл

Группа и вид стимулирующих подкормок	Стат. показ.	Степень развития жирового тела, балл			
		6.VIII – фон	27.VIII	18.IX	9.X
Пчелиные семьи 45-й линии					
1-я, сахарный сироп (СС) – контрольная	X±Sx	3,35±0,03	3,72±0,01	3,77±0,04	4,49±0,03
	Cv, %	4,63	2,01	5,08	3,75
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	3,38±0,02	3,79±0,04	3,84±0,04	4,57±0,02
	Cv, %	2,65	4,94	5,21	2,73
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	3,43±0,03	3,94±0,02**	3,98±0,04***	4,73±0,03**
	Cv, %	3,84	3,13	4,51	3,36
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	3,45±0,03	3,97±0,02***	3,94±0,05**	4,85±0,03***
	Cv, %	3,94	2,42	6,13	3,17
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	3,41±0,02	3,92±0,05**	3,95±0,04***	4,70±0,04***
	Cv, %	3,64	6,12	5,22	3,98
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	3,40±0,02	3,96±0,04***	3,98±0,02***	4,78±0,03***
	Cv, %	3,58	4,63	2,25	3,11
Помесные пчелиные семьи					
1-я, сахарный сироп (СС) – контрольная	X±Sx	3,32±0,04	3,50±0,03	3,64±0,03	4,26±0,03
	Cv, %	5,47	3,79	4,26	3,58
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	3,34±0,04	3,54±0,03	3,69±0,04	4,30±0,03
	Cv, %	6,10	3,83	5,30	3,45
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	3,40±0,02	3,68±0,04**	3,84±0,04**	4,45±0,03**
	Cv, %	3,22	4,77	5,40	3,25
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	3,38±0,03	3,82±0,04***	3,98±0,04***	4,51±0,06***
	Cv, %	4,15	5,39	5,55	6,18
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	3,36±0,04	3,64±0,04**	3,82±0,03**	4,43±0,03**
	Cv, %	5,88	4,91	3,38	3,23
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	3,37±0,03	3,67±0,03***	3,93±0,04***	4,45±0,06***
	Cv, %	4,42	4,46	4,56	6,27

Динамика коэффициентов изменения массы пчёл указывает, что у карпатских семей происходит усиление эффекта стимуляции в период формирования физиологически зрелой осенней генерации. У помесных семей аналогичные соотношения свидетельствуют о значительно меньшей способности гибридного материала реагировать на стимулирующие подкормки в аспекте увеличения массы особей. Более того, у помесных пчёл в некоторых группах (например, МС) к завершающему сроку наблюдалось даже незначительное снижение массы относительно предыдущего замера (103,70 → 102,94 мг), что может указывать на менее стабильный метаболизм и худшую адаптацию к изменяющимся условиям осеннего периода.

Морфофизиологическое состояние рабочих пчёл осенней генерации, оцененное по степени развитости глоточных желёз и жирового тела (таблицы 3–4), под-

твердило высокий конституциональный статус 45-й линии. К завершающему сроку (9 октября) средняя масса пчёл в группе МС + CoCl_2 достигла 114,50 мг, превысив фоновые значения на 11,2% (в 1,112 раза) и контроль на 4,8% (в 1,048 раза).

У помесных пчёл аналогичная схема обеспечила прирост массы лишь на 1,4% к контролю, а абсолютное значение осталось ниже на 10,0–10,3% (в 1,100–1,103 раза). Развитие глоточных желёз, определяющее кормовую активность, к 9 октября в оптимальной группе карпатских пчёл составило 3,78 балла, что на 52,4% (в 1,524 раза) выше фона и на 5,3% (в 1,053 раза) выше контроля. У помесей максимальный показатель достиг 3,57 балла, уступая на 5,9–6,0%. Наиболее контрастные различия выявлены по степени развитости жирового тела: к началу октября у карпатских пчёл в группе МС + CoCl_2 показатель достиг 4,85 балла, превысив контр-

Таблица 5 – Содержание личиночного молочка в ячейках сотов с трёхсуточными личинками в пчелиных семьях при выращивании осенней генерации, мг

Группа и вид стимулирующих подкормок	Стат. показ.	Содержание личиночного молочка, мг			
		6.VIII – фон	27.VIII	18.IX	9.X
Пчелиные семьи 45-й линии					
1-я, сахарный сироп (СС) – контрольная	X±Sx	9,14±0,19	10,23±0,32	10,92±0,20	9,07±0,20
	Cv, %	10,67	15,58	8,94	11,22
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	9,28±0,18	10,60±0,25	11,84±0,20	11,60±0,26
	Cv, %	9,89	11,63	8,51	11,17
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	9,29±0,11	11,20±0,23**	12,67±0,21**	11,60±0,23**
	Cv, %	5,68	10,41	8,46	10,05
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	9,33±0,23	12,13±0,27***	12,29±0,24***	12,32±0,26***
	Cv, %	12,37	11,12	9,84	10,70
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	9,37±0,20	12,64±0,21***	13,56±0,22***	12,42±0,17***
	Cv, %	10,73	8,34	8,10	6,95
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	9,26±0,18	13,36±0,16***	14,16±0,29***	13,16±0,22***
	Cv, %	9,80	5,83	10,12	8,51
Помесные пчелиные семьи					
1-я, сахарный сироп (СС) – контрольная	X±Sx	8,32±0,13	9,32±0,14	9,57±0,23	8,98±0,16
	Cv, %	7,97	7,71	11,88	9,09
2-я, СС + CoCl ₂	X±Sx	8,36±0,19	9,44±0,16	9,64±0,15	10,40±0,24*
	Cv, %	11,66	8,52	7,70	11,54
3-я, медовое сыто (МС)	X±Sx	8,26±0,16	10,6±0,25*	10,52±0,21*	9,6±0,22
	Cv, %	9,55	11,63	10,10	11,41
4-я, МС + CoCl ₂	X±Sx	8,28±0,16	10,68±0,26*	10,84±0,20*	10,16±0,19
	Cv, %	9,37	12,06	9,29	9,51
5-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком	X±Sx	8,32±0,17	11,16±0,18**	11,24±0,34**	10,64±0,28**
	Cv, %	10,04	8,28	14,95	13,26
6-я, СС + «Нэнни 2» с пребиотиком + CoCl ₂	X±Sx	8,34±0,18	11,68±0,26**	11,80±0,23**	10,20±0,21*
	Cv, %	10,56	11,29	9,59	10,38

оль на 8,0% (в 1,080 раза) и фон – на 40,6% (в 1,406 раза). У помесных пчёл аналогичная схема дала прирост на 5,9% к контролю, однако абсолютное значение осталось ниже на 7,1–7,5% (в 1,071–1,075 раза). Снижение вариабельности показателей у карпатских пчёл при применении оптимальных схем в сочетании с более плавной динамикой накопления резервов подтверждает высокую генетическую детерминацию и адаптационную пластичность чистопородного материала.

Секреторная способность семей, оцененная по массе личиночного молочка в ячейках с трёхсуточными личинками (табл. 5), напрямую коррелирует с развитием глоточных желёз и качеством белкового питания.

В пиковый период (18 сентября) содержание молочка в семьях 45-й линии при применении комплексной схемы СС + «Нэнни 2» + CoCl₂ достигло 14,15 мг, что на 52,7% (в 1,527 раза) выше фона и на 29,8% (в 1,298 раза) превышает контроль. У помесных семей максимальное значение составило 11,80 мг, уступая на 16,3–19,9% (в 1,163–1,199 раза). К 9 октября, несмотря на общее снижение показателя, стимулированные

семьи карпатской линии сохранили массу молочка на уровне 12,33–13,15 мг, превышая контроль на 40,0–45,0% (в 1,400–1,450 раза). У помесей аналогичные группы показали прирост на 13,0–18,5% к контролю, что подтверждает меньшую пролонгированную секреторную активность гибридного материала. Сопоставление данных по всем физиологическим параметрам позволяет утверждать, что применение медового сыта или сахарного сиропа в сочетании с хлористым кобальтом и пребиотиком «Нэнни 2» обеспечивает синергетический эффект, направленный на улучшение белкового обмена, усиление накопления жировых резервов и поддержание высокой кормовой активности пчёл-кормилиц в течение всего осеннего периода.

В целом интегральная оценка роста и развития пчелиных семей в период подготовки к зимовке демонстрирует безусловное преимущество 45-й линии карпатской породы по всем изучаемым репродуктивным и физиологическим показателям. Различия в среднесуточной яйценоскости маток, площади выращиваемого расплода, массе осенних пчёл, степени развитости желёз и жировых

вого тела, а также в содержании личиночного молочка стабильно варьируют в пределах 5,0–23,5% в зависимости от срока наблюдений и схемы подкормки, что в пересчёте на кратность соответствует превосходству в 1,050–1,235 раза. Более высокие абсолютные значения показателей, сопряжённые с выраженной положительной реакцией на стимулирующие рационы и минимальной фенотипической изменчивостью, свидетельствуют о высокой генетической однородности, конституциональной крепости и оптимальной реакционной норме чистопородного материала. Полученные результаты имеют важное селекционное и производственное значение, так как подтверждают возможность целенаправленного формирования физиологически полноценной осенней генерации пчёл, способной обеспечить высокую зимостойкость, сохранность маток, эффективное кормление ранневесеннего расплода и быстрое наращивание силы семей к началу главного медосбора.

Таким образом, на основании вышеизложенных результатов собственных исследований можно констатировать, что пчелиные семьи 45-й линии карпатской породы показывают статистически значимое превосходство над помесными семьями неизвестного происхождения по всем ключевым показателям осеннего развития: среднесуточная яйценоскость маток выше на 8,2–15,3% (в 1,082–1,153 раза), площадь выращиваемого расплода – на 8,4–15,3% (в 1,084–1,153 раза), масса рабочих пчёл осенней генерации – на 1,9–10,3% (в 1,019–1,103 раза), степень развитости глоточных желёз – на 1,3–12,8% (в 1,013–1,128 раза), степень развитости жирового тела – на 1,5–7,5% (в 1,015–1,075 раза), а содержание личиночного молочка – на 10,1–23,5% (в 1,101–1,235 раза).

В то же время применение стимулирующих подкормок обеспечивает достоверное улучшение репродуктивных и физиологических показателей обеих групп, однако максимальная эффективность достигнута при использовании медового сыва или сахарного сиропа в сочетании с хлористым кобальтом и пребиотиком «Нэнни 2»: у карпатских пчёл данные схемы обеспечивают прирост яйценоскости на 10,1–10,2% относительно контроля, площади расплода – на 8,4–10,1%, массы пчёл – на 4,4–4,8%, степени развитости жирового тела – на 6,5–8,0% и содержания личиночного молочка – на 18,1–29,8%, тогда как у помесных пчёл аналогичные приросты ниже на 1,2–4,5 процентных пункта. Аналогичные выводы, относительно повышения плодovitости пчелиных маток и интенсивности роста пчелиных семей, но среднерусской породы, за счёт применения стимулирующей кормовой добавки, делают и другие исследователи [15].

При этом динамика физиологических показателей подтверждает более высокую адаптационную пластичность и пролонгированный эффект стимуляции у чистопородного материала: к завершающему сроку (9 октября) у карпатских пчёл степень развитости жирового тела в оптимальных группах превышает фон на 37,3–40,6% (в 1,373–1,406 раза), а содержание личи-

ночного молочка остаётся на 40,0–45,0% (в 1,400–1,450 раза) выше контроля, тогда как у помесных пчёл аналогичные показатели отстают на 5,9–7,5% по абсолютным значениям и характеризуются более ранним и резким снижением секреторной активности. Следовательно, комплексная оценка параметров роста и развития обосновывает целесообразность использования 45-й линии карпатской породы в селекционных программах, направленных на повышение зимостойкости и ранневесенней продуктивности, а также подтверждает эффективность разработанных схем подкормок с применением хлористого кобальта и пребиотика «Нэнни 2» для целенаправленной коррекции репродуктивной и физиологической подготовки пчелиных семей к зимовке, что в производственных условиях позволяет сформировать семьи с массой пчёл 113,8–114,5 мг, степенью развитости жирового тела 4,70–4,85 балла и площадью осеннего расплода 149,8–156,1 квадрат, обеспечивающие успешную перезимовку и интенсивное развитие в следующем сезоне.

Выводы.

1. Пчелиные семьи 45-й линии карпатской породы демонстрируют статистически значимое превосходство над помесными семьями по всем изучаемым показателям осеннего развития: массе рабочих пчёл (на 1,9–10,3%), степени развитости глоточных желёз (на 1,3–12,8%), жирового тела (на 1,5–7,5%) и содержанию личиночного молочка (на 10,1–23,5%), что обусловлено высокой генетической однородностью, конституциональной крепостью и оптимальной реакционной нормой чистопородного материала.

2. Максимальная эффективность стимулирующих подкормок достигнута при применении медового сыва в сочетании с хлористым кобальтом, а также сахарного сиропа с пребиотиком «Нэнни 2» и кобальтом: данные схемы обеспечили прирост массы осенних пчёл до 11,2–11,4% относительно фона и увеличение показателя развитости жирового тела на 37,3–40,6%, формируя физиологически полноценную зимующую генерацию с массой 113,8–114,5 мг.

3. Введение хлористого кобальта и пребиотиков в осенний рацион оказывает синергетическое действие на белковый и липидный обмен, пролонгируя секреторную активность глоточных желёз и поддерживая высокую кормовую ценность личиночного молочка (превышение контроля на 40,0–45,0% к концу опыта), что критически важно для успешной перезимовки и эффективного выкармливания ранневесеннего расплода.

4. Помесные пчелиные семьи характеризуются сниженной отзывчивостью на биохимическую стимуляцию, меньшей стабильностью метаболических процессов и более ранним снижением секреторной активности, что подтверждает производственную и селекционную целесообразность использования 45-й линии карпатской породы в программах, направленных на повышение зимостойкости пчёл и интенсификацию весеннего развития пчелиных семей.

Список источников

1. Маннапов А. Г., Храпова С. Н., Ляхов В. В., Донцов Р. В. 77-я линия карпатских пчёл в ООО «Пчелокопхоз Кисловодский» // Пчеловодство. 2013. № 9. С. 16–17. EDN RTHJTN.

2. Маннапов А. Г., Скачко А. С., Антимирова О. А., Ляхов В. В. Комплексная оценка пчелиных семей пчелокохоза «Кисловодский» Ставропольского края // Пчеловодство. 2017. № 9. С. 15–17. EDN YMKBYR.
3. Грушинская Т. А., Храпова С. Н., Антимирова О. А. [и др.] Влияние стимулирующих подкормок на пчелиные семьи при разных типах медосбора // Пчеловодство. 2023. № 2. С. 16–18. EDN WYOTMC.
4. Аветисян Г. А. Пчеловодство : учебник. М. : Агропромиздат, 1985. 269 с.
5. Воробьева С. Л., Михеева Е. А., Шишкин А. В., Попкова М. Ю. Влияние витаминно-минеральной кормовой добавки на продуктивность медоносных пчел (*Apis mellifera*) // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (73). С. 16–21. DOI 10.48012/1817-5457_2023_1_16-21. EDN MSHCDZ.
6. Воробьева С. Л., Васильева М. И. Влияние кормовой добавки арабиногалактан на зимостойкость пчел // Пчеловодство. 2023. № 9. С. 10–12. EDN INQAWA.
7. Билаш Н. Г. Новый углеводный корм для пчел «Апивит» // Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Интермед-2001», Москва, 14 сентября 2001 года. М. : ФГБНУ «НИИ пчеловодства», 2001. С. 30–31. ISBN 5-900205-31-2.
8. Билаш Н. Г. Сравнительный анализ белковых заменителей // Пчеловодство. 2003. № 1. С. 53–54.
9. Тренина А. С., Воробьева С. Л., Юдин В. М., Коконев С. И. Действие пробиотических подкормок на продуктивность пчелиных маток // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 4 (65). С. 102–108. DOI 10.34655/bgsha.2021.65.4.014. EDN CYRSKP.
10. Дмитриев О. А., Скачко А. С. Среднесуточная яйценоскость у чистопородных карпатских и помесных пчеломаток на фоне стимулирующих подкормок // Современные проблемы пчеловодства : материалы I Международ. науч.-практ. конф. по пчеловодству в Чеченской Республике, Грозный, 15–18 мая 2017 года. Грозный : Чеченский государственный университет, 2017. С. 67–71. EDN YOBYV.
11. Лебедев В. И., Прокофьева Л. В., Савин А. П. [и др.] Инновационные приемы и методы пчеловодства / под общ. ред. О. С. Мелентьевой. М. : АВК Пресс, 2018. 227 с. ISBN 978-5-91536-018-0.
12. Мишуковская Г. С., Гиниятуллин М. Г., Шелехов Д. В. [и др.] Применение пробиотических кормовых добавок нового поколения для улучшения хозяйственно полезных признаков медоносных пчел *A. mellifera mellifera* L. // Перспективы развития пчеловодства в условиях индустриализации АПК : сб. статей по материалам Международ. науч.-практ. конф., Краснодар, 14–16 октября 2020 года / отв. за выпуск В. И. Комлацкий. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2020. С. 128–134. EDN ZMDVZO.
13. Тренина А. С., Воробьева С. Л., Юдин В. М. Влияние использования пробиотических подкормок на темпы роста пчелиных семей и их медовую продуктивность // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 340–342. EDN EXWZOC.
14. Трухачев В. И., Маннапов А. Г. Инновационный прорыв в биологии пчел и технологии производства продуктов пчеловодства // Пчеловодство. 2020. № 3. С. 4–6. EDN FEXQXS.
15. Горнич Е. А., Чугреев М. К., Коновалов А. В. Способ повышения плодовитости пчелиных маток и интенсивности роста пчелиных семей среднерусской породы за счёт применения новой стимулирующей кормовой добавки // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 4 (64). С. 41–51. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.006. EDN KCPJHF.

References

1. Mannapov A. G., Khrapova S. N., Lyakhov V. V., Dontsov R. V. 77-ya liniya karpatskikh pchel v OOO «Pchelokolhoz Kislovodskij» // Pchelovodstvo. 2013. № 9. С. 16–17. EDN RTHJTN.
2. Mannapov A. G., Skachko A. S., Antimirova O. A., Lyakhov V. V. Kompleksnaya ocenka pchelinyh semej pchelokolhoza «Kislovodskij» Stavropol'skogo kraia // Pchelovodstvo. 2017. № 9. С. 15–17. EDN YMKBYR.
3. Grushinskaya T. A., Khrapova S. N., Antimirova O. A. [и др.] Vliyaniye stimuliruyushchih podkormok na pchelinye sem'i pri raznyh tipah medosbora // Pchelovodstvo. 2023. № 2. С. 16–18. EDN WYOTMC.
4. Avetisyan G. A. Pchelovodstvo : uchebnik. M. : Agropromizdat, 1985. 269 s.
5. Vorob'eva S. L., Mikheeva E. A., Shishkin A. V., Popkova M. Yu. Vliyaniye vitaminno-mineral'noj kormovoy dobavki na produktivnost' medonosnyh pchel (*Apis mellifera*) // Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skhozoyajstvennoj akademii. 2023. № 1 (73). С. 16–21. DOI 10.48012/1817-5457_2023_1_16-21. EDN MSHCDZ.
6. Vorob'eva S. L., Vasil'eva M. I. Vliyaniye kormovoy dobavki arabinogalakatan na zimostojkost' pchel // Pchelovodstvo. 2023. № 9. С. 10–12. EDN INQAWA.
7. Bilash N. G. Novyj uglevodnyj korm dlya pchel «Apivit» // Materialy 2-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Intermed-2001», Moskva, 14 sentyabrya 2001 goda. M. : FGBNU «NII pchelovodstva», 2001. С. 30–31. ISBN 5-900205-31-2.
8. Bilash N. G. Sravnitel'nyj analiz belkovykh zamenitelej // Pchelovodstvo. 2003. № 1. С. 53–54.
9. Tronina A. S., Vorob'eva S. L., Yudin V. M., Kokonov S. I. Dejstvie probioticheskikh podkormok na produktivnost' pchelinyh matok // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skhozoyajstvennoj akademii im. V. R. Filippova. 2021. № 4 (65). С. 102–108. DOI 10.34655/bgsha.2021.65.4.014. EDN CYRSKP.
10. Dimitriev O. A., Skachko A. S. Srednesutochnaya yajcenost' u chistoporodnyh karpatskikh i pomesnyh pchelomatok na fone stimuliruyushchih podkormok // Sovremennye problemy pchelovodstva : materialy I Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. po pchelovodstvu v Chenchenskoj Respublike, Groznyj, 15–18 maya 2017 goda. Groznyj : Chenchenskij gosudarstvennyj universitet, 2017. С. 67–71. EDN YOBYV.
11. Lebedev V. I., Prokof'eva L. V., Savin A. P. [и др.] Innovacionnye priemy i metody pchelovodstva / pod obshch. red. O. S. Melent'evoy. M. : AVK Press, 2018. 227 s. ISBN 978-5-91536-018-0.
12. Mishukovskaya G. S., Giniyatullin M. G., Shelekhov D. V. [и др.] Primenenie probioticheskikh kormovyh dobavok novogo pokoleniya dlya uluchsheniya hozhaystvenno poleznyh priznakov medonosnyh pchel *A. mellifera mellifera* L. // Perspektivy razvitiya pchelovodstva v usloviyah industrializacii APK : sb. statej po materialam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Krasnodar, 14–16 oktyabrya 2020 goda / otv. za vypusk V. I. Komlatskij. Krasnodar : Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I. T. Trubilina, 2020. С. 128–134. EDN ZMDVZO.
13. Tronina A. S., Vorob'eva S. L., Yudin V. M. Vliyaniye ispol'zovaniya probioticheskikh podkormok na tempy rosta pchelinyh semej i ih medovuyu produktivnost' // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 6 (86). С. 340–342. EDN EXWZOC.
14. Trukhachev V. I., Mannapov A. G. Innovacionnyj proryv v biologii pchel i tekhnologii proizvodstva produktov pchelovodstva // Pchelovodstvo. 2020. № 3. С. 4–6. EDN FEXQXS.

15. Gornich E. A., Chugreev M. K., Kononov A. V. Sposob povysheniya plodovitosti pchelinyh matok i intensivnosti rosta pchelinyh semej srednerusskoj породы za schyot primeneniya novoj stimuliruyushchej kormovoj dobavki // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 4 (64). S. 41–51. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.006. EDN KCPJHF.

Сведения об авторах

Озман Алзибо – аспирант кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 4117-3579.

Светлана Николаевна Храпова – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 3109-8445.

Альфир Габдуллович Маннапов – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 8835-6526.

Information about the authors

Ozman Alzibo – Postgraduate student of the Department of Private Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 4117-3579.

Svetlana N. Khrapova – Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Private Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 3109-8445.

Alfir G. Mannapov – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Private Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 8835-6526.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
УДК 638.124.22/.24:638.123.51(470.316)
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.011

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ РАЗВИТИЯ, ПРОДУКТИВНОСТИ И ЗИМОСТОЙКОСТИ СРЕДНЕРУССКИХ ПЧЁЛ (*APIS MELLIFERA MELLIFERA* L.) В УСЛОВИЯХ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Михаил Константинович Чугреев¹, Екатерина Валерьевна Егорашина²,
Екатерина Андреевна Горнич³

^{1, 2, 3}Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

¹Chugreev_mk@mail.ru@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-5876-8715

²egorashina@yarcx.ru

³gornich@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-3992-7386

Реферат. В статье представлены результаты сравнительной оценки чистопородных среднерусских (*Apis mellifera mellifera* L.) и метизированных пчёл неустановленного происхождения в условиях Ярославской области. В работе изучили интенсивность развития, продуктивность и зимостойкость двух групп (по 25 семей в каждой). Происхождение определяли по биоморфологическим признакам. Эксперимент проводили в 2024–2025 гг. Установлено, что в мае средняя масса пчёл в метизированных семьях (2,24 кг) превышала показатель чистопородных (2,03 кг) на 9,4%. Однако по количеству расплода лидировали чистопородные среднерусские пчёлы (204,1 против 198,6 сотен ячеек). К середине июня разрыв увеличился: масса пчёл у чистопородных составила 3,72 кг (на 12,4% выше, чем у помесей), расплода – 448,7 сотен ячеек (на 9,6% больше). Медовая продуктивность (валовый мёд) у среднерусских пчёл оказалась выше: 43,3 кг против 38,0 кг у метизированных (разница 12,2%; $P < 0,05$). Коэффициент вариации ниже у чистопородной группы (5,11% против 8,56%). Осенью масса среднерусских семей достигала 2,28 кг, помесных – 1,69 кг (на 25,9% меньше; $P < 0,01$). Расход корма за зиму у чистопородных составил 12,7 кг, у метизированных – 14,9 кг (на 14,8% больше; $P < 0,05$). Расход на одну улочку – 1,71 и 1,95 кг соответственно. Весной среднерусские пчёлы имели массу 2,48 кг (на 19,8% больше; $P < 0,01$), расплод – 186,4 сотен ячеек (на 15,1% больше; $P < 0,05$). Количество подмора у них составило 75,5 г, у помесей – 286,3 г (на 279,2% больше; $P < 0,001$). В группе метизированных отмечены следы поноса (28% семей) и гибель 12% семей; у чистопородных сохранность – 100%. Таким образом, среднерусские пчёлы превосходят метизированных по интенсивности развития, по медовой продуктивности и зимостойкости в условиях Ярославской области.

Ключевые слова: чистопородные среднерусские пчёлы, метизированные пчёлы, интенсивность развития, медовая продуктивность, зимостойкость, Ярославская область, сохранность пчелосемей

COMPARATIVE STUDY OF THE DEVELOPMENT INTENSITY, PRODUCTIVITY AND WINTER HARDINESS OF CENTRAL RUSSIAN BEES (*APIS MELLIFERA MELLIFERA* L.) IN THE CONDITIONS OF THE YAROSLAVL REGION

Mikhail K. Chugreev¹, Ekaterina V. Egorashina², Ekaterina A. Gornich³

^{1, 2, 3}Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

¹Chugreev_mk@mail.ru@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-5876-8715

²egorashina@yarcx.ru

³gornich@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-3992-7386

Abstract. The article presents the results of a comparative assessment of purebred Central Russian bees (*Apis mellifera mellifera* L.) and crossbred bees of unknown origin in the conditions of the Yaroslavl region. The intensity of development, productivity and winter hardiness of two groups (25 families in each) were studied in the work. The origin was determined by biomorphological features. The experiment was carried out in 2024–2025. It was found that in May the average weight of bees in crossbred families (2.24 kg) exceeded that of the purebred bees (2.03 kg) by 9.4%. However, purebred Central Russian bees were in the lead in terms of brood number (204.1 versus 198.6 hundred cells). By mid-June, the gap increased: the weight of bees in purebred was 3.72 kg (12.4% higher than in crossbreeds), brood – 448.7 hundred cells (9.6% more). Honey productivity (gross honey) in Central Russian bees was higher: 43.3 kg versus 38.0 kg in crossbreed bees (the difference was 12.2%; $P < 0.05$). The coefficient of variation was lower in the purebred group (5.11% versus 8.56%). In autumn, the weight of Central Russian families reached 2.28 kg, crossbreeds – 1.69 kg (25.9% less; $P < 0.01$). Feed consumption over the winter in purebred animals was 12.7 kg, in crossbreeds – 14.9 kg (14.8% more;

$P < 0.05$). Consumption per seem of bees was 1.71 and 1.95 kg, respectively. In spring, Central Russian bees had a mass of 2.48 kg (19.8% more; $P < 0.01$), brood – 186.4 hundred cells (15.1% more; $P < 0.05$). The amount of dead bees in them was 75.5 g, in crossbreeds – 286.3 g (279.2% more; $P < 0.001$). In the group of crossbred families, traces of diarrhea (28% of families) and the death of 12% of families were noted; in purebred animals, preservation was 100%. Thus, the Central Russian bees are superior to the crossbred bees in terms of development intensity, honey productivity and winter hardiness in the conditions of the Yaroslavl region.

Keywords: purebred Central Russian bees, crossbred bees, intensity of development, honey productivity, winter hardiness, Yaroslavl Region, preservation of bee families

Введение. Увеличение объёмов и эффективности производства любой животноводческой продукции, в том числе и продуктов пчеловодства, возможно за счёт улучшения качества самих животных и рационального использования их биологических особенностей. Этот известный подход в современных условиях обретает ещё большую актуальность, так как предполагает повышение эффективности производства без значительных финансовых инвестиций и материально-трудовых затрат. Использование этого потенциала особенно целесообразно при сложившейся непростой международной обстановке, в условиях экономических санкций, выдвинутых против России, и для скорейшего решения проблемы импортозамещения.

Использование чистопородных пчёл абсолютно обоснованно с разных точек зрения и, в первую очередь, когда речь идёт о производстве продукции. Только сильные пчелосеми могут эффективно использовать главный обильный медосбор в северных регионах с коротким летом. Ярославская область находится на Русской равнине в подзоне южной тайги, где пчёлы собирают нектар с дикорастущих лесных и луговых медоносов. В ходе эволюции к этим природным условиям приспособились среднерусские пчёлы. Они хорошо переносят длительную и морозную зиму. В настоящее время в большинстве регионов России в результате массовой бессистемной метизации ресурсы медоносных пчёл представляют собой помеси разных пород, в том числе и южных. Племенная работа с таким материалом, по меньшей мере, неэффективна.

Проблема заключается в том, что селекционная работа с пчёлами, чтобы она имела смысл, должна вестись с одной наиболее приспособленной к данным природным условиям породой, причём одновременно на сплошных массивах обширных территорий. В современной России большая часть пчелосемей находится в частном секторе, и лишь немногие пчеловоды имеют представление о современных научных основах генетики и селекции. Тем не менее они в состоянии участвовать в племенной работе, основанной на использовании традиционных методов селекции. Несмотря на активное развитие методов молекулярной генетики в последние годы, классические надёжные методы селекции себя далеко ещё не исчерпали [1].

В генетических коллекциях в настоящее время собрано большое разнообразие геномов диких и домашних животных, диких и культурных растений. Современные приёмы биотехнологии, конечно, позволяют эффективнее использовать этот потенциал в селекционной работе, могут ускорять селекционный процесс, получать же-

лаемый результат в сжатые сроки, но ни в коем случае не исключают традиционных классических подходов в селекционно-генетических исследованиях [1–5].

В условиях массовой метизации медоносных пчёл, имевшей место ещё в советский период в СССР и продолжающейся в настоящее время в России, трудно отобрать качественный племенной материал. Ещё сложнее вести селекционную работу с пчёлами неопределённого происхождения, её эффективность крайне низка. Существуют доступные методы определения происхождения медоносных пчёл, которые в состоянии освоить даже пчеловоды-любители. Целесообразность использования чистопородных пчёл не вызывает сомнений, тем не менее проведение сравнительного изучения некоторых зоотехнических показателей среднерусских пчёл в условиях первичного ареала представляет практический интерес [6–9].

Целью настоящих исследований является сравнительное изучение некоторых основных зоотехнических показателей, обуславливающих уровень продуктивности пчелиных семей, чистопородных среднерусских пчёл и метизированных пчёл неустановленного происхождения в условиях Ярославской области.

Задачи: по комплексу биоморфологических показателей отобрать семьи чистопородных среднерусских пчёл и метизированных пчёл, сформировать опытную и контрольную группы; изучить интенсивность развития пчелиных семей в период подготовки к началу главного медосбора, их медовую продуктивность и зимостойкость.

Методика. В исследованиях использовались среднерусские пчёлы (*Apis mellifera mellifera* L.) и пчёлы, представляющие собой межпородные помеси. Изучались признаки: окраска тела, характер печатки мёда, поведение во время осмотра гнезда, фототаксис, длина хоботка, кубитальный индекс, дискоидальное смещение, форма задней границы воскового зеркала 5-го стернита. Биологические признаки изучались визуально, морфологические – с использованием бинокулярного микроскопа МБС-9 [10].

Для характеристики состояния пчелиных семей в начале эксперимента (в летний сезон 2024 г.) определялась сила семей – изучались показатели: количество печатного расплода в гнёздах и масса пчёл в семьях. Количество печатного расплода подсчитывалось при помощи рамки-сетки с ячейками 5 x 5 см, масса пчёл определялась подсчётом улочек, плотно обсиживаемых пчёлами (1 улочка – 300 г пчёл). Медовая продуктивность определялась по товарному и валовому мёду. Количество мёда в сотах определялось взвешиванием

на электронных весах-безмене Energy BEZ-150 (25 кг) с точностью 5 г.

Для изучения зимостойкости определяли: количество пчёл в каждой семье (осенью и весной), объёмы потребления мёда. Весной учитывалась общая масса погибших в зимовке пчёл в каждой семье, состояние сотов и рамок на наличие следов поноса. Обе группы пчёл зимовали на воле под снегом в деревянных ульях с рамками размером 435 x 300.

Группы пчелиных семей для эксперимента формировались методом пар-аналогов. В каждой группе по 25 пчелосемей. Для статистической обработки первичных данных использованы традиционные биометрические методы Н. А. Плохинского [11].

Результаты. Для того чтобы оценить состояние пчелиной семьи в конкретный момент времени (это даст возможность спрогнозировать её продуктивный потенциал при освоении главного медосбора), определить интенсивность её развития, нами были установлены реперные точки, т.е. конкретные календарные даты весной в мае и летом в июне. В эти даты проводили запланированные замеры указанных выше показателей в соответствии с заявленной методикой. Значения изучаемых показателей, полученные на дату 12.05.2024 г., представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что в мае среднее значение массы пчёл в метизированных семьях было на 9,4% выше, чем в чистопородных, и составляло 2,24 кг, против 2,03 кг. В силу того, что в настоящее время по-

пулярны у пчеловодов карпатские и краинские пчёлы, их массово завозят на территорию Ярославской области. Поэтому можно предположить, что вероятнее всего пчёлы, участвующие в данном эксперименте, были метизированы в большей степени именно этими породами. Как известно, карпатские пчёлы характеризуются бурным весенним развитием и высокой яйценоскостью маток. Поэтому на дату 12.05.2024 г., т.е. к середине мая, метизированные пчёлы смогли нарастить несколько большую массу по сравнению с чистопородными [12]. В данном случае этот факт не имеет принципиально важного значения. Дело в том, что, если акцент делается на получение продукции пчеловодства, а в данном случае речь идёт о повышении эффективности производства мёда, принципиально важно, чтобы пчёлы полноценно отработали на сборе нектара в июле во время массового цветения медоносов. Для этого они должны набрать максимальную силу к концу июня, чтобы полностью проявить свой потенциал и максимально использовать главный медосбор. Поэтому для изучения был выбран период, включающий вторую половину мая и первую половину июня.

Кроме того, данные таблицы 1 показывают, что в семьях чистопородных среднерусских пчёл на дату 12.05.2024 г. насчитывалось 204,1 сотен ячеек запечатанного расплода, у помесных пчёл – 198,6 сотен ячеек, что на 2,7% меньше. Этот показатель не менее важен, чем масса пчёл. Он косвенно показывает уровень плодovitости пчелиных маток. Зафиксированное высокое

Таблица 1 – Масса пчёл и количество печатного расплода в семьях на дату 12.05.2024 г. (n = 25)

Показатель	Среднерусские пчёлы		Метизированные пчёлы	
	lim	M±m	lim	M±m
Масса пчёл в семьях, кг	1,4–2,6	2,03±0,107	1,2–2,9	2,24±0,121
Количество печатного расплода, сотен ячеек	155,0–249,8	204,1±5,72	133,4–276,5	198,6±6,53

значение данного показателя у среднерусских пчёл также говорит о том, что при выходе этого расплода из ячеек сотов масса рабочих пчёл в чистопородных семьях в течение второй половины мая превысит этот показатель у семей помесных пчёл.

Эти два показателя в достаточной степени характеризуют состояние пчелиных семей в отношении их силы. Если сравнить значения показателя массы пчёл и значения показателя количества печатного расплода в начале и в конце изучаемого периода, то получим представление об интенсивности развития пчелиных семей. В нашем случае важно было сравнить интенсивность

развития семей чистопородных пчёл и помесных именно в период подготовки к главному медосбору. Результаты, полученные в ходе данного этапа исследований, приведены в таблице 2.

Данные таблицы 2 показывают, что к середине июня на дату 15.06.2024 г., то есть с приближением срока начала главного медосбора, семьи чистопородных среднерусских пчёл опередили в развитии семьи помесных пчёл. Среднее значение показателя массы рабочих пчёл в их семьях оказалось выше на 12,4% и составило 3,72 кг, против 3,26 кг у семей помесных пчёл. Как и предполагалось, это произошло в результате того, что

Таблица 2 – Масса пчёл и количество печатного расплода в семьях на дату 15.06.2024 г. (n = 25)

Показатель	Среднерусские пчёлы		Метизированные пчёлы	
	lim	M±m	lim	M±m
Масса пчёл в семьях, кг	3,1–3,9	3,72±0,105	2,7–3,6	3,26±0,112
Количество печатного расплода, сотен ячеек	361,0–476,5	448,7±6,41	332,5–474,2	405,5±7,23

за данный период времени печатный расплод (которого уже в мае на дату 12.05.2024 г было больше в чистопородных семьях) в ячейках сотов дозрел и из него вывелись рабочие особи, увеличив общую массу рабочих пчёл в семьях чистопородных среднерусских пчёл.

Также из данных, приведённых в таблице 2, видно, что и далее в своём развитии чистопородные пчёлы будут опережать помесных. Об этом свидетельствует то, что количество печатного расплода, из которого выведутся молодые рабочие особи, в чистопородных семьях на дату 15.06.2024 г. зафиксировано 448,7 сотен ячеек, а у помесных пчёл – 405,5 сотен ячеек (меньше на 9,6%).

В рамках данного эксперимента проведено сравнительное изучение медовой продуктивности чистопородных среднерусских и метизированных пчёл в сезон 2024 г. Главный медосбор в Ярославской области приходится на июль, который в 2024 г. был не вполне благоприятным для выделения нектара растениями. Днём было сухо и жарко. В течение семи дней отмечались осадки разной степени интенсивности. Средняя температура месяца составляла днём +25°C, ночью +15°C. Поэтому медосбор оказался относительно невысоким.

В пчеловодстве обычно оперируют понятиями «валовый мёд», «кормовой мёд», «товарный мёд». Наиболее надёжным для достоверной оценки медовой продуктивности пчелосемей служит показатель «количество валового мёда на 1 пчелосемью», так как он полностью отражает потенциал, проявленный пчелосемьей за сезон. Количество валового мёда складывается из количества мёда, которое оставляется в улье в качестве корма на зиму (в данном эксперименте по 22,0–25,0 кг из расчёта на одну зимующую пчелосемью) и количества мёда, которое пчеловод изъём из пчелосемьи для реализации или иного использования – товарный мёд. В рамках настоящих исследований от одной чистопородной пчелосемьи было взято по 19,8 кг мёда, с помесной пчелосемьи – по 14,5 кг. Это средние значения товарного мёда по экспериментальным группам.

Для сравнительной оценки медовой продуктивности чистопородных и помесных пчёл фиксировалось количество собранного валового мёда каждой пчелосемьей за сезон 2024 г. и рассчитывалось среднее значение этого показателя по группе (табл. 3).

Данные, приведённые в таблице 3, свидетельствуют о том, что чистопородные пчёлы превзошли метизированных пчёл по медовой продуктивности на 12,2% в сезон 2024 г. в экологических условиях подзоны южной тайги (в Любимском районе Ярославской области) на

медосборе с дикорастущих лесных и луговых медоносов. Следует заметить, что зафиксированный в ходе настоящих исследований уровень медосбора невозможно оценить как выдающийся (собрано валового мёда чистопородными пчёлами по 43,3 кг, метизированными – по 38,0 кг из расчёта на одну пчелосемью), но и нельзя сказать, что он совсем низкий. Собранное пчёлами количество валового мёда позволило сформировать на зиму изобильные кормовые запасы всем пчелосемьям, как указывалось выше, и получить товарный мёд.

Для определения зимостойкости пчёл изучалось состояние пчелиных семей осенью 2024 г. и весной 2025 г. Результаты приведены в таблицах 4 и 5.

Анализируя данные, представленные в таблице 4, можно предположить, что в чистопородных среднерусских пчелосемьях количество рабочих особей осенью в октябре было значительно (на 25,9%) больше, по сравнению с помесными пчелосемьями, по причине того, что чистопородные сумели нарастить обильное молодое поколение «неизработанных» на медосборе пчёл. Молодые особи имеют больший физиологический потенциал по сравнению с пчёлами, участвовавшими в полевых работах на медосборе, для длительной зимовки в сложных северных условиях. Поэтому можно ожидать, что они лучше перезимуют и к следующему медосборному сезону подойдут более сильными [13]. В натуральном выражении масса рабочих пчёл в чистопородных семьях при учёте 07.10.2024 г. была зафиксирована на уровне 2,28 кг (расчётное среднее значение по группе), в помесных семьях – 1,69 кг, т.е. на 0,59 кг меньше. Для осеннего состояния пчелиных семей накануне предстоящей зимовки эта разница существенная.

Расход корма за зиму – важный показатель. С одной стороны его низкое значение говорит об экономии корма. С другой стороны, что ещё важнее, чем больше пчёлы потребляют корма в зимовке, тем больше и быстрее переполняется их кишечник, что негативно сказывается на их физиологическом состоянии, т.к. пчёлы не испражняются в гнезде в течение всей зимовки, а освобождают кишечник лишь во время первого весеннего, так называемого очистительного облёта. А переполненный кишечник может провоцировать возникновение поноса, ослабление организма пчёл и появление болезней.

По нашим данным, чистопородные пчёлы, при большей своей массе осенью, использовали в ходе зимовки корма 12,7 кг (из расчёта на 1 пчелосемью), что меньше на 14,8% (на 2,2 кг), чем помесные (14,9 кг).

Таблица 3 – Сбор валового мёда пчёлами экспериментальных групп, кг/пчелосемью (n = 25)

Показатель	Среднерусские пчёлы	Метизированные пчёлы
lim	33,2–54,9	25,4–47,0
M±m	43,3±1,76	38,0±2,37
Cv, %	5,11	8,56
td	1,95*	

Примечание: * – P < 0,05.

Таблица 4 – Количество рабочих пчёл в экспериментальных пчелосемьях осенью 2024 г. и расход корма за зиму (n = 25)

Показатель	Среднерусские пчёлы			Метизированные пчёлы			td
	lim	M±m	Cv, %	lim	M±m	Cv, %	
Масса пчёл в семьях осенью, кг	1,77–2,51	2,28±0,31	11,6	1,60–2,17	1,69±0,22	15,9	2,44**
Расход корма за зиму, кг	12,9–15,4	12,7±0,33	12,2	13,7–16,2	14,9±0,46	18,6	1,73*
Расход корма за зиму на 1 ульщик, кг	1,49–2,08	1,71±0,23	5,4	1,68–2,29	1,95±0,19	6,9	1,94*

Примечание: * – P < 0,05; ** – P < 0,01.

Нельзя утверждать категорически, что эта разница принципиальная и многозначительная, но существенная. Для удобства и наглядности в пчеловодстве используется расчётный показатель – расход корма за зиму в пересчёте на одну улочку (одна улочка – это расстояние между двумя соседними сотами в пчелином гнезде, полностью обсиживаемое (занятое) пчёлами. В одной улочке – 0,30 кг рабочих пчёл. По нашим данным, 300 г (одна улочка) чистопородных пчёл за зиму освоили по 1,71 кг мёда, т.е. на 12,3% (на 240 г) меньше, чем помесные пчёлы (по 1,95 кг). Повышенное потребление корма может не лучшим образом повлиять на качество зимовки, оценить которое помогут данные, полученные в ходе эксперимента и приведенные в таблице 5.

Показатели, значения которых приведены в таблице 5, достаточно наглядно характеризуют состояние пчелосемей весной и одновременно позволяют оценить качество зимовки. Весной 2025 г. первая проверка пчелиных семей, задействованных в эксперименте, проводилась в тёплые солнечные дни 19 апреля (при температуре воздуха +23°C) и 20 апреля (при температуре воздуха +25°C). К этому времени чистопородные пчелосемьи имели массу рабочих пчёл 2,48 кг (среднее значение по группе из расчёта на 1 пчелосемью), помесные – 1,79 кг – на 19,8% (на 0,49 кг) меньше. Чем сильнее семья выйдет из зимовки, тем быстрее она будет развиваться, тем большую силу она сможет нарастить к началу главного медосбора, обычно начинающемуся в средней полосе России в первых числах июля. Только сильные пчелосемьи в состоянии мобилизоваться и максимально полно использовать период главного медосбора, который в этой зоне весьма короткий, а порой перемежающийся с дождями.

Среди полученных в эксперименте данных также присутствует традиционный классический показатель – общее количество расплода в пчелиной семье весной, характеризующий состояние семьи и дающий возможность сделать предположение о перспективе её дальнейшего развития. Мы установили, что в семьях чистопородных пчёл весной во время первой проверки было 186,4 сотен ячеек расплода (среднее значение по группе), в семьях помесных пчёл – 158,2 сотен ячеек, т.е. на 15,1% (на 28,2 сотен ячеек) меньше. Полученные результаты позволяют предположить, что дальнейший рост чистопородных семей будет идти интенсивнее, по сравнению с помесными.

Надёжным показателем, позволяющим оценить качество зимовки, служит количество пчелиного подмора весной. В ходе настоящих исследований было выявлено количество подмора в семьях чистопородных пчёл – 75,5 г (среднее значение по группе), у помесных пчёл значение этого показателя превышало весьма значительно, почти в три раза (на 279,2%) и составило на день проверки 286,3 г.

Общий внешний осмотр гнёзд пчелиных семей выявил в семи семьях из группы помесных пчёл (28,0%) подтёки испражнений на сотах и рамках. Это означает, что 28,0% семей помесных пчёл не смогли полноценно перенести зимовку, их кишечники переполнились. Кроме этого, три семьи (12,0%) вовсе не перезимовали и погибли. Причём, надо заметить, что дефицита корма у них не было, запасы кормового мёда в этих семьях имелись в достаточном количестве. Сохранность в группе помесных пчелиных семей в зимовке оказалась 88,0%.

В ульях, в которых зимовали чистопородные среднерусские пчёлы, следов испражнений не было выявлено.

Таблица 5 – Количество рабочих пчёл, расплода и подмора в экспериментальных пчелосемьях весной 2025 г. (n = 25)

Показатель	Среднерусские пчёлы			Метизированные пчёлы			td
	lim	M±m	Cv, %	lim	M±m	Cv, %	
Масса пчёл в семьях весной, кг	1,95–2,73	2,48±0,28	5,05	1,56–2,24	1,79±0,34	6,34	2,17**
Количество расплода весной, сотен ячеек	138,8–193,7	186,4±10,27	3,14	126,5–187,0	158,2±13,17	4,51	1,76*
Количество подмора весной, г	28,7–125,5	75,5±0,15	4,32	195,3–495,7	286,3±0,21	5,57	2,94***

Примечание: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001.

но. Днища и стенки ульев, соты и рамки были чистые и сухие. Как уже говорилось, подмора пчелиного было незначительное количество (75,5 г), которое не оказывает принципиального влияния на дальнейшее развитие пчелосемьи после выхода из зимовки. Важно отметить, что гибели чистопородных пчелосемей не было, все они перезимовали и стали успешно развиваться.

Таким образом, семьи чистопородных среднерусских пчёл развивались во второй половине мая и в июне, т.е. перед началом главного медосбора, интенсивнее и превосходили помесных пчёл по валовой медовой продуктивности, меньше израсходовали корма за зиму и значительно лучше перенесли зимовку.

Выводы.

1. Установлено, что в весенний период (май) метизированные пчёлы превосходили чистопородных по средней массе семьи (2,24 кг против 2,03 кг, или на 9,4%). Однако по количеству печатного расплода преимущество (2,7%) оказалось на стороне среднерусских пчёл (204,1 против 198,6 сотен ячеек). К 15 июня чистопородные семьи уже опережали метизированных по массе на 12,4% (3,72 и 3,26 кг соответственно) и по расплоду на 9,6% (448,7 и 405,5 сотен ячеек).

2. Валовая медовая продуктивность в условиях 2024 г. была выше у среднерусских пчёл: 43,3 кг на пчелосемью против 38,0 кг – у метизированных (разница 12,2% при $P < 0,05$). Коэффициент вариации данного признака в группе чистопородных пчёл оказался ниже

(5,11% против 8,56%), что свидетельствует о большей выравненности семей по продуктивности.

3. Осенью масса среднерусских семей составила 2,28 кг, у метизированных этот показатель не превысил 1,69 кг (на 25,9% меньше; $P < 0,01$). За зимний период чистопородные пчёлы израсходовали в среднем 12,7 кг корма, что на 2,2 кг (14,8%) меньше по сравнению с метизированными (14,9 кг; $P < 0,05$). В пересчёте на одну улочку расход корма у среднерусских пчёл также оказался ниже – 1,71 кг против 1,95 кг (на 12,3%; $P < 0,05$).

4. Весной следующего года среднерусские семьи при выходе из зимовки имели достоверно большую массу (2,48 против 1,79 кг, или на 19,8%; $P < 0,01$) и количество расплода (186,4 против 158,2 сотен ячеек, или на 15,1%; $P < 0,05$). Количество подмора в чистопородных семьях составило в среднем 75,5 г, что на 279,2% меньше, чем у метизированных (286,3 г; $P < 0,001$).

5. В гнёздах семи пчелосемей из группы помесных пчёл (28,0%) выявлены подтёки испражнений на сотах и рамках. Это означает, что они не смогли полноценно перенести зимовку, их кишечника переполнились. Три семьи (12,0%) вовсе не перезимовали и погибли. Причём запасы кормового мёда в этих семьях имелись в достаточном количестве. Сохранность в группе помесных пчелиных семей в зимовке оказалась 88,0%. Гибели пчелосемей чистопородных пчёл не было, все они перезимовали и стали успешно развиваться.

Список источников

1. Чесноков Ю. В., Косолапов В. М. Генетические ресурсы растений и ускорение селекционного процесса. М. : Угрешская типография, 2016. 172 с. ISBN 978-5-91850-055-2. EDN WIZXLF.
2. Ильясов Р. А., Ильясова А. Ю., Саттаров В. Н. [и др.] Методы исследования медоносной пчелы : монография. Уфа : Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, 2025. 372 с. ISBN 978-5-605-17002-0. EDN QFFEIO.
3. Кривцов Н. И., Гранкин Н. Н. Среднерусские пчелы и их селекция : монография. Рыбное : ГНУ НИИП Россельхозакадемии, 2004. ISBN 5-900205-41-X. EDN QKWIYJ.
4. Кривцов Н. И. Генетические основы и перспективы селекции // Пчеловодство. 2016. № 9. С. 26–29. EDN ZBKWVZ.
5. Каскинова М. Д., Салихова А. М., Гайфуллина Л. Р. [и др.] Генетические методы в селекции медоносной пчелы // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2023. Т. 27, № 4. С. 366–372. DOI 10.18699/VJGB-23-44. EDN SFPATY.
6. Ткачева И. С., Чугреев М. К. Применение схемы разведения с ослабленным влиянием инбридинга для восстановления ресурсов темных европейских пчел (*Apis mellifera mellifera* L.) // Естественные и технические науки. 2021. № 1 (152). С. 47–50. DOI 10.25633/ETN.2021.01.04. EDN RDSRPW.
7. Чугреев М. К., Маннапов А. Г., Ткачева И. С. Перспективы восстановления и репродукции ресурсов среднерусской пчелы *Apis mellifera mellifera* L. на территории Ярославской области // Естественные и технические науки. 2017. № 11 (113). С. 44–47. EDN YMEOCM.
8. Островерхова Н. В., Конусова О. Л. Некоторые проблемы идентификации подвидов медоносной пчелы и их решение на примере изучения *Apis mellifera* в Сибири // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57, № 2. С. 283–303. DOI 10.15389/agrobology.2022.2.283rus. EDN ZIZWCE.
9. Горнич Е. А., Ткачева И. С., Чугреев М. К., Дурягина А. В. Изучение морфологических и биологических признаков медоносных пчёл Ярославской области и отбор племенного материала для репродукции среднерусской породы // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 2 (62). С. 53–60. DOI 10.35694/YARCX.2023.62.2.009. EDN ZCEBCB.
10. Горнич Е. А., Ткачева И. С., Чугреев М. К. Ресурсы среднерусских пчел на севере европейской России : монография. Ярославль : Ярославский государственный аграрный университет, 2023. 160 с. ISBN 978-5-98914-272-9. EDN INHKWP.
11. Плохинский Н. А. Биометрия. 2-е изд. М. : Изд-во Московского университета, 1970. 367 с.
12. Чугреев М. К., Тормосина Т. Т. Сравнительное изучение работы карпатских пчел на опылении клевера лугового в условиях Ярославской области // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 5. С. 70–71. EDN NUNBWZ.
13. Кулаков В. Н. Учет продолжительности зимовки пчел при оценке значимости субъектов Российской Федерации для пчеловодства // Аграрная наука. 2020. № 5. С. 91–95. DOI 10.32634/0869-8155-2020-338-5-91-95. EDN LXLWAP.

References

1. Chesnokov Yu. V., Kosolapov V. M. Geneticheskie resursy rastenij i uskorenie selekcionnogo processa. M. : Ugreshskaya tipografiya, 2016. 172 s. ISBN 978-5-91850-055-2. EDN WIZXLF.
2. Il'yasov R. A., Il'yasova A. Yu., Sattarov V. N. [i dr.] Metody issledovaniya medonosnoj pchely : monografiya. Ufa : Ufimskij federal'nyj issledovatel'skij centr RAN, 2025. 372 s. ISBN 978-5-605-17002-0. EDN QFFEIO.
3. Krivtsov N. I., Granin N. N. Srednerusskie pchely i ih selekciya : monografiya. Rybnoe : GNU NIIP Rossel'hoz akademii, 2004. ISBN 5-900205-41-X. EDN QKWIYJ.

4. Krivtsov N. I. Geneticheskie osnovy i perspektivy selekcii // Pchelovodstvo. 2016. № 9. S. 26–29. EDN ZBKWVZ.
5. Kaskinova M. D., Salikhova A. M., Gajfullina L. R. [i dr.] Geneticheskie metody v selekcii medonosnoj pchely // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2023. T. 27, № 4. S. 366–372. DOI 10.18699/VJGB-23-44. EDN SFPATY.
6. Tkacheva I. S., Chugreev M. K. Primenenie skhemy razvedeniya s oslablennym vliyaniem inbridinga dlya vosstanovleniya resursov temnykh evropejskikh pchel (*Apis mellifera mellifera* L.) // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2021. № 1 (152). S. 47–50. DOI 10.25633/ETN.2021.01.04. EDN RDSRPW.
7. Chugreev M. K., Mannapov A. G., Tkacheva I. S. Perspektivy vosstanovleniya i reprodukcii resursov srednerusskoj pchely *Apis mellifera mellifera* L. na territorii Yaroslavskoj oblasti // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2017. № 11 (113). S. 44–47. EDN YMEOCM.
8. Ostroverkhova N. V., Konusova O. L. Nekotorye problemy identifikacii podvidov medonosnoj pchely i ih reshenie na primere izucheniya *Apis mellifera* v Sibiri // Sel'skhozozajstvennaya biologiya. 2022. T. 57, № 2. S. 283–303. DOI 10.15389/agrobology.2022.2.283rus. EDN ZIZWCE.
9. Gornich E. A., Tkacheva I. S., Chugreev M. K., Duryagina A. V. Izuchenie morfologicheskikh i biologicheskikh priznakov medonosnykh pcholy Yaroslavskoj oblasti i otbor plemennogo materiala dlya reprodukcii srednerusskoj porody // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 2 (62). S. 53–60. DOI 10.35694/YARCX.2023.62.2.009. EDN ZCEBCB.
10. Gornich E. A., Tkacheva I. S., Chugreev M. K. Resursy srednerusskikh pchel na severe evropejskoj Rossii : monografiya. Yaroslavl' : Yaroslavskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023. 160 s. ISBN 978-5-98914-272-9. EDN INHKWP.
11. Plokhinskij N. A. Biometriya. 2-e izd. M. : Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1970. 367 s.
12. Chugreev M. K., Tormosina T. T. Sravnitel'noe izuchenie raboty karpatskikh pchel na opylenii klevera lugovogo v usloviyah Yaroslavskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. № 5. S. 70–71. EDN NUNBWZ.
13. Kulakov V. N. Uchet prodolzhitel'nosti zimovki pchel pri ocenke znachimosti sub"ektov Rossijskoj Federacii dlya pchelovodstva // Agrarnaya nauka. 2020. № 5. S. 91–95. DOI 10.32634/0869-8155-2020-338-5-91-95. EDN LXLWAP.

Сведения об авторах

Михаил Константинович Чугреев – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 7139-8979.

Екатерина Валерьевна Егорова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 8600-4499.

Екатерина Андреевна Горнич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 4473-9416.

Information about the authors

Mikhail K. Chugreev – Doctor of Biological Sciences, Docent, Head of the Department of the Production and Processing Technology of Agricultural Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 7139-8979.

Ekaterina V. Egorashina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 8600-4499.

Ekaterina A. Gornich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of the Production and Processing Technology of Agricultural Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 4473-9416.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья

УДК 636.036

doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.012

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «АБИОТОНИК» В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА КУР-НЕСУШЕК

**Валентина Михайловна Бачинская¹, Федор Иванович Василевич²,
Дмитрий Витальевич Гончар³, Анастасия Валериевна Шаркова⁴**

^{1, 4}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

^{2, 3}Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –

МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

¹bachinskaya1980@mail.ru, ORCID 0000-0001-7763-3066

²f-vasilevich@inbox.ru, ORCID 0009-0006-8634-0568

³san111194@mail.ru, ORCID 0000-0003-0786-5317

⁴sharkovaii98@gmail.com, ORCID 0009-0009-2800-4664

Реферат. В статье представлена оценка влияния кормовой добавки «Абиотоник» (гидролизат соевого белка, обогащённый витаминами и микроэлементами) на продуктивные и физиологические показатели кур-несушек кросса «Хайсекс коричневый». Исследование проводили на контрольной и опытной группах птицы в течение 51 суток. В ходе эксперимента учитывались яйценоскость, динамика живой массы, а также гематологические и биохимические показатели крови. Применение добавки «Абиотоник» способствовало достоверному повышению яйценоскости: в опытной группе получено $41,2 \pm 1,08$ яйца на одну голову против $37,9 \pm 1,09$ в контроле. В опытной группе также отмечено достоверное увеличение живой массы птицы. Анализ гематологических показателей выявил статистически значимое снижение скорости оседания эритроцитов (СОЭ), что свидетельствует о снижении выраженности воспалительных процессов. Биохимические исследования показали достоверное повышение содержания железа в сыворотке крови. По ряду показателей (количество эритроцитов, содержание общего белка, кальция) отмечены положительные тенденции, отражающие улучшение обменных процессов и физиологического состояния птицы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что включение кормовой добавки «Абиотоник» в рацион кур-несушек сопровождается улучшением продуктивных и физиологических показателей, не оказывает негативного влияния на организм птицы и может быть рекомендовано для использования в промышленном птицеводстве.

Ключевые слова: кормовая добавка на основе гидролизата соевого белка, продуктивность кур-несушек, яйценоскость, «Абиотоник», гематологические и биохимические показатели

EFFECTIVENESS EVALUATION OF THE FEED ADDITIVE “ABIOTONIC” IN INCREASING THE PRODUCTIVITY AND PHYSIOLOGICAL STATUS OF LAYING HENS

**Valentina M. Bachinskaya¹, Fedor I. Vasilevich²,
Dmitriy V. Gonchar³, Anastasiya V. Sharkova⁴**

^{1, 4}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

^{2, 3}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –

MVA by K. I. Skryabin, Moscow, Russia

¹bachinskaya1980@mail.ru, ORCID 0000-0001-7763-3066

²f-vasilevich@inbox.ru, ORCID 0009-0006-8634-0568

³san111194@mail.ru, ORCID 0000-0003-0786-5317

⁴sharkovaii98@gmail.com, ORCID 0009-0009-2800-4664

Abstract. The article presents an assessment of the effect of the feed additive “Abiotonic” (soybean protein hydrolysate enriched with vitamins and microelements) on the productive and physiological indicators of laying hens of the “Hisex brown” cross. The research was conducted on the control and experimental groups of poultry for 51 days. Laying ability, live weight dynamics as well as hematological and biochemical blood parameters were taken into account during the experiment. The use of the additive “Abiotonic” contributed to a significant increase in laying ability: 41.2 ± 1.08 eggs per head were obtained in the experimental group versus 37.9 ± 1.09 in the control. A significant increase in the live weight of poultry was also noted in the experimental group. Analysis of hematological parameters revealed a statistically significant decrease in the erythrocyte sedimentation rate (ESR), which indicates a decrease in the severity of inflammatory

**Оценка эффективности кормовой добавки «Абиотоник» в повышении продуктивности
и физиологического статуса кур-несушек**

processes. Biochemical studies have shown a significant increase in serum iron content. For a number of indicators (the number of red blood cells, the content of total protein, calcium), positive trends were noted, reflecting an improvement in metabolic processes and the physiological state of poultry. The results obtained indicate that adding the feed additive "Abiotonic" in the diet of laying hens is accompanied by an improvement in productive and physiological indicators, does not have a negative effect on the body of poultry and can be recommended for use in industrial poultry farming.

Keywords: feed additive based on soy protein hydrolysate, productivity of laying hens, laying ability, Abiotonic, hematological and biochemical parameters

Введение. Актуальной задачей современного птицеводства является поиск и внедрение кормовых добавок, повышающих продуктивность птицы и раскрывающих её физиологический потенциал [1; 2]. Особенно остро данный вопрос стоит в отношении высокопродуктивных кроссов, таких как «Хайсекс коричневый». Несушки данного кросса характеризуются высокой яичной продуктивностью и интенсивным ростом [3]. У несушек «Хайсекс коричневый» могут наблюдаться изменения гематологических и биохимических показателей крови, таких как снижение количества эритроцитов и лейкоцитов, изменение активности ферментов печени и другие [4; 5]. Устранить данные нарушения способны комплексные пищевые добавки, позволяющие нормализовывать белковый обмен кур [1; 6; 7]. При этом значительное внимание уделяется добавкам на основе гидролизата растительного белка, которые включают аминокислоты, витамины и микроэлементы, необходимые курам высокопродуктивных кроссов [1; 2]. Разработка и поиск таких добавок является целью современного АПК.

Одной из добавок, вызывающих особый интерес, является «Абиотоник» производства компании ООО «А-БИО» [2; 8]. В её составе присутствуют аминокислоты с витаминно-минеральным комплексом, что может способствовать более эффективному усвоению питательных веществ, а, следовательно, улучшению продуктивных показателей и общего состояния несушек.

Влияние комплексных препаратов с гидролизированными белками в составе с витаминно-минеральными компонентами на продуктивность и физиологическое состояние кур-несушек изучено недостаточно [6; 9]. В связи с этим целью настоящего исследования является оценка влияния кормовой добавки «Абиотоник» на яйценоскость, динамику живой массы, а также гематологические и биохимические показатели крови кур-несушек.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования использовали кур-несушек яичного направления продуктивности кросса «Хайсекс коричневый». По принципу аналогов были сформированы две группы птицы: контрольная и опытная, по 20 голов в каждой. Возраст птицы на момент начала опыта составлял 120 суток.

Содержание птицы осуществляли в одинаковых условиях, соответствующих зоотехническим и ветеринарно-санитарным требованиям. Кормление проводили с использованием полнорационного комбикорма, сбалансированного по основным питательным веществам, в соответствии с потребностями кур-несушек. Контрольная группа получала основной рацион без добавок. В опытной группе дополнительно к рациону применяли кормовую добавку «Абиотоник» (ООО «А-БИО») в дозировке 1 мл/кг живой массы ежедневно в течение всего периода эксперимента.

Добавка «Абиотоник» представляет собой комплексный продукт на основе гидролизата соевого, обогащённый витаминами (А, В₁, В₂, В₅, В₆, В₉, С, D₃, Е, К₃) и микроэлементами (Se, I, Fe).

Продолжительность эксперимента составила 51 сутки. Учёт яйценоскости проводили ежедневно. Живую массу птицы определяли индивидуально в начале и по завершении опыта.

Для характеристики физиологического состояния кур осуществляли отбор проб крови с последующим определением гематологических (гемоглобин, количество эритроцитов и лейкоцитов, скорость оседания эритроцитов, средний объём эритроцита) и биохимических показателей (активность АСТ и АЛТ, содержание общего белка, альбумина, амилазы, щелочной фосфатазы, железа и др.). Обработку экспериментальных данных выполняли с применением t-критерия Стьюдента.

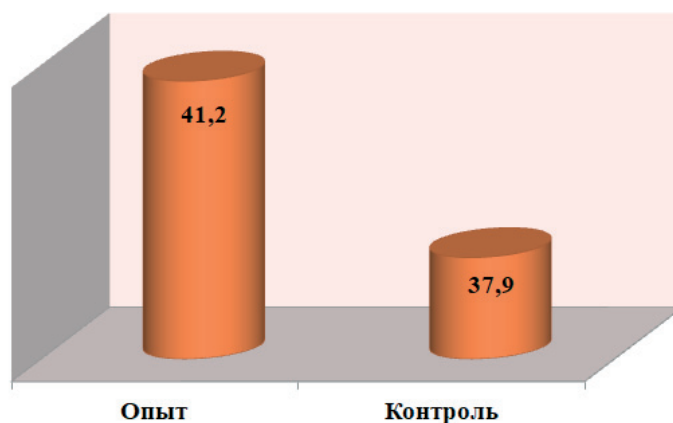


Рисунок 1 – Получено яиц на 1 голову за весь период эксперимента, шт.

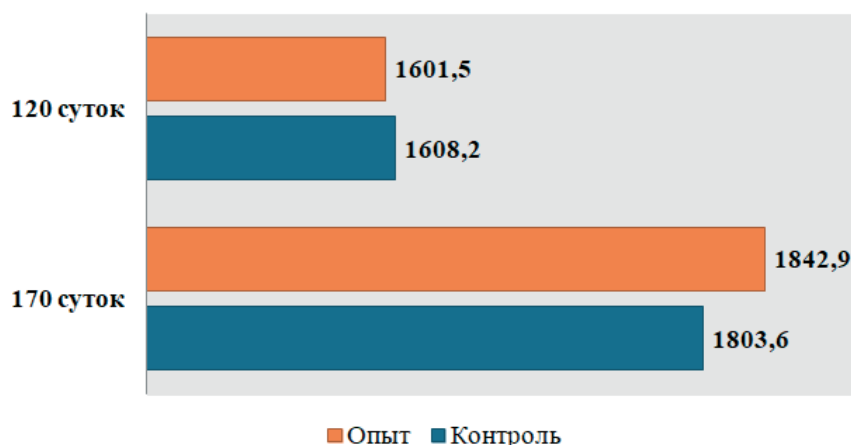


Рисунок 2 – Живая масса кур-несушек, г

Достоверность различий оценивали при уровне значимости $p \leq 0,05$. Полученные результаты представлены в виде среднего арифметического значения и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$).

Результаты исследований и обсуждение. Установлено, что все исследуемые показатели находились в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния кормовой добавки «Абиотоник» на организм птицы.

Количество яиц, полученных на одну голову за весь период эксперимента, в опытной группе составило $41,2 \pm 1,08$ шт., что достоверно превышало аналогичный показатель в контрольной группе ($37,9 \pm 1,09$ шт.; $p \leq 0,05$), результаты представлены на рисунке 1.

Выявленный эффект может быть обусловлен высоким содержанием легкоусвояемых аминокислот в гидролизате соевого белка, которые необходимы для синтеза яичного белка и формирования яйцеклетки. Дополнительное поступление витаминов группы В способствует активизации энергетического обмена, тогда как витамины А, D₃ и Е участвуют в регуляции процессов овогенеза. В совокупности это обеспечивает повышение интенсивности образования яиц.

Полученные результаты согласуются с данными других исследователей, отмечающих повышение яйце-

носкости при использовании соевых биоактивных пептидов в рационах кур-несушек [1; 7; 10].

В опытной группе отмечено достоверное увеличение живой массы птицы в динамике эксперимента – с $1601,5 \pm 58,40$ г до $1842,9 \pm 60,33$ г ($p \leq 0,01$). В сравнении с контролем, прирост живой массы подопытной птицы к концу эксперимента был выше на 23,5%. Динамика изменения живой массы кур-несушек в начале (120 суток) и в конце (170 суток) эксперимента представлена на рисунке 2.

Полученные данные могут быть связаны с улучшением переваримости и усвоения питательных веществ, а также усилением анаболических процессов под влиянием гидролизированных белков и витаминно-минерального комплекса [3]. Отсутствие статистически значимых межгрупповых различий к концу эксперимента, вероятно, обусловлено ограниченной продолжительностью эксперимента и индивидуальной вариабельностью показателей.

При анализе гематологических показателей в опытной группе наблюдалось достоверное снижение скорости оседания эритроцитов (СОЭ) – до $1,67 \pm 0,26$ мм/ч против $3,50 \pm 0,35$ мм/ч в контрольной группе, что может свидетельствовать о снижении интенсивности воспалительных процессов при применении добавки «Абиото-

Таблица 1 – Гематологические показатели крови кур-несушек, $X \pm Sx$

Показатель	Возраст кур-несушек, суток	Группа	
		контрольная	опытная
Гемоглобин, г/л	120	$124,50 \pm 14,50$	$125,30 \pm 5,89$
	170	$128,00 \pm 14,85$	$139,43 \pm 4,79$
Эритроциты, $10^{12}/л$	120	$3,54 \pm 0,18$	$3,48 \pm 0,12$
	170	$3,39 \pm 0,38$	$3,80 \pm 0,03$
Средний объем эритроцита, фл	120	$108,14 \pm 5,97$	$110,58 \pm 2,97$
	170	$118,34 \pm 2,55$	$119,16 \pm 2,86$
СОЭ, мм/ч	120	$3,50 \pm 0,35$	$3,00 \pm 1,15$
	170	$3,50 \pm 0,35$	$1,67 \pm 0,26$
Лейкоциты, $10^9/л$	120	$12,35 \pm 0,81$	$9,53 \pm 0,76$
	170	$10,20 \pm 1,63$	$11,83 \pm 0,55$

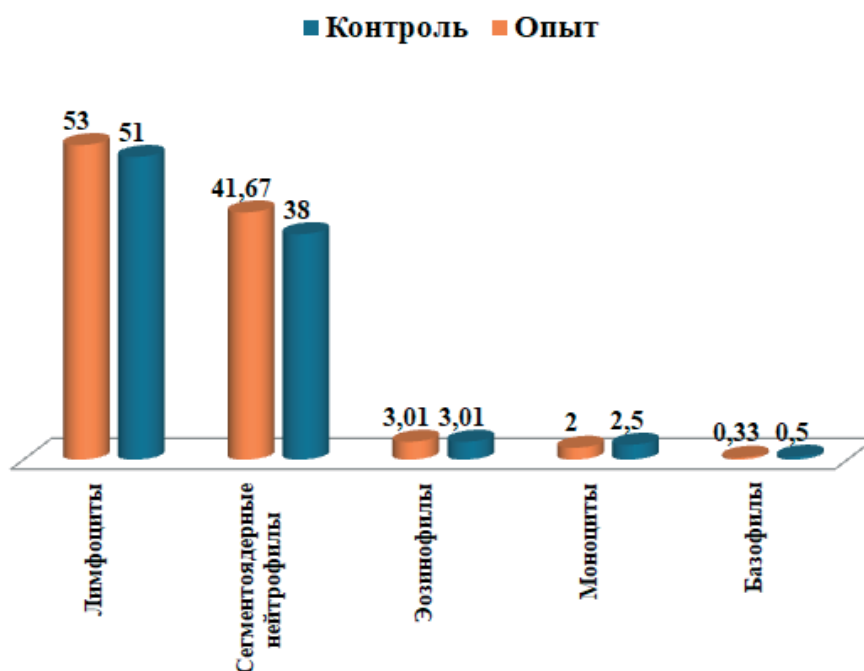


Рисунок 3 – Лейкоцитарная формула крови, %

ник». Результаты гематологических исследований представлены в таблице 1.

Снижение СОЭ в данном эксперименте согласуется с Han Peng et al. (2024), согласно исследованиям которых соевые биоактивные пептиды способны снижать уровень провоспалительных цитокинов, включая IL-1 β и IFN- γ , что обуславливает их иммуномодулирующее действие [11; 12].

В опытной группе отмечено увеличение количества эритроцитов к концу эксперимента на 12,1% в сравнении с контролем. Данный эффект может быть связан со стимуляцией эритропоэза под влиянием железа и вита-

минов группы В, играющих ключевую роль в процессах кроветворения.

Следует учитывать, что для высокопродуктивных кур-несушек характерно относительное снижение уровня эритроцитов вследствие высокой интенсивности обмена веществ, что подтверждается динамикой данного показателя в контрольной группе. Выявленная тенденция увеличения количества эритроцитов может рассматриваться как благоприятный признак, отражающий поддержание эритропоэза [5].

Изменения уровня лейкоцитов в динамике эксперимента находились в пределах физиологических колеба-

Таблица 2 – Биохимические показатели крови кур-несушек, $\bar{X} \pm Sx$

Показатель	Возраст кур-несушек, суток	Группа	
		контрольная	опытная
АСТ, ед./л	120	238,00 $\pm$ 7,78	250,67 $\pm$ 17,45
	170	242,50 $\pm$ 24,40	283,00 $\pm$ 22,32
АЛТ, ед./л	120	23,50 $\pm$ 5,30	29,33 $\pm$ 0,64
	170	23,50 $\pm$ 1,77	23,00 $\pm$ 2,31
Общий белок, г/л	120	52,00 $\pm$ 0,71	49,67 $\pm$ 0,90
	170	52,50 $\pm$ 1,06	53,67 $\pm$ 0,90
Альбумин, г/л	120	21,50 $\pm$ 1,06	24,67 $\pm$ 1,03
	170	23,59 $\pm$ 1,07	26,1 $\pm$ 1,54
Щелочная фосфатаза, ед./л	120	158,25 $\pm$ 30,87	200,7 $\pm$ 21,77
	170	182,45 $\pm$ 43,73	176,13 $\pm$ 30,00
Амилаза, ед./л	120	502,00 $\pm$ 66,47	515,33 $\pm$ 33,36
	170	503,00 $\pm$ 14,85	477,67 $\pm$ 9,49
Железо, мкмоль/л	120	31,50 $\pm$ 0,99	21,47 $\pm$ 1,90
	170	24,90 $\pm$ 0,49	28,63 $\pm$ 0,60

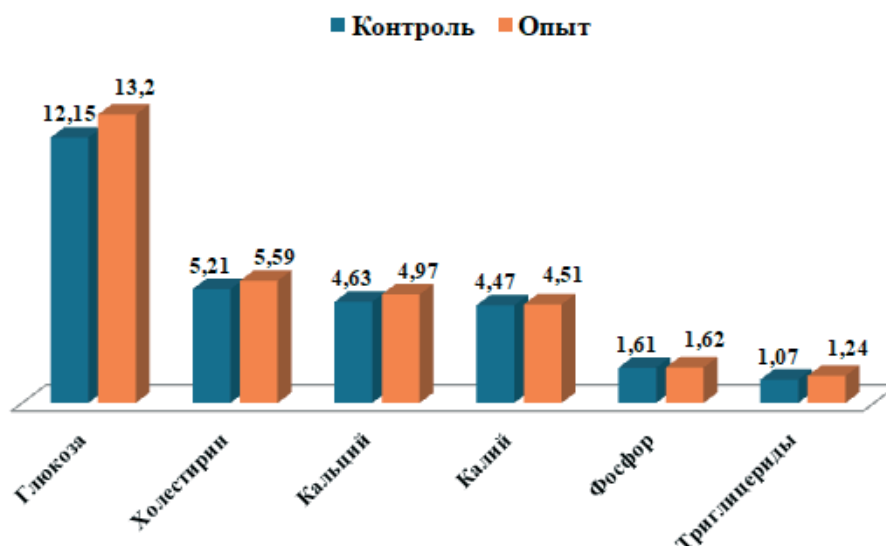


Рисунок 4 – Биохимические показатели крови, ммоль/л

ний и, вероятно, связаны с адаптационными реакциями организма (рис. 3).

Наблюдаемые колебания могут свидетельствовать о повышении иммунореактивности птицы под влиянием витаминно-минерального комплекса.

Биохимический анализ крови показал достоверное повышение содержания железа на 15% в сыворотке крови кур опытной группы по сравнению с контролем ($p \leq 0,001$) (табл. 2).

Данный результат имеет важное физиологическое значение, поскольку железо играет ключевую роль в процессах тканевого дыхания и транспорте кислорода. Повышение его уровня может способствовать улучшению кислородного обеспечения тканей, что особенно важно для птицы с высокой продуктивностью.

Увеличение содержания железа, вероятно, обусловлено как его поступлением в составе добавки, так и улучшением его усвоения. В сочетании с тенденцией к увеличению количества эритроцитов это может свидетельствовать об активации эритропоэза, что положительно влияет на метаболические процессы и продуктивность птицы [10].

Повышение уровня общего белка в крови кур опытной группы (170 суток) на 8,1%, в сравнении с началом эксперимента, указывает на усиление белкового обмена и активацию синтетических процессов, что связано с поступлением легкоусвояемых аминокислот. Данный факт также подтверждает улучшение общего физиологического состояния организма.

По большинству остальных биохимических показателей (активность АСТ и АЛТ, уровень альбумина, амилазы и др.) статистически значимых различий между группами не выявлено, что свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния добавки на функциональное состояние печени и других органов. Наблюдаемые положительные тенденции могут указывать на стабилизацию обменных процессов.

В частности, повышение уровня альбуминов согласуется с данными других исследований, в которых при-

менение соевых биоактивных пептидов сопровождалось улучшением белкового профиля крови и усилением иммунного ответа [10].

При анализе показателей в динамике в опытной группе установлено достоверное изменение уровня холестерина на 7,3% в сравнении с контролем ($p \leq 0,05$), что может быть связано с повышенной функциональной нагрузкой на липидный обмен на фоне роста продуктивности (рис. 4).

Отмечена тенденция к увеличению содержания кальция в опытной группе на 7,3% в сравнении с контролем. Это может быть обусловлено улучшением усвоения кальция в кишечнике под влиянием витамина D₃, входящего в состав добавки. Повышение уровня кальция может рассматриваться как благоприятный признак, указывающий на оптимизацию минерального обмена и потенциальное улучшение качества скорлупы яиц.

Выводы. Данные, полученные в результате исследования, демонстрируют положительное влияние кормовой добавки «Абиотоник» на продуктивность и физиологический статус несушек.

В опытной группе показан более эффективный прирост живой массы – 23,5% по сравнению с контролем. Яйценоскость в опытной группе также выше – на 8,2%. Улучшились отдельные гематологические показатели: снижение скорости оседания эритроцитов, увеличение содержания железа в сыворотке крови и повышение уровня общего белка. Изменения могут свидетельствовать о снижении воспалительных реакций в организме птицы.

Зафиксированы тенденции к повышению количества эритроцитов и уровня кальция, что также показывает благоприятное влияние добавки на кур-несушек.

Таким образом, кормовая добавка «Абиотоник» может рассматриваться как эффективный компонент рационов, направленный на повышение продуктивности и поддержание физиологического статуса птицы.

Список источников

1. Бетин А. Н., Фролов А. И., Лобков В. Ю. Эффективность применения биологически активной добавки Абиопептид в рационах кур-несушек // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. № 3 (27). С. 43–48. EDN TNXIQZ.
2. Шантыз А. Х., Марченко Е. Ю. Хроническая токсичность кормовой добавки Абиотоник // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 161. С. 52–60. DOI 10.21515/1990-4665-161-007. EDN WZOFOS.
3. Ежова О. Ю., Бакаева Л. Н., Беляцкая Ю. Н. Эффективность применения витаминного препарата при выращивании кур промышленного стада // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 3 (63). С. 37–41. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.004. EDN JZOCUK.
4. Колпаков И. Д., Бачинская В. М., Гончар Д. В. Влияние современных кормовых добавок отечественного производства на гистоморфологические показатели мышечной ткани и внутренних органов кур-несушек // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 3. С. 80–87. DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202403009. EDN GTISAJ.
5. Копылова А. С., Сидорова К. А. Гематологические показатели кур-несушек в условиях интенсивных технологий // АПК: инновационные технологии. 2023. № 2 (61). С. 24–28. DOI 10.35524/2687-0436_2023_02_24. EDN GOIIIW.
6. Santos M. J. B., Ludke M. C. M. M., Silva L. M. [et al.] Complexed amino acid minerals vs. bis-glycinate chelated minerals: Impact on the performance of old laying hens // Animal Nutrition. 2024. Vol. 16. P. 395–408. DOI 10.1016/j.aninu.2023.11.006.
7. Еганын Е. С., Шантыз А. Х., Лысенко Ю. А. [и др.] Эффективность применения кормового гидролизата в рационе птицы // Ветеринария и кормление. 2021. № 3. С. 17–20. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-3-5. EDN RBGZOT.
8. Гончар Д. В. Влияние белковых гидролизатов на аминокислотный состав мяса кроликов // Пермский аграрный вестник. 2019. № 4 (28). С. 94–98. EDN CEPZSK.
9. Бачинская В. М., Дельцов А. А., Гончар Д. В., Бачинская Н. А. Влияние кормовых добавок отечественного производства на показатели качества куриных яиц // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 3 (67). С. 26–33. DOI 10.35694/YARCX.2024.67.3.004. EDN DGNSFU.
10. Sa'adoon W. H., Abbas J. R. Effects of Different Levels of Soybean Bioactive Peptides and Vitamin E on Performance, Egg Quality, and Serum Metabolites of Laying Hens // International Journal for Scientific Research. 2023. Vol. 2, № 12. P. 241–257. DOI 10.59992/IJSR.2023.v2n12p10.
11. Peng H., Song X., Chen J. [et al.] Soybean bioactive peptide supplementation improves gut health and metabolism in broiler chickens // Poultry Science. 2024. Vol. 104, Is. 2. Art. 104727. DOI 10.1016/j.psj.2024.104727.
12. Noetzold T. L., Vieira S. L., Xavier B. B. [et al.] Supplemental effects of amino acid-complexed trace minerals on broiler breeder hen performance // Animal Feed Science and Technology. 2022. Vol. 290. Art. 115371. DOI 10.1016/j.anifeed-sci.2022.115371.

References

1. Betin A. N., Frolov A. I., Lobkov V. Yu. Effektivnost' primeneniya biologicheskii aktivnoy dobavki Abiopeptid v racionah kur-nesushek // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2014. № 3 (27). S. 43–48. EDN TNXIQZ.
2. Shantyz A. Kh., Marchenko E. Yu. Hronicheskaya toksichnost' kormovoy dobavki Abiotonik // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 161. S. 52–60. DOI 10.21515/1990-4665-161-007. EDN WZOFOS.
3. Ezhova O. Yu., Bakaeva L. N., Belyatskaya Yu. N. Effektivnost' primeneniya vitaminogo preparata pri vyrashchivaniy kur promyshlennogo stada // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 3 (63). S. 37–41. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.004. EDN JZOCUK.
4. Kolpakov I. D., Bachinskaya V. M., Gonchar D. V. Vliyanie sovremennykh kormovykh dobavok otechestvennogo proizvodstva na gistomorfologicheskie pokazateli myshechnoy tkani i vnutrennykh organov kur-nesushek // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. 2024. № 3. S. 80–87. DOI 10.36871/vet.zoo.bio.202403009. EDN GTISAJ.
5. Kopylova A. S., Sidorova K. A. Gematologicheskie pokazateli kur-nesushek v usloviyakh intensivnykh tekhnologiy // APK: innovacionnye tekhnologii. 2023. № 2 (61). S. 24–28. DOI 10.35524/2687-0436_2023_02_24. EDN GOIIIW.
6. Santos M. J. B., Ludke M. C. M. M., Silva L. M. [et al.] Complexed amino acid minerals vs. bis-glycinate chelated minerals: Impact on the performance of old laying hens // Animal Nutrition. 2024. Vol. 16. P. 395–408. DOI 10.1016/j.aninu.2023.11.006.
7. Eganyan E. S., Shantyz A. Kh., Lysenko Yu. A. [i dr.] Effektivnost' primeneniya kormovogo gidrolizata v racione pticy // Veterinariya i kormlenie. 2021. № 3. S. 17–20. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-3-5. EDN RBGZOT.
8. Gonchar D. V. Vliyanie belkovykh gidrolizatov na aminokislotnyj sostav myasa krolikov // Permskij agrarnyj vestnik. 2019. № 4 (28). S. 94–98. EDN CEPZSK.
9. Bachinskaya V. M., Del'tsov A. A., Gonchar D. V., Bachinskaya N. A. Vliyanie kormovykh dobavok otechestvennogo proizvodstva na pokazateli kachestva kurinykh yaic // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2024. № 3 (67). S. 26–33. DOI 10.35694/YARCX.2024.67.3.004. EDN DGNSFU.
10. Sa'adoon W. H., Abbas J. R. Effects of Different Levels of Soybean Bioactive Peptides and Vitamin E on Performance, Egg Quality, and Serum Metabolites of Laying Hens // International Journal for Scientific Research. 2023. Vol. 2, № 12. P. 241–257. DOI 10.59992/IJSR.2023.v2n12p10.
11. Peng H., Song X., Chen J. [et al.] Soybean bioactive peptide supplementation improves gut health and metabolism in broiler chickens // Poultry Science. 2024. Vol. 104, Is. 2. Art. 104727. DOI 10.1016/j.psj.2024.104727.
12. Noetzold T. L., Vieira S. L., Xavier B. B. [et al.] Supplemental effects of amino acid-complexed trace minerals on broiler breeder hen performance // Animal Feed Science and Technology. 2022. Vol. 290. Art. 115371. DOI 10.1016/j.anifeed-sci.2022.115371.

Сведения об авторах

Валентина Михайловна Бачинская – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spm-код: 5101-7965.

Федор Иванович Василевич – доктор ветеринарных наук, профессор, Академик РАН, профессор кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spm-код: 3708-3330.

Дмитрий Витальевич Гончар – кандидат биологических наук, доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spin-код: 3211-4804.

Анастасия Валериевна Шаркова – магистрант Института зоотехнии и биологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 9029-5286.

Information about the authors

Valentina M. Bachinskaya – Doctor of Biological Sciences, Docent, Head of the Department of Morphology and Veterinary and Sanitary Expertise, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 5101-7965.

Fedor I. Vasilevich – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 3708-3330.

Dmitriy V. Gonchar – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 3211-4804.

Anastasiya V. Sharkova – Master's student of the Institute of Animal Husbandry and Biology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 9029-5286.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО «ЯРОСЛАВСКИЙ ГАУ» В 2025 ГОДУ ВЫШЛА КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ

АВТОРЫ:

**Н. С. ФУРАЕВА, Е. А. ЗВЕРЕВА, С. С. ВОРОБЬЕВА, М. М. КОРЕНЕВ, В. И. ХРУСТАЛЕВА,
А. Е. КОЛГАНОВ, Н. А. ШАЕХОВА, С. И. СОКОЛОВА, И. В. САФРОНОВА**

СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ И СОХРАНЕНИЮ ЯРОСЛАВСКОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА 2024–2030 ГОДЫ

Селекционно-племенные мероприятия по совершенствованию и сохранению ярославской породы крупного рогатого скота в Российской Федерации на 2024–2030 годы разработаны с целью сохранения и совершенствования.

В мероприятиях проанализирована племенная база крупного рогатого скота ярославской породы в РФ, дана характеристика продуктивных и производственных показателей, проведена оценка экстерьера коров-первотёлок, сделан анализ генеалогической структуры породы, изучены селекционно-генетические параметры продуктивных признаков, даны рекомендации по совершенствованию и сохранению породы.

Монография подготовлена коллективом авторов с привлечением специалистов и руководителей сельхозпредприятий, Департаментов АПК и Министерств сельского хозяйства Ярославской, Ивановской, Тверской, Вологодской и Костромской областей, занимающихся разведением ярославской породы крупного рогатого скота; а также при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научно-исследовательской работы (рег. № 1024112200006-7-4.2.1).

Издание предназначено для руководителей и специалистов организаций по племенному и товарному животноводству, разводящих скот ярославской породы, научных сотрудников, преподавателей и обучающихся сельскохозяйственных вузов.

УДК 636.082.2; ББК 46.6:45.3; ISBN 978-5-98914-293-4; 254 СТР.

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Научная статья
УДК 543.42.062
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.013

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НЕКОТОРЫХ ЦЕФАЛОСПОРИНОВ

Ирина Юрьевна Постраш¹, Дарья Тимуровна Агаева², Татьяна Валерьевна Бондарь³

^{1, 2, 3}Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины,
Витебск, Республика Беларусь

¹irina270860@mail.ru, ORCID 0000-0001-9209-1146

²dashaagaeva111@gmail.com

³navitogirl@gmail.com

Реферат. В статье рассматриваются методы контроля качества цефалоспоринов, которые рекомендованы частными фармакопейными статьями. Основными методами идентификации и количественного анализа являются инфракрасная спектроскопия и жидкостная хроматография соответственно. Известно, что особенности строения молекулярных структур цефалоспоринов обуславливают значительное поглощение ими излучения с длиной волны 200–300 нм. В то же время практически не используется метод УФ-спектроскопии, который отличается доступностью, точностью и простотой выполнения. В работе приводятся результаты экспериментальных данных о характере УФ-спектров нейтральных водных растворов цефалоспоринов, полученных растворением веществ в воде очищенной, и УФ-спектров, где в качестве растворителей использовались растворы хлористоводородной кислоты и натрия гидроксида. Объектами изучения были представители цефалоспоринов, которые широко применяются в ветеринарной медицине: натриевые соли цефтриаксона, цефтиофура, цефуроксима. Установлено, что в кислой и щелочной среде изменяются значения длин волн, при которых наблюдается максимальное и минимальное значение оптической плотности растворов по сравнению с таковыми в нейтральной среде. Из представленных цефалоспоринов наиболее сильно изменяется УФ-спектр цефтиофура натрия в щелочной среде: наблюдается гипсохромный сдвиг максимума оптической плотности от 290 нм до 245–250 нм. В УФ-спектре цефтриаксона натрия наблюдается bathochромный сдвиг в кислой среде от 250 до 265 нм. Характер УФ-спектра цефуроксима натрия в щелочной и слабодокислой среде практически не изменяется. Совокупность полученных УФ-спектров, которые имеют характерные для каждого вещества максимумы и минимумы поглощения УФ-излучения, можно использовать для осуществления контроля качества данных цефалоспоринов.

Ключевые слова: УФ-спектрофотометрия, УФ-спектры, антибиотики, цефалоспорины, цефтриаксон натрия, цефтиофур натрия, цефуроксим натрия, оптическая плотность раствора

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF UV SPECTROPHOTOMETRY FOR QUALITY CONTROL OF SOME CEPHALOSPORINS

Irina Yu. Postrash¹, Daria T. Agaeva², Tatyana V. Bondar³

^{1, 2, 3}Vitebsk Order of the Badge of Honour State Academy of Veterinary Medicine,
Vitebsk, Republic of Belarus

¹irina270860@mail.ru, ORCID 0000-0001-9209-1146

²dashaagaeva111@gmail.com

³navitogirl@gmail.com

Abstract. The article discusses the quality control methods of cephalosporins, which are recommended by private pharmacopoeial monographs. The main methods of identification and quantitative analysis are infrared spectroscopy and liquid chromatography, respectively. It is known that the structural features of the molecular structures of cephalosporins cause them to significantly absorb radiation with a wavelength of 200–300 nm. At the same time, the method of UV spectroscopy which is distinguished by availability, accuracy and ease of implementation is practically not used. The paper presents the results of experimental data on the nature of the UV spectra of neutral aqueous solutions of cephalosporins obtained by dissolving substances in purified water, and UV spectra, where solutions of hydrochloric acid and sodium hydroxide were used as solvents. The objects of study were representatives of cephalosporins, which are widely used in veterinary medicine: sodium salts of ceftriaxone, ceftiofur, cefuroxime. It was found that in an acidic and alkaline medium, the values of wavelengths change, at which the maximum and minimum values of the optical density of solutions are observed, compared to those in a neutral medium. Of the cephalosporins presented the UV spectrum of ceftiofur sodium changes most strongly in an alkaline medium: a hypsochromic shift of the maximum optical density from 290 nm to 245–250 nm is observed. In the UV spectrum of ceftriaxone sodium, there is a bathochromic shift in an acidic medium from 250

to 265 nm. The nature of the UV spectrum of cefuroxime sodium in an alkaline and slightly acidic medium practically does not change. The set of obtained UV spectra, which have specific maxima and minima of UV radiation absorption for each substance, can be used for quality control of these cephalosporins.

Keywords: *UV spectrophotometry, UV spectra, antibiotics, cephalosporins, ceftriaxone sodium, ceftiofur sodium, cefuroxime sodium, optical density of solution*

Введение. В современной лечебной практике ветеринарного врача антибиотики прочно занимают одну из центральных позиций. Среди антибиотиков выделяют группу цефалоспоринов, первые представители которых были изучены и впервые применены в середине XX века для лечения грамположительных инфекций, вызванных стрептококками и стафилококками. В настоящее время известно, по разным данным, от 50 до 70 цефалоспоринов, которые подразделяют на 5 поколений.

В ветеринарной медицине чаще используются цефалоспорины 1–3 поколения, среди них: цефтиофур, цефтриаксон, цефуроксим в различной формах.

Цефуроксим – цефалоспориновый антибиотик II поколения, цефтриаксон и цефтиофур – цефалоспориновые антибиотики III поколения. Они действуют бактерицидно, нарушая синтез клеточной стенки бактерий. Цефалоспорины обладают широким спектром действия, активны в отношении многих грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов. Они более устойчивы к бета-лактамазам, чем пенициллины, в частности, устойчивы к пенициллиназе, но разрушаются бета-лактамазами расширенного спектра (БЛРС), например, цефалоспоринозой грамотрицательных микроорганизмов [1; 2]. Для парентерального применения используются натриевые соли этих веществ.

Контроль качества цефалоспоринов имеет первостепенное значение в их производстве и эффективности применения. Идентификацию и количественный анализ цефтриаксона натрия и цефуроксима натрия, согласно фармакопейным статьям Государственной фармакопеи Республики Беларусь, Государственной фармакопеи России, Европейской фармакопеи, проводят методами инфракрасной спектрофотометрии и жидкостной хроматографии (ЖХ) [3–5]. Фармакопейная статья на цефтиофур натрия в этих изданиях отсутствует, поскольку данное вещество применяется только в ветеринарной медицине. Согласно нормативным документам фармацевтических предприятий, производящих препараты,

которые содержат цефтиофур натрия, основным методом, используемым для его количественного анализа, является ЖХ. Метод жидкостной хроматографии является достаточно дорогим, требует специального оборудования, реактивов. В качестве альтернативы для осуществления контроля качества цефалоспоринов представляется возможным использовать другой, более простой метод, а именно, УФ-спектрофотометрию.

Все цефалоспорины обладают сходным строением, они являются бета-лактамными антибиотиками, производными 7-аминоцефалоспоровой кислоты (7-АЦК), либо 7-аминодезацетоксицефалоспоровой кислоты (7-АЦДК). Молекулы цефалоспоринов содержат бета-лактамное кольцо, сопряжённые двойные связи, ароматические структуры, атомы азота, серы, кислорода и т.д. и поглощают УФ-излучение в диапазоне длин волн 200–300 нм [6]. Для отдельных веществ цефалоспоринового ряда установлены оптические характеристики [7–9]. Что касается натриевых солей цефтриаксона, цефуроксима и цефтиофура, то сведения об УФ-спектрах данных веществ немногочисленны, ряд данных получен в исследованиях, в которых для приготовления растворов брали буферные растворы, метанол и другие растворители [9–12]. Экспериментальные данные о зависимости УФ-спектров цефалоспоринов от кислотности среды единичны. Эти факты определили направление нашей работы.

Цель нашего исследования – изучить характер УФ-спектров водных растворов некоторых цефалоспоринов в зависимости от pH их растворов для возможности использования полученных данных в контроле качества этих веществ.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследования брали лекарственные препараты «Цефтриаксон» (РУП «Белмедпрепараты»), «Цефуроксим» (РУП «Белмедпрепараты»), «Порошок «РЕЦЕФ 4,0» для инъекций» (ООО «РУБИКОН», Республика Беларусь). Действующими веществами данных

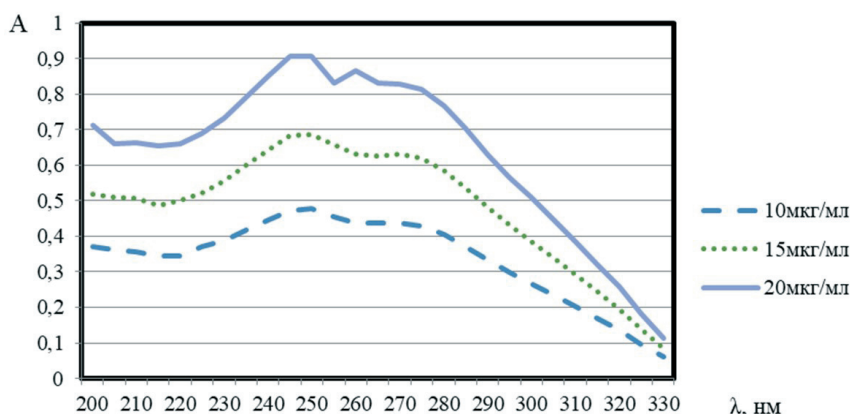


Рисунок 1 – УФ-спектры водных растворов цефтриаксона натрия

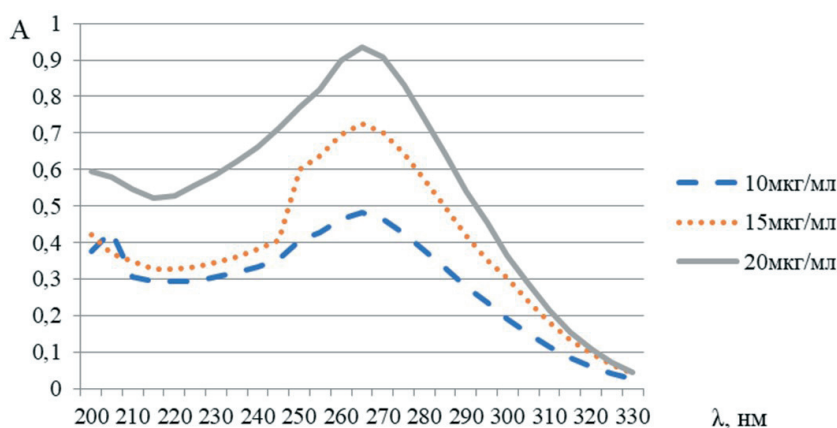


Рисунок 2 – УФ-спектры цефтриаксона натрия в 0,1 М HCl

лекарственных препаратов являются натриевые соли цефалоспоринов: цефтриаксон натрия, цефуроксим натрия, цефтиофур натрия, вспомогательные вещества отсутствуют.

Цефтриаксон натрия представляет собой порошок почти белого цвета, легко растворимый в воде, малорастворимый в этаноле [3–5]. Цефтиофур натрия – порошок белого цвета с кремоватым оттенком, растворимый в воде [1]. Цефуроксим натрия – порошок почти белого цвета с желтоватым оттенком, легкорастворимый в воде и буферных растворах, он растворим в метаноле, незначительно растворим в этилацетате, диэтиловом эфире, бензоле, хлороформе и практически не растворим в 96% этаноле [4; 5].

Для проведения исследований готовили растворы с концентрацией цефалоспоринов 10, 15, 20 мкг/мл, где в качестве растворителей брали воду очищенную (дистиллированную), растворы натрия гидроксида и кислоты хлористоводородной различной концентрации. Оптическую плотность полученных растворов измеряли в УФ-диапазоне (200–330 нм) с шагом 5 нм на спектрофотометре РВ 2201 «Solar» в кварцевой кювете с длиной оптического пути 10 мм.

Результаты исследований и их обсуждение.

Были получены и проанализированы УФ-спектры перечисленных выше цефалоспоринов. Они представляют собой графические зависимости оптической плотности

растворов (A) от длины волны. Важной характеристикой УФ-спектров являются длины волн, которые соответствуют максимальному и минимальному поглощению излучения. Как правило, эти характеристики являются индивидуальными для каждого вещества. УФ-спектры водных растворов цефтриаксона натрия представлены на рисунке 1.

В УФ-спектрах водных растворов цефтриаксона натрия в интервале 200–330 нм определено минимальное значение оптической плотности при длине волны 215 нм, максимальное значение – при длине волны 250 нм.

При анализе данных УФ-спектров растворов цефтриаксона натрия с концентрациями 10, 15, 20 мкг/мл, где в качестве растворителя брали 0,1 М раствор хлористоводородной кислоты, установлен батохромный сдвиг: максимальное значение оптической плотности наблюдалось при длине волны 265 нм, минимальное – при длине волны 215 нм (рис. 2).

Изменение длины волны максимума оптической плотности в растворе хлористоводородной кислоты на 15 нм свидетельствует о протекании процессов перестройки в молекулярной структуре антибиотика.

При анализе данных УФ-спектрометрии растворов цефтриаксона натрия, где в качестве растворителя брали 0,1 М раствор натрия гидроксида, получено максимальное значение оптической плотности при длине

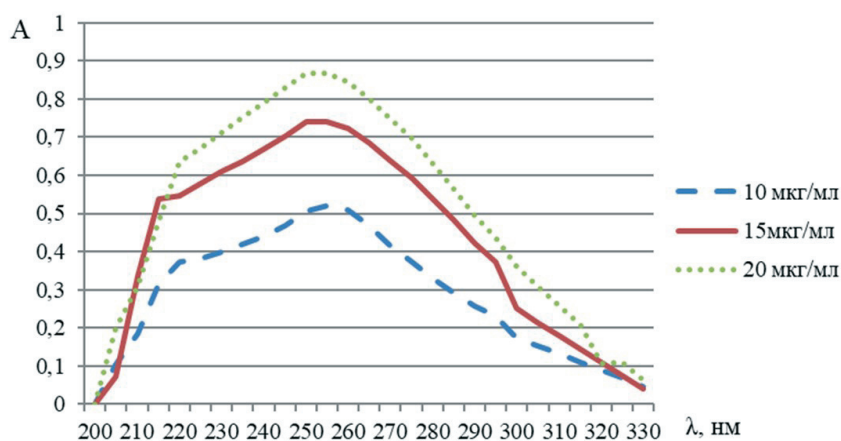


Рисунок 3 – УФ-спектры цефтриаксона натрия в 0,1 М NaOH

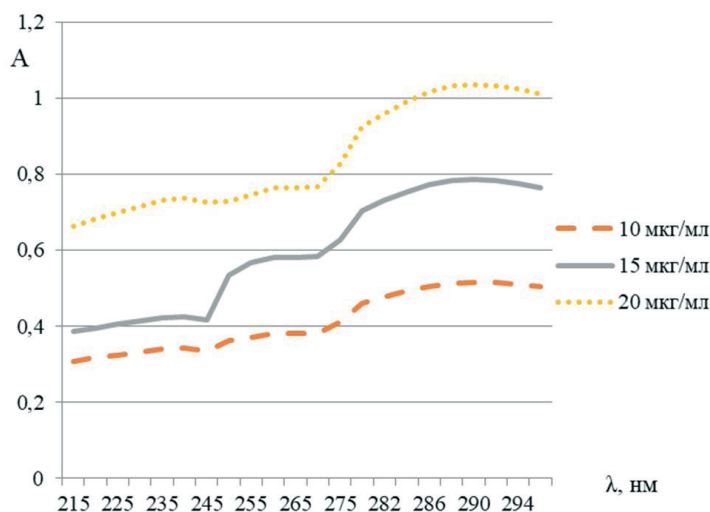


Рисунок 4 – УФ-спектры водных растворов цефтиофура натрия

волны 255 нм, минимальное значение не установлено (рис. 3).

Полученные результаты можно расценивать как значительно большую устойчивость цефтриаксона натрия в щелочной среде по сравнению с кислой средой.

В ходе изучения УФ-спектров водных растворов цефтиофура натрия в интервале 200–300 нм было установлено, что для всех исследуемых растворов минимальное значение оптической плотности наблюдалось при длине волны 250 нм, а максимальное значение оптической плотности определено при длине волны 290 нм (рис. 4).

Для получения солянокислых растворов цефтиофура натрия были попытки приготовить растворы, где в качестве растворителей выступали растворы хлористоводородной кислоты с концентрациями 0,001 М, 0,01 М, 0,1 М. Установлено, что цефтиофур натрия не растворяется в растворах кислоты, поскольку в результате протекания реакции образуется цефтиофуровая кислота, малорастворимая в воде.

При анализе УФ-спектров растворов цефтиофура натрия (10 мкг/мл), где в качестве растворителя брали 0,001 М; 0,01 М; 0,1 М растворы натрия гидроксида,

получены следующие результаты, представленные на рисунке 5.

Анализ спектров показывает, что в 0,001 М растворе натрия гидроксида характер УФ-спектра не изменился по сравнению с водным раствором, определены минимальные значения оптической плотности при 215 и 245 нм, максимальные значения поглощения – при 290 нм. Значительные изменения в спектре наблюдались при увеличении значения pH раствора: в 0,01 М и 0,1 М растворах натрия гидроксида. Минимумы оптической плотности отсутствовали, а максимумы значительно сместились в область более коротких длин волн (гипсохромный сдвиг): 250 нм в 0,01 М растворе и 245 нм – в 0,1 М растворе.

Таким образом, в случае с цефтиофуром натрия мы наблюдаем значительные изменения в исходной структуре молекулы, вероятнее всего, происходит щелочной гидролиз бета-лактамного кольца.

В ходе изучения УФ-спектров водных растворов цефуроксима натрия в интервале 200–300 нм получены следующие результаты: минимальные значения оптической плотности установлены при длине волны 220 нм, максимальные значения – при длине волны 273 нм (рис. 6).

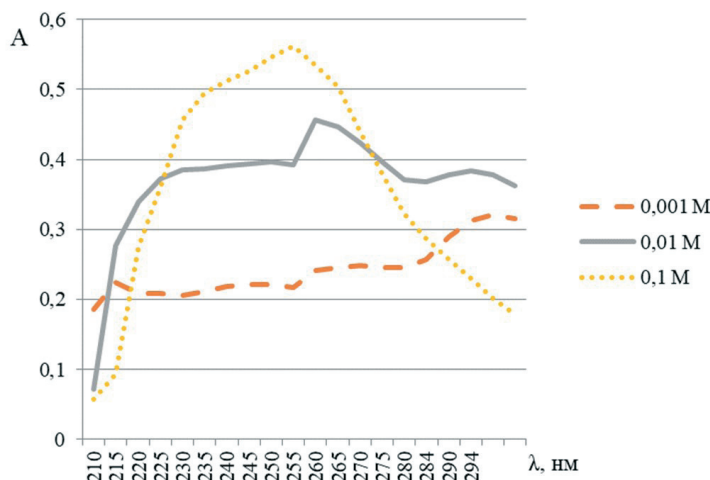


Рисунок 5 – УФ-спектры щелочных растворов цефтиофура натрия

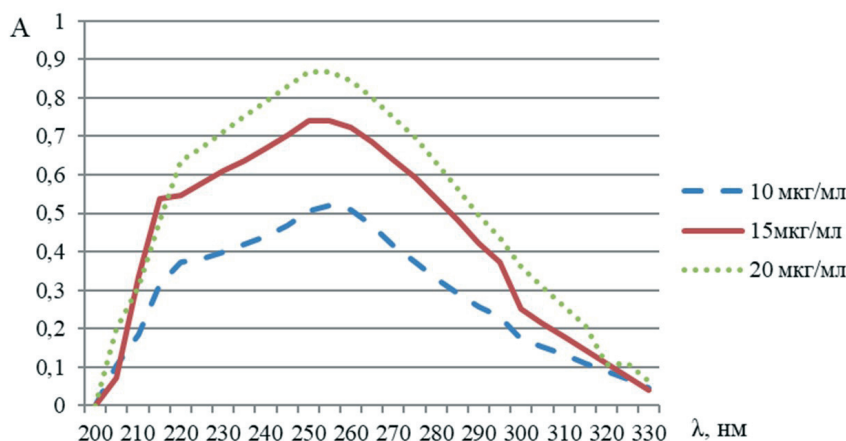


Рисунок 6 – УФ-спектры водных растворов цефуроксима натрия

При растворении цефуроксима натрия в растворах хлористоводородной кислоты удалось получить прозрачный раствор только при использовании 0,001 М раствора, в растворах с концентрацией кислоты 0,01 М; 0,1 М цефуроксим натрия не растворился.

В полученном растворе изменений УФ-спектра цефуроксима натрия, по сравнению со спектром водного раствора, не установлено.

При использовании в качестве растворителя растворов натрия гидроксида получены следующие результаты. В 0,001 М растворе изменений в УФ-спектре, по сравнению со спектром водного раствора, не наблюдали. В 0,01 М и 0,1 М растворах длины волн максимума и минимума поглощения уменьшились на 5 нм и составили 270 нм и 215 нм соответственно. Эти факты можно интерпретировать как устойчивость цефуроксима натрия к действию щелочей и разбавленных растворов кислот.

Выводы. Для контроля качества натриевых солей цефтриаксона, цефуроксима и цефтиофура можно

использовать совокупность данных УФ-спектрофотометрии водных растворов и растворов, приготовленных на основе 0,1 М растворов хлористоводородной кислоты и натрия гидроксида. Установлено, что в кислой и щелочной среде изменяются значения длин волн, при которых наблюдаются максимальные и минимальные показатели оптической плотности растворов по сравнению с таковыми в нейтральной среде.

Из представленных цефалоспоринов наиболее сильно изменяется УФ-спектр цефтиофура натрия в щелочной среде: наблюдается гипсохромный сдвиг максимума оптической плотности от 290 нм до 245–250 нм. В УФ-спектре цефтриаксона натрия наблюдается bathochromный сдвиг в кислой среде от 250 до 265 нм. Характер УФ-спектра цефуроксима натрия в щелочной и слабокислой среде практически не изменяется.

Изменения в характере УФ-спектров в кислой и щелочной средах также позволяют делать выводы о протекании в таких растворах разнообразных процессов перестройки молекулярных структур данных веществ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пламб Д. К. Фармакологические препараты в ветеринарной медицине / пер. с англ. О. Артюхина, В. Дубяга, А. Корнеева. В 2-х т. Т. 2. 8-е изд., испр. и доп. М. : Изд-во «Аквариум», 2019. 1040 с. ISBN 978-5-4238-0354-4.
2. Справочник Видаль. Лекарственные препараты в Беларуси. М. : Изд-во «Видаль Рус», 2017. 720 с.
3. Государственная фармакопея Республики Беларусь. (ГФ РБ II): разработана на основе Европейской фармакопеи. В 2-х т. Т. 2. Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении» ; под общ. ред. С. И. Марченко. Молодечно : Изд-во «Победа», 2016. 1367 с.
4. European Pharmacopoeia (Ph. Eur.). 11th Edition. 2024. URL: <https://www.edqm.eu/documents/52006/468103/English+index+-+Ph.+Eur.+11.2.pdf/e4306ea8-9587-d00b-c71a-e7688890c4c9?t=1669883171970> (дата обращения: 02.04.2026).
5. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М. : Минздрав России, 2023. URL: ruscml.ru (дата обращения: 02.04.2026).
6. Фармацевтическая химия : учебник / под ред. Г. В. Раменской. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 467 с. ISBN 978-5-9963-2915-1.
7. Абрамова А. А., Батуева А. М., Грахова Е. В. [и др.] Применение спектрофотометрического метода для обнаружения антибиотика цефотаксима в модельном растворе // Теоретическая и прикладная экология. 2024. № 4. С. 64–72. DOI 10.25750/1995-4301-2024-4-064-072. EDN OFJUBR.
8. Алсовэиди А. К. М., Караваева О. А., Гулий О. И. Методы и подходы для определения антибиотиков // Антибиотики и химиотерапия. 2022. Т. 67, № 1-2. С. 53–61. DOI 10.37489/0235-2990-2022-67-1-2-53-61. EDN SEKFZL.
9. Лебедева Н. Н. Разработка комплексного подхода к обнаружению фальсифицированных лекарственных средств группы цефалоспоринов : автореф. дис. ... канд. фарм. наук : 14.04.02 / Первый МГМУ им. И. М. Сеченова. М., 2011. 25 с.
10. Кулапина Е. Г., Снесарев С. В., Кулапина О. И., Утц И. А. Экспрессное определение цефтриаксона в смешанной слюне практически здоровых лиц и больных с инфекционно-соматической патологией // Антибиотики и химиотерапия. 2011. Т. 56, № 7-8. С. 30–33. EDN SXWTDJ.

11. Маракеева А. В., Косырева И. В. Визуально-колориметрическое и цветометрическое определение цефуроксима // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, № 1. С. 16–23. DOI 10.18500/1816-9775-2020-20-1-16-23. EDN CDCAOG.

12. Souza M. J. E., Canedo-Reis N. A. P., Bergold A. Development of an Ultraviolet Spectrophotometric Method for the Determination of Ceftiofur Sodium Powder // Journal of AOAC International. 2009. Vol. 92, № 6. P. 1673–1680. DOI 10.1093/jaoac/92.6.1673.

References

1. Plamb D. K. Farmakologicheskie preparaty v veterinarnoj medicine / per. s angl. O. Artyukhina, V. Dubyaga, A. Korneeva. V 2-h t. T. 2. 8-e izd., ispr. i dop. M. : Izd-vo «Akvarium», 2019. 1040 s. ISBN 978-5-4238-0354-4.

2. Spravochnik Vidal'. Lekarstvennye preparaty v Belarusi. M. : Izd-vo «Vidal' Rus», 2017. 720 s.

3. Gosudarstvennaya farmakopeya Respubliki Belarus'. (GF RB II): razrabotana na osnove Evropejskoj farmakopei. V 2-h t. T. 2. Kontrol' kachestva substancij dlya farmacevticheskogo ispol'zovaniya i lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya / M-vo zdravoohr. Resp. Belarus', UP «Centr ekspertiz i ispytanij v zdravoohranenii» ; pod obshch. red. S. I. Marchenko. Molodechno : Izd-vo «Po-beda», 2016. 1367 s.

4. European Pharmacopoeia (Ph. Eur.). 11th Edition. 2024. URL: <https://www.edqm.eu/documents/52006/468103/English+index+-+Ph.+Eur.+11.2.pdf/e4306ea8-9587-d00b-c71a-e7688890c4c9?t=1669883171970> (data obrashcheniya: 02.04.2026).

5. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. XV izd. M. : Minzdrav Rossii, 2023. URL: rucml.ru (data obrashcheniya: 02.04.2026).

6. Farmacevticheskaya himiya : uchebnik / pod red. G. V. Ramenskoj. M. : BINOM. Laboratoriya znanij, 2015. 467 s. ISBN 978-5-9963-2915-1.

7. Abramova A. A., Batueva A. M., Grakhova E. V. [i dr.] Primenenie spektrofotometricheskogo metoda dlya obnaruzheniya antibiotika cefotaksim v model'nom rastvore // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2024. № 4. S. 64–72. DOI 10.25750/1995-4301-2024-4-064-072. EDN OFJUBR.

8. Alsovejdi A. K. M., Karavaeva O. A., Gulij O. I. Metody i podhody dlya opredeleniya antibiotikov // Antibiotiki i himioterapiya. 2022. T. 67, № 1-2. S. 53–61. DOI 10.37489/0235-2990-2022-67-1-2-53-61. EDN SEKFZI.

9. Lebedeva N. N. Razrabotka kompleksnogo podhoda k obnaruzheniyu falsificirovannykh lekarstvennykh sredstv gruppy cefalosporinov : avtoref. dis. ... kand. farm. nauk : 14.04.02 / Pervyj MG MU im. I. M. Sechenova. M., 2011. 25 s.

10. Kulapina E. G., Snesarev S. V., Kulapina O. I., Utts I. A. Ekspressnoe opredelenie ceftriaksona v smeshannoj slyune prakticheski zdorovykh lic i bol'nykh s infekcionno-somaticeskoy patologiej // Antibiotiki i himioterapiya. 2011. T. 56, № 7-8. S. 30–33. EDN SXWTDJ.

11. Marakеева А. В., Косырева И. В. Визуально-колориметрическое и цветометрическое определение цефуроксима // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, № 1. С. 16–23. DOI 10.18500/1816-9775-2020-20-1-16-23. EDN CDCAOG.

12. Souza M. J. E., Canedo-Reis N. A. P., Bergold A. Development of an Ultraviolet Spectrophotometric Method for the Determination of Ceftiofur Sodium Powder // Journal of AOAC International. 2009. Vol. 92, № 6. P. 1673–1680. DOI 10.1093/jaoac/92.6.1673.

Сведения об авторах

Ирина Юрьевна Постраш – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химии, Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», spin-код: 3107-2687.

Дарья Тимуровна Агаева – студентка биотехнологического факультета, Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины».

Татьяна Валерьевна Бондарь – студентка биотехнологического факультета, Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины».

Information about the authors

Irina Yu. Postrash – Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Chemistry, Vitebsk Order of the Badge of Honour State Academy of Veterinary Medicine, spin-code: 3107-2687.

Daria T. Agaeva – student of the Biotechnological faculty, Vitebsk Order of the Badge of Honour State Academy of Veterinary Medicine.

Tatyana V. Bondar – student of the Biotechnological faculty, Vitebsk Order of the Badge of Honour State Academy of Veterinary Medicine.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



Научная статья
УДК 636.082.233
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.014

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ УДОЯ ЗА ПЕРВУЮ ЛАКТАЦИЮ НА ПРОДУКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ И ПОЖИЗНЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ В ПЛЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Дмитрий Сергеевич Казаков¹, Сергей Гаврилович Белокуров²,
Виктория Анатольевна Карабинова³, Анастасия Игоревна Волхонova⁴**

^{1, 2, 3, 4}Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
Караваяево, Россия

¹rammfak@mail.ru, ORCID 0000-0001-6050-5690

²rammfak@yandex.ru, ORCID 0000-0002-6404-0453

³vkabinova@inbox.ru, ORCID 0009-0007-2868-9232

⁴20kacher02@mail.ru, ORCID 0009-0001-1854-5223

Реферат. В статье представлены результаты комплексного исследования влияния уровня молочной продуктивности коров костромской породы за первую лактацию на их последующее продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность. Работа выполнена на основе анализа данных первичного зоотехнического и племенного учёта четырёх племенных хозяйств Костромской области с применением методов биометрической обработки с использованием t-критерия Стьюдента. Установлено, что в большинстве изученных хозяйств физиологически и экономически обоснованным оптимальным диапазоном удоя за первую лактацию является интервал 4001–5000 кг молока. Животные с данным уровнем продуктивности демонстрируют максимальные показатели продуктивного долголетия – от 5,1 до 7,8 лактации в зависимости от хозяйства, а также высокие значения пожизненного удоя. Доказано, что превышение удоя свыше 5000 кг сопровождается прогрессирующим сокращением продолжительности хозяйственного использования коров. Наиболее выраженное снижение долголетия (до 3,0–3,5 лактации) наблюдается у животных с удоём за первую лактацию более 8000 кг, что свидетельствует о чрезмерной физиологической нагрузке на организм и преждевременном выбытии из стада. Выявлена существенная межхозяйственная вариабельность показателей: в ООО «Агрофирма «Планета» и СПК колхоз «Родина» наилучшие результаты зафиксированы в группе 4001–5000 кг, тогда как в ООО «Минское» оптимальной оказалась группа 5001–6000 кг, что указывает на влияние дополнительных технологических факторов (условия кормления, содержания, система выбраковки). Статистически значимых различий по пожизненному удою между группами в большинстве случаев не выявлено ввиду высокой вариабельности данных и компенсаторного эффекта: высокие удои за лактацию у короткоживущих животных нивелируются преимуществами длительного использования особей с умеренной продуктивностью. Полученные результаты подтверждают необходимость перехода от стратегии максимального раздоя к сбалансированным подходам в селекции и управлении стадом, а также разработки дифференцированных систем кормления и содержания с учётом конкретных условий каждого хозяйства.

Ключевые слова: костромская порода, продуктивное долголетие, пожизненная молочная продуктивность, удой за первую лактацию, продолжительность хозяйственного использования, лактация, племенные хозяйства Костромской области, раздой первотёлок, выбраковка коров, селекционно-племенная работа

THE INFLUENCE OF MILK YIELD LEVEL FOR THE FIRST LACTATION ON THE PRODUCTIVE LONGEVITY AND LIFETIME PRODUCTIVITY OF KOSTROMA BREED COWS IN BREEDING ENTERPRISES OF THE KOSTROMA REGION

**Dmitriy S. Kazakov¹, Sergey G. Belokurov², Viktoriya A. Karabinova³,
Anastasiya I. Volkhonova⁴**

^{1, 2, 3, 4}Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Russia

¹rammfak@mail.ru, ORCID 0000-0001-6050-5690

²rammfak@yandex.ru, ORCID 0000-0002-6404-0453

³vkabinova@inbox.ru, ORCID 0009-0007-2868-9232

⁴20kacher02@mail.ru, ORCID 0009-0001-1854-5223

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of the influence of the milk yield level of Kostroma breed cows for the first lactation on their subsequent productive longevity and lifetime productivity. The research

was based on the data analysis of the primary zootechnical and breeding records of four breeding farms of the Kostroma region using biometric processing methods using the Student's t-test. It has been established that in most of the farms studied, the physiologically and economically justified optimal range of milk yield for the first lactation is the interval of 4001–5000 kg of milk. Animals with this productivity level demonstrate maximum indicators of productive longevity – from 5.1 to 7.8 lactations, depending on the farm, as well as high values of lifetime milk yield. It has been proven that exceeding the yield of over 5000 kg is accompanied by a progressive reduction in the duration of economic use of cows. The most pronounced decrease in longevity (up to 3.0–3.5 lactations) is observed in animals with milk yield for the first lactation of more than 8000 kg, which indicates excessive physiological stress on the body and premature culling from the herd. A significant inter-farm variability of indicators was revealed: in ООО "Агрофирма Планета" and APK collective farm "Родина", the best results were recorded in the 4001–5000 kg group, while in ООО "Минское" the 5001–6000 kg group turned out to be optimal, which indicates the influence of additional technological factors (feeding and housing conditions, culling system). In most cases, no statistically significant differences in lifetime milk yield between the groups were found due to the high data variability and the compensatory effect: high milk yields per lactation in short-lived animals are offset by the advantages of long-term use of individuals with moderate productivity. The results obtained confirm the need to move from a strategy of maximum increasing the milk yield to balanced approaches in breeding and herd management, as well as to develop differentiated feeding and housing systems taking into account the specific conditions of each farm.

Keywords: *Kostroma breed, productive longevity, lifetime milk production, first-lactation milk yield, duration of economic use, lactation, breeding farms of the Kostroma Region, increasing milking capacity of a heifer, cow disposal, animal selection and breeding work*

Введение. Проблема сокращения продуктивного долголетия коров в условиях интенсификации молочного скотоводства приобретает особую актуальность. В современных экономических условиях для сельхозпроизводителей молока основной целью является получение максимальной прибыли, одним из ключевых факторов достижения которой выступает увеличение срока хозяйственного использования животных. Несмотря на значительные достижения в области селекции, направленные на повышение молочной продуктивности, продолжительность использования коров в большинстве стад не превышает 2,5–3,5 лактации [1; 2; 3]. Данный показатель существенно ниже их биологического потенциала, что неизбежно влечёт за собой увеличение затрат на выращивание ремонтного молодняка, снижение темпов ремонта стада, уменьшение интенсивности отбора и, как следствие, приводит к серьёзным экономическим потерям для сельхозпредприятий.

Преждевременное выведение молочного скота не позволяет в полной мере окупить затраты на выращивание животных за короткий период продуктивного использования, а также затрудняет сохранение и рациональное использование генофонда отечественных пород, в том числе костромской породы, обладающей уникальными адаптивными качествами и высокой потенциальной способностью к длительной эксплуатации.

Гнитов В. В. и др. [1] и Костомахин Н. М., Сафронов С. Л. [2] в своих исследованиях указывают на устойчивую тенденцию сокращения продуктивного долголетия коров до 3–4 лактаций, что экономически неэффективно. Исследования показывают противоречивое влияние различных факторов: уровня продуктивности в первую лактацию, возраста первого осеменения и генетических особенностей. Отмечена породная специфичность оптимальных параметров, что определяет необходимость специального изучения костромской породы для разработки сбалансированных систем селекции [6; 7; 8].

В связи с этим целью нашего исследования явилось изучение влияния уровня раздоя коров-первотёлок ко-

стромской породы на их продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность в условиях племенных хозяйств Костромской области.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили выбывшие коровы костромской породы из четырёх племенных хозяйств Костромской области: СПК «Гридино», СПК колхоз «Родина», ООО «Агрофирма «Планета» и ООО «Минское».

Для анализа использовались данные первичного зоотехнического и племенного учёта. Животные были распределены на группы в зависимости от уровня удоя за первую лактацию с шагом 1000 кг.

Изучаемые показатели: продуктивное долголетие (ПД, лакт.), количество дойных дней, суточный удой по месяцам лактации, средний удой за лактацию, пожизненный удой (ПУ, кг), массовая доля жира и белка в молоке, количество молочного жира и белка, удой на 1 день лактации, удой на 1 день жизни.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием t-критерия Стьюдента для оценки достоверности различий между группами. Уровни статистической значимости: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Результаты исследований и их обсуждение. В современном молочном скотоводстве ключевой задачей является совмещение высокой молочной продуктивности с устойчивой воспроизводительной функцией и длительным сроком хозяйственного использования животных.

Интенсификация производства, выражающаяся в наращивании надоев, зачастую приводит к негативным последствиям: нарушениям обмена веществ, снижению воспроизводительной способности и, как следствие, преждевременной выбраковке коров. В связи с этим изучение факторов, влияющих на продуктивное долголетие, приобретает первостепенное значение для селекционной работы и оптимизации управления стадом.

Анализ продолжительности продуктивной жизни коров в разных хозяйствах (рис. 1) показывает разна-

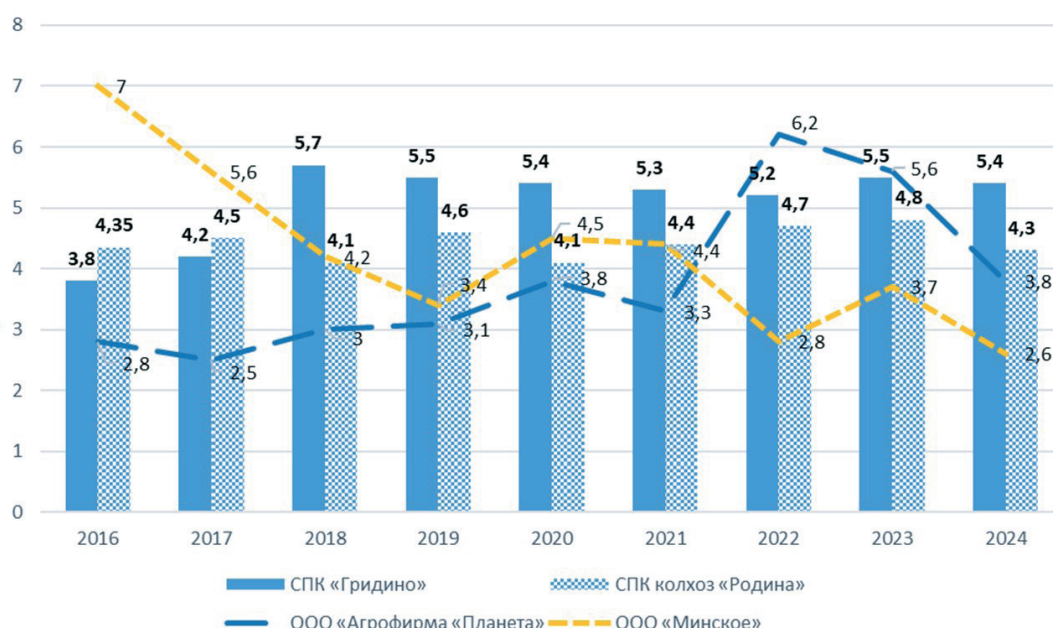


Рисунок 1 – Срок производственного использования коров костромской породы в племенных хозяйствах Костромской области, отёл

правленные тенденции. Так, в стаде СПК «Гридино» наблюдается успешная стабилизация на высоком уровне (около 5,4–5,5 отёлов) после роста, что говорит об оптимизации систем содержания и селекции. В СПК колхоз «Родина» стабильная, но не растущая ситуация (4,1–4,8 отёла). В ООО «Агрофирма «Планета» наблюдается резкий скачок до 6,2 отёлов в 2022 году и последующее падение до 3,8 в 2024 году, что указывает на нестабильность и возможные изменения в технологических процессах. В ООО «Минское» выраженная негативная тенденция – снижение с 7,0 отёлов в 2016 году до 2,6 в 2024 году. Это свидетельствует о системных проблемах, возможно, из-за чрезмерной эксплуатации, несбалансированного кормления или ошибочной селекционной стратегии.

Продуктивное долголетие коров – комплексный показатель, сильно зависящий от управленческих решений. Приоритетом в селекции должно быть не только увеличение удоев, но и продление срока жизни животных, поскольку интенсивная эксплуатация сокращает их продуктивный период.

Из данных таблицы 1 следует, что в СПК «Гридино» наиболее высокой продолжительностью продуктивного долголетия отличались коровы с удоем за первую лактацию в диапазоне 4001–5000 кг, которые превосходили животных с удоем 8001–9000 кг на 4,50 лактации ($P < 0,001$), а также превосходили группу 6001–7000 кг на 3,06 лактации ($P < 0,001$) и группу 5001–6000 кг – на 1,97 лактации ($P < 0,05$). По пожизненному удою коровы оптимальной группы (4001–5000 кг) показали результат 50269 кг, что выше, чем в группе 8001–9000 кг, на 26672 кг.

В СПК колхоз «Родина» также выявлена сходная закономерность: коровы с удоем первой лактации 4001–5000 кг характеризовались продуктивным долголетием $5,10 \pm 0,23$ лактации, что достоверно выше, по сравнению с группой 6001–7000 кг ($4,02 \pm 0,27$ лактации), на 1,08 лактации ($P < 0,01$), выше группы 8001–9000 кг ($3,00 \pm 0,49$ лактации) на 2,10 лактации ($P < 0,001$), а также выше группы 9001 кг и более ($3,10 \pm 0,34$ лактации) на 2,00 лактации ($P < 0,001$).

Таблица 1 – Влияние уровня удою за первую лактацию на продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность коров костромской породы в племенных заводах

Удой за 1-ю лактацию	СПК «Гридино»			СПК колхоз «Родина»		
	п, гол.	ПД, лакт.	ПУ, кг	п, гол.	ПД, лакт.	ПУ, кг
До 4000	13	$7,77 \pm 0,77$	48691 ± 5376	47	$4,09 \pm 0,36$	20765 ± 2295
4001–5000	18	$7,50 \pm 0,59$	50269 ± 4696	109	$5,10 \pm 0,23$	31453 ± 1881
5001–6000	36	$5,53 \pm 0,48$	37840 ± 3669	122	$4,33 \pm 0,21$	27917 ± 1444
6001–7000	25	$4,44 \pm 0,48$	35640 ± 4417	59	$4,02 \pm 0,27$	26784 ± 1963
7001–8000	27	$4,89 \pm 0,53$	37055 ± 4107	35	$4,23 \pm 0,39$	30007 ± 2743
8001–9000	9	$3,00 \pm 0,71$	23597 ± 5156	20	$3,00 \pm 0,49$	23843 ± 3886
9001 и более	12	$4,58 \pm 0,84$	36868 ± 6325	52	$3,10 \pm 0,34$	26433 ± 3034

Таблица 2 – Влияние уровня удоя за первую лактацию на продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность коров костромской породы в племенных репродукторах

Удой за 1 лактацию	ООО «Агрофирма «Планета»			ООО «Минское»		
	п, гол.	ПД, лакт.	ПУ, кг	п, гол.	ПД, лакт.	ПУ, кг
До 4000	6	6,33±1,05	34679±6951	4	5,40±1,10	36298±8002
4001–5000	18	7,50±0,59***	50269±4696	109	5,10±0,23***	31453±1881
5001–6000	23	4,87±0,59	27510±3685	10	6,75±1,96	42671±15689
6001–7000	25	4,44±0,48	35640±4417	59	4,02±0,27	26784±1963
7001–8000	74	4,14±0,27	24271±1661	7	4,14±1,32	29448±9183
8001–9000	9	3,00±0,71***	23597±5156	20	3,00±0,49	23843±3886
9001 и более	41	3,27±0,31	20783±1998	9	3,44±0,53	24913±4312

Отсутствие статистически значимых различий по пожизненному удою между большинством групп объясняется компенсаторным эффектом: высокие удои за лактацию у групп с сокращённым долголетием компенсируются преимуществами групп с большим количеством лактаций.

Таким образом, в изученных племенных заводах оптимальным диапазоном удоя за первую лактацию, обеспечивающим наилучшее сочетание продуктивного долголетия и пожизненной продуктивности коров костромской породы, является интервал 4001–5000 кг. Превышение данного уровня сопровождается достоверным снижением срока хозяйственного использования животных, что необходимо учитывать при планировании селекционно-племенной работы.

Из данных таблицы 2 следует, что в ООО «Агрофирма «Планета» наиболее высокой продолжительностью продуктивного долголетия отличались коровы с удоём за первую лактацию в диапазоне 4001–5000 кг, которые превосходили животных с удоём 8001–9000 кг на 4,50 лактации ($P < 0,001$), а также превосходили группу 9001 кг и более на 4,23 лактации. По пожизненному удою коровы оптимальной группы (4001–5000 кг) показали результат 50269 кг, что выше, чем в группе 8001–9000 кг, на 26672 кг, и выше, чем в группе 9001 кг и более, на 29486 кг. При этом достоверность различий по пожизненному удою между указанными группами не установлена ввиду высокой вариабельности данных и малых объёмов выборок в группах с экстремально высокими удоями.

В ООО «Минское» также выявлена сходная закономерность: коровы с удоём первой лактации 4001–5000 кг характеризовались продуктивным долголетием 5,10±0,23 лактации, что достоверно выше, по сравнению с группой 8001–9000 кг (3,00 0,49 лактации), на 2,10 лактации ($P < 0,001$). Однако абсолютные показатели долголетия в данном хозяйстве оказались ниже, чем в ООО «Агрофирма «Планета», что, вероятно, обусловлено влиянием дополнительных технологических факторов.

Таким образом, в изученных племенных репродукторах оптимальным уровнем удоя за первую лактацию, обеспечивающим наилучшее сочетание продуктивного долголетия и пожизненной продуктивности коров костромской породы, является интервал 4001–5000 кг. Превышение данного уровня сопровождается достоверным снижением срока продуктивного использования животных, что необходимо учитывать при планировании селекционно-племенной работы.

Выводы. Проведённое исследование позволило установить устойчивую зависимость между величиной удоя коров-первотёлок костромской породы и продолжительностью их последующего хозяйственного использования. На основании данных, полученных в четырёх племенных хозяйствах Костромской области, определён физиологически и экономически обоснованный оптимальный уровень удоя за первую лактацию – от 4001 до 5000 кг молока. У первотёлок этой группы наблюдается оптимальное сочетание показателей продуктивного долголетия (от 5,1 до 7,8 лактации в зависимости от хозяйства) и пожизненной молочной продуктивности. Установлено, что увеличение удоя свыше 5000 кг у первотёлок приводит к сокращению их продуктивной жизни. Наиболее выраженное снижение долголетия (до 3,0–3,5 лактации) наблюдается у коров, чей удой в первую лактацию превышает 8000 кг, что свидетельствует о чрезмерной физиологической нагрузке на организм и преждевременном выбытии из стада. В то же время установлена существенная межхозяйственная вариабельность абсолютных показателей долголетия при сходных уровнях продуктивности, что указывает на необходимость дальнейшего изучения технологических факторов, которые могут оказывать влияние на продолжительность использования коров. Для повышения экономической эффективности молочного скотоводства целесообразна стратегия, ориентированная не на максимальный раздой первотёлок, а на достижение сбалансированного уровня продуктивности, обеспечивающего длительный и рентабельный срок продуктивного использования животных.

Список источников

1. Гнитов В. В., Кожевникова И. С., Худякова Н. А. Продуктивное долголетие коров как фактор повышения рентабельности сельхозпредприятий // Аграрный научный журнал. 2024. № 1. С. 67–72. DOI 10.28983/asj.y2024i1pp67-72. EDN PHDVNG.

2. Костомяхин Н. М., Сафронов С. Л. Резервы увеличения производства молока в сельскохозяйственных предприятиях // Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения : сб. статей по материалам Международ. науч.-практ. конф., Курган, 15 апреля 2021 года. Курган : Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2021. С. 201–204. EDN LOAGUX.

3. Шишкина Т. В. Влияние уровня молочной продуктивности коров по первой лактации на их продуктивное долголетие // Сурский вестник. 2024. № 1 (26). С. 40–45. DOI 10.36461/2619-1202_2024_01_007. EDN OLXQTI.

4. Казаков Д. С., Баранова Н. С., Королев А. А., Валавина А. А. Влияние возраста первого отела на продуктивное долголетие коров костромской породы // Аграрный вестник Нечерноземья. 2024. № 3 (15). С. 47–54. DOI 10.52025/2712-8679_2024_03_47. EDN SWVWDM.

5. Васильева О. К. Динамика показателей продуктивного долголетия в сельскохозяйственных предприятиях России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. – № 60. С. 80–87. DOI 10.24411/2078-1318-2020-13080. EDN TWHBOX.

6. Адушинов Д. С., Кузнецов А. И., Грибачев П. А., Журавлев А. Н. Молочная продуктивность коров в зависимости от интенсивности выращивания телок // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024. № 3. С. 150–154. DOI 10.24412/2311-6447-2024-3-150-154. EDN IUQOVQ.

7. Горелик О. В., Харлап С. Ю., Неверова О. П. [и др.] Влияние возраста первого осеменения на продуктивные качества коров // Аграрная наука. 2024. № 7. С. 96–101. DOI 10.32634/0869-8155-2024-384-7-96-101. EDN FRPFZQ.

8. Смирнова Ю. М. Молочная продуктивность, долголетие и воспроизводительные качества у коров черно-пестрой породы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.10. Дубровицы, 2021. 21 с.

References

1. Gnitov V. V., Kozhevnikova I. S., Khudyakova N. A. Produktivnoe dolgoletie korov kak faktor povysheniya rentabel'nosti sel'hozpredpriyatij // Agrarny nauchny zhurnal. 2024. № 1. S. 67–72. DOI 10.28983/asj.y2024i1pp67-72. EDN PHDVNG.

2. Kostomakhin N. M., Safronov S. L. Rezervy uvelicheniya proizvodstva moloka v sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah // Aktual'nye problemy APK i innovacionnye puti ih resheniya : sb. statej po materialam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Kurgan, 15 aprelya 2021 goda. Kurgan : Kurganskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya im. T. S. Mal'ceva, 2021. S. 201–204. EDN LOAGUX.

3. Shishkina T. V. Vliyaniye urovnya molochnoy produktivnosti korov po pervoy laktacii na ih produktivnoe dolgoletie // Surskiy vestnik. 2024. № 1 (26). S. 40–45. DOI 10.36461/2619-1202_2024_01_007. EDN OLXQTI.

4. Kazakov D. S., Baranova N. S., Korolev A. A., Valavina A. A. Vliyaniye vozrasta pervogo otela na produktivnoe dolgoletie korov kostromskoj porody // Agrarny vestnik Nечернозем'ya. 2024. № 3 (15). S. 47–54. DOI 10.52025/2712-8679_2024_03_47. EDN SWVWDM.

5. Vasil'eva O. K. Dinamika pokazatelej produktivnogo dolgoletiya v sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah Rossii // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. – № 60. S. 80–87. DOI 10.24411/2078-1318-2020-13080. EDN TWHBOX.

6. Adushinov D. S., Kuznetsov A. I., Gribachev P. A., Zhuravlev A. N. Molochnaya produktivnost' korov v zavisimosti ot intensivnosti vyrashchivaniya telok // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2024. № 3. S. 150–154. DOI 10.24412/2311-6447-2024-3-150-154. EDN IUQOVQ.

7. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Neverova O. P. [i dr.] Vliyaniye vozrasta pervogo osemeneniya na produktivnye kachestva korov // Agrarnaya nauka. 2024. № 7. S. 96–101. DOI 10.32634/0869-8155-2024-384-7-96-101. EDN FRPFZQ.

8. Smirnova Yu. M. Molochnaya produktivnost', dolgoletie i vosproizvoditel'nye kachestva u korov cherno-pestroj porody : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk : 06.02.10. Dubrovicy, 2021. 21 s.

Сведения об авторах

Дмитрий Сергеевич Казаков – старший преподаватель кафедры частной зоотехнии, разведения и генетики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 7034-9853.

Сергей Гаврилович Белокуров – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, разведения и генетики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 5803-8372.

Виктория Анатольевна Карабинова – обучающаяся факультета ветеринарной медицины и зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 5893-2972.

Анастасия Игоревна Волхонова – обучающаяся факультета ветеринарной медицины и зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 7701-9211.

Information about the authors

Dmitriy S. Kazakov – Senior lecturer of the Department of Small Animal Science, Breeding and Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", spin-code: 7034-9853.

Sergey G. Belokurov – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Small Animal Science, Breeding and Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", spin-code: 5803-8372.

Viktoriia A. Karabinova – student of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", spin-code: 5893-2972.

Anastasiya I. Volkhonova – student of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", spin-code: 7701-9211.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
УДК 636.271
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.015

ОСОБЕННОСТИ ЭКСТЕРЬЕРА КОРОВ-ПЕРВОТЁЛОК КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ЛИНИЙ И РОДСТВЕННЫХ ГРУПП

**Анастасия Сергеевна Сморчкова¹, Надежда Сергеевна Баранова²,
Антон Александрович Королев³**

^{1, 2}Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Караваево, Россия

³Костромской региональный информационно-селекционный центр
при Костромской государственной сельскохозяйственной академии, Караваево, Россия

¹nastasya.cs@mail.ru, ORCID 0000-0001-8198-0685

²baranova-ns2@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5123-848X

³toscha.koroliow@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1561-5449

Реферат. В статье представлены результаты исследования экстерьерных и продуктивных особенностей коров-первотёлок костромской породы, относящихся к разным линиям и родственным группам (л. Ладка 2537, родственная группа Концентра 106157, родственная группа Меридиана 90827) в условиях племенного репродуктора Костромской области. Проведён анализ основных промеров тела, индексов телосложения и показателей молочной продуктивности (удой за 305 дней лактации, содержание жира и белка в молоке, количество жира и белка, коэффициент молочности). Установлено, что коровы-первотёлки родственной группы Концентра 106157 отличаются более крупными размерами, гармоничным развитием и наивысшей молочной продуктивностью, а также высокой выравненностью признаков. Животные других линий и групп уступают по удою, но имеют особенности телосложения. В данной статье подчеркивается значимость селекционной работы с линиями и родственными группами для повышения продуктивности, сохранения здоровья и долголетия животных, что способствует устойчивому развитию молочного скотоводства.

Ключевые слова: костромская порода, коровы-первотёлки, заводские линии, родственные группы, оценка экстерьера, промеры, индексы телосложения, молочная продуктивность

EXTERIOR FEATURES OF FIRST-CALF COWS OF THE KOSTROMA BREED OF DIFFERENT LINES AND RELATED GROUPS

Anastasiya S. Smorchkova¹, Nadezhda S. Baranova², Anton A. Korolev³

^{1, 2}Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Russia

³Kostroma Regional Information and Breeding Center
at the Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Russia

¹nastasya.cs@mail.ru, ORCID 0000-0001-8198-0685

²baranova-ns2@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5123-848X

³toscha.koroliow@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1561-5449

Abstract. The article presents the results of a study of the exterior and productive features of first-calf cows of the Kostroma breed belonging to different lines and related groups (l. Ladok 2537, related group Koncentrat 106157, related group Meridian 90827) in the conditions of the breeding reproducer of the Kostroma region. An analysis of the main body measurements, body conformation indices and indicators of milk productivity (milk yield for 305 days of lactation, fat and protein content in milk, fat and protein amount, milk yield coefficient) was carried out. It has been established that first-calf cows of the related group Koncentrat 106157 are distinguished by larger sizes, harmonious development and the highest milk productivity, as well as a high uniformity of signs. Animals of other lines and groups are inferior in yield, but have constitutional peculiarities. This article emphasizes the importance of breeding work with lines and related groups to increase productivity, preserve the health and longevity of animals, which contributes to the sustainable development of dairy cattle breeding.

Keywords: Kostroma breed, first-calf cows, breeding lines, related groups, exterior assessment, measurements, body conformation indices, milk productivity

Введение. Костромская порода крупного рогатого скота – одна из ведущих отечественных пород молочного направления [1]. Она отличается высокой продуктив-

ностью, крепкой конституцией и хорошими адаптационными способностями [2; 3]. Благодаря наследственным особенностям, эти животные характеризуются опти-

мальным соотношением жира и белка в молоке, длительным периодом хозяйственного использования и устойчивостью к ряду заболеваний (лейкоз, бруцеллёз, туберкулёз) [4].

Совершенствованием племенных и продуктивных качеств костромской породы в Костромской области занимаются три племенных завода и три племенных репродуктора [5; 6].

Ключевую роль в повышении молочной продуктивности играет селекционная работа с заводскими линиями и родственными группами, которая позволяет системно совершенствовать породу и стадо. Её значение проявляется в нескольких аспектах. Прежде всего, это сохранение и усиление ценных наследственных качеств, которые можно не только закрепить в породе, но и усилить у потомства. Также работа с линиями даёт возможность более точно прогнозировать, какие признаки проявятся у потомства. Это снижает риск проявления нежелательных характеристик и повышает эффективность селекции. А подбор пар с учётом заводских линий и родственных групп позволяет целенаправленно улучшать нужные признаки, в том числе и экстерьер, за меньшее число поколений [7; 8].

Таким образом, работа с заводскими линиями и родственными группами обеспечивает не только рост продуктивности, но и сохраняет здоровье и долголетие животных, что особенно важно для устойчивого развития молочного скотоводства [9; 10].

Цель исследования – оценка экстерьера и молочной продуктивности коров костромской породы в разрезе линий и родственных групп в условиях племенного репродуктора.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2025 году в племенном репродукторе ГКФХ Васина Марина Сергеевна, где занимаются разведением крупного рогатого скота костромской породы. Материалом для исследования послужили данные промеров, которые брали у 63 голов коров-первотёлок в первые 100 дней лактации перед доением. Экстерьер оценивали в соответствии с требованиями инструкции

по бонитировке в первые 100 дней лактации.

На основании промеров были рассчитаны индексы телосложения: растянутости, сбитости, костистости, массивности, длинноногости. Молочную продуктивность оценивали по показателям: удой за 305 дней лактации (кг), содержание жира и белка в молоке (% и кг), коэффициент молочности (кг). Биометрическая обработка проведена на платформе Microsoft Office Excel. Достоверность данных оценивалась по t-критериям Стьюдента.

В качестве основных методов исследования использовали зоотехнические, аналитические и математические методы.

Результаты исследований. В настоящее время плановыми линиями для ГКФХ Васина Марина Сергеевна являются: линия Ладка КТКС-253; родственные группы Концентрата 106157 и Меридиана 90827.

Линия Ладка 2537 КТКС-253. Родоначальник линии Ладок 2537 родился в 1947 году в стаде племязавода «Караваяево» от родоначальника генеалогической линии Вулкана КТКС-99 и коровы Ладушки КТКС-649, дочери быка Эмо и внучки Силача КТКС-84. В настоящее время в стаде используются быки Березняк 770 и Лайт 390.

Генеалогическая группа Меридиана 90827. Генеалогическую группу Меридиана 90827 стали воспроизводить в 1979 году с завозом в нашу страну новой партии швицких быков из США. В стаде используется представитель линии – бык Залив 9220.

Генеалогическая группа Концентрата 106157. Генеалогическая группа Концентрата 106157 распространяется в породе с конца 70-х годов прошлого столетия в связи с завозом семени быков Фактора 171162 и Страйка 171605 в племязавод «Караваяево», Сэма 171251, который использовался в стаде учхоза «Костромское» и ряде других племенных хозяйств, спермы завезённого в 90-е годы в учхоз «Костромское» быка Лон Дола 181664. В настоящее время получают поголовье родственной группы Концентрата 106157 в ГКФХ Васина Марина Сергеевна от быков-производителей: Манёвр 8589, Давинчи 9695533, Юфаст 47587, Эскалибур 105117458.

Таблица 1 – Промеры коров-первотёлок костромской породы

Промер	Линия, родственная группа					
	р. гр. Концентрат 106157 (n = 23)		л. Ладок 2537 (n = 19)		р. гр. Меридиан 90827 (n = 21)	
	Sx±X, см	Cv, %	Sx±X, см	Cv, %	Sx±X, см	Cv, %
Высота в холке	135,0±3,06	3,9	129,6±2,33	5,4	132,0±1,46	3,3
Ширина груди	44,3±1,86	3,2	43,4±0,84	5,8	43,8±1,14	7,8
Глубина груди	73,6±0,67**	1,6	69,7±1,26	5,4	69,5±0,94	4,0
Обхват груди за лопатками	196,7±4,33	3,8	192,6±2,95	4,6	193,6±3,58	5,5
Обхват пясти	19,6±0,67	5,8	19,7±0,53	8,0	19,2±0,42	6,6
Косая длина туловища	169,3±2,78	2,7	163,3±2,96	5,4	163,4±1,61	2,9
Ширина таза в маклоках	48,7±1,33	4,7	47,9±1,16	7,3	49,0±0,64	3,9
Ширина таза в седалищных буграх	17,6±0,33	3,3	18,5±1,04	16,8	18,6±0,34*	5,4

Примечание: * – P ≤ 0,05; ** – P ≤ 0,01.

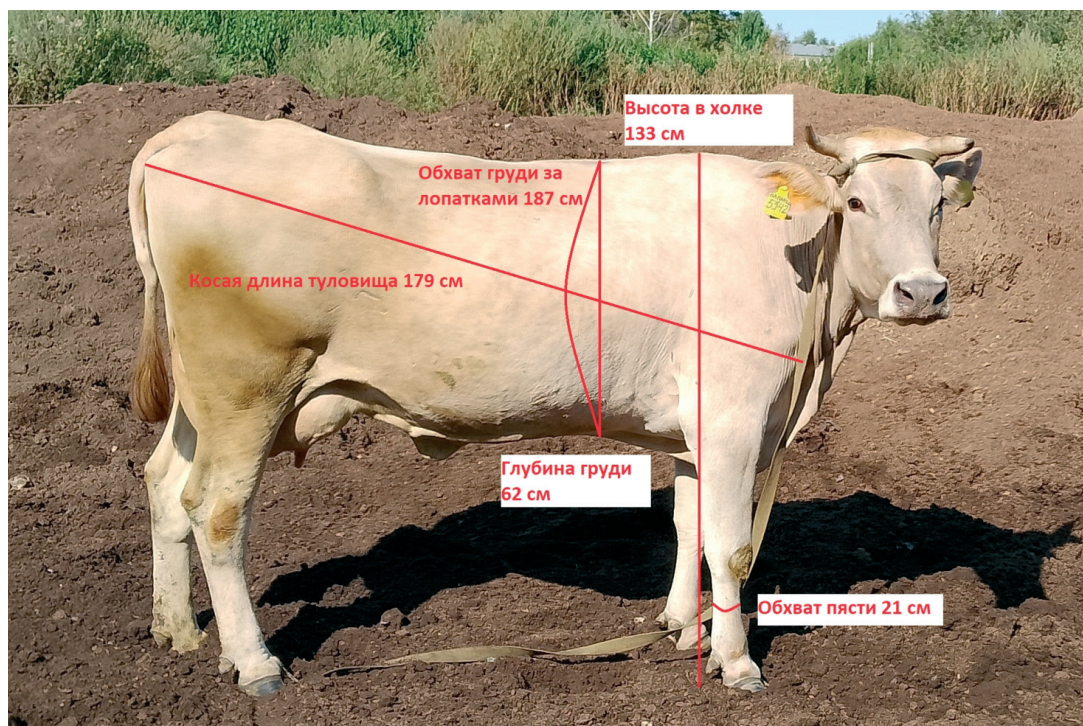


Рисунок 1 – Корова-первотёлка Паприка костромской породы

В таблице 1 приведены результаты основных промеров коров, которые являются ключевыми показателями для оценки их телосложения и развития.

По данным таблицы 1 можно сделать вывод, что животные р. гр. Концентрата 106157 более крупные с гармонично развитым телосложением. Коровы-первотёлки превышают сверстниц л. Ладка 2537 по промеру высоты в холке на 5,4 см, или на 4,0%, р. гр. Меридиана 90827 – на 3,0 см, или на 2,2%. По промеру ширины груди больших отличий не было, значение промера в разрезе родственных групп и линий составило 43,4–44,3 см. По промерам обхвата груди за лопатками и косой длины туловища также первотёлки р. гр. Концентрата 106157 отличались максимальными значениями – 196,7 и 169,3 см соответственно. По промеру обхвата пясти значение практически одинаковое – 19,2–19,7 см, что говорит о схожей крепости конечностей. Ширина таза в маклоках наибольшая у животных р. гр. Меридиана 71151 – 49,0 см, что больше на 0,3 см, или на 0,6% сверстниц р. гр. Концентрата 106157 и на 1,1 см, или на 2,2% – л. Ладка 2537.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что животные р. гр. Концентрата отличаются высокими показателями по ряду промеров: высоте в холке, глубине и ширине груди, обхвату груди и пясти, косой длине туловища. Это указывает на лучшее развитие и выраженность молочно-мясных качеств. В л. Ладка 2537 по отдельным промерам (ширина таза в седалищных буграх – C_v составляет 16,8%) наблюдается высокая изменчивость, что может быть связано с менее строгим отбором или большей генетической разнородностью.

На рисунке 1 представлены промеры коровы-первотёлки Паприки 5342 (живая масса 529 кг), отец – бык-улучшатель Залив 9220 линии Меридиана 90827.

Для более объективной и комплексной оценки типа телосложения коров, помимо абсолютных промеров, были рассчитаны основные индексы телосложения (рис. 2). Значения этих индексов позволяют судить о направленности развития, выраженности хозяйственно полезных признаков и соответствии животных желательному типу.

Анализ индексов телосложения показывает, что между линиями и родственными группами есть выраженные различия по типу телосложения и уровню однородности. Значения по индексу растянутости близки и составляют 123,9–126,1%, но у животных р. гр. Концентрата 106157 этот индекс минимален (125,5%), что говорит о более компактном и крепком телосложении. В линии Ладка 2537 индекс выше 126,1%, а изменчивость ($C_v = 4,3\%$) говорит о большей разнородности. Индекс сбитости меньше у животных р. гр. Концентрата 106157 (116,1%), чем у других групп (118,1–118,5%), что указывает на менее округлое туловище. При этом изменчивость здесь минимальна ($C_v = 1,9\%$), что говорит о хорошей выравненности животных. Наибольшим значением по индексу массивности отличаются первотёлки л. Ладка 2537 (148,6%), что может свидетельствовать о более выраженном мясном направлении. В р. гр. Концентрата 106157 этот показатель ниже всех (145,5%), но изменчивость минимальна ($C_v = 2,1\%$). Наибольшее значение по индексу костистости имеют животные л. Ладка 2537 (15,2%), что может указывать на более тонкий костяк. В других группах значения данного показателя ниже, изменчивость умеренная. Так, в р. гр. Меридиана 90827 индекс костистости составил 14,5%, $C_v = 5,4\%$, а в р. гр. Концентрата 106157 – 14,6%, $C_v = 7,9\%$. Коровы-первотёлки р. гр. Меридиана 90827 отличаются максимальным значением по индексу длинноногости,

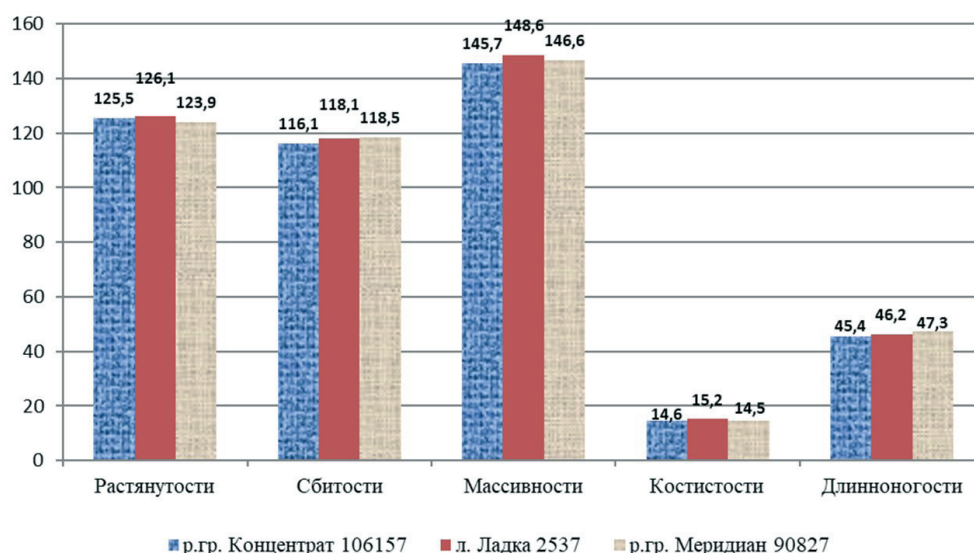


Рисунок 2 – Индексы телосложения коров-первотёлок

его значение составило 47,3%, что говорит о том, что животные наиболее высоконогие. В р. гр. Концентра 106157 этот показатель минимален и составил 45,4%, то есть животные более приземистые.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что по основным показателям молочной продуктивности лидируют коровы-первотёлки р. гр. Концентра 106157. Так, удой за 305 дней лактации у этих животных составил 7521 кг молока, что достоверно выше, чем у сверстниц р. гр. Меридиана 90827 (6923 кг). Содержание молочного жира (МДЖ) и молочного белка (МДБ) во всех группах находится примерно на одном уровне, однако у животных в р. гр. Концентра 106157 МДЖ несколько выше (4,23% против 4,15–4,20%), а по МДБ различий практически нет. Выход молочного жира и белка максимален у коров р. гр. Концентра 106157 (318 кг жира и 262 кг белка), что подтверждает её преимущество по комплексу признаков. Живая масса у коров этой родственной группы также была наибольшая и составила 568,7 кг, что говорит о лучшем общем развитии.

Таким образом, высокой молочной продуктивностью и однородностью по комплексу признаков обладают коровы-первотёлки р. гр. Концентра 106157. Удой

первотёлок составил 7521 кг молока, выход молочного жира – 318,0 кг, выход молочного белка – 261,8 кг, живая масса – 569 кг. Сверстницы л. Ладка 2537 уступают по удою и выходу продукции, но отличаются более высоким коэффициентом молочности (1305,1 кг). Животные р. гр. Меридиана 90827 показывают наименьшие значения по основным показателям молочной продуктивности.

Выводы. В проведённом исследовании установлено, что селекционная работа с линиями и родственными группами коров костромской породы обеспечивает не только повышение молочной продуктивности, но и способствует сохранению крепкого телосложения животных. В частности, коровы-первотёлки р. гр. Концентра 106157 выделяются более крупными размерами, гармоничным развитием и лучшими показателями по основным промерам, а также наивысшей молочной продуктивностью – 7521 кг молока, что существенно выше, чем у сверстниц других линий и групп. Кроме того, у этой группы отмечена высокая выравненность признаков и минимальная изменчивость, что свидетельствует о результативности селекции. Животные линии Ладка 2537 и р. гр. Меридиана 90827 уступают по удою и об-

Таблица 2 – Молочная продуктивность коров-первотёлок костромской породы

Показатель	Линия, родственная группа		
	р. гр. Концентрат 106157 (n = 23)	л. Ладок 2537 (n = 19)	р. гр. Меридиан 90827 (n = 21)
Удой за 305 дней лактации, кг	7521±183*	7094±257	6923±186
МДЖ, %	4,23±0,07	4,15±0,06	4,20±0,05
МДБ, %	3,48±0,10	3,45±0,04	3,45±0,04
Количество молочного жира, кг	318,0±7,65*	294,2±10,27	290,0±11,01
Количество молочного белка, кг	261,8±10,83	244,5±8,91	238,7±9,82
Живая масса, кг	569±8	552±8	558±8
Коэффициент молочности, кг	1292,2±59,6	1305,1±82,6	1255,3±72,9

Примечание: * – $P \leq 0,05$.

ществу развитию, однако имеют более высокий коэффициент молочности.

Таким образом, работа с линиями и родственными группами позволяет целенаправленно совершенство-

вать стадо, улучшать как экстерьерные, так и продуктивные качества, а также поддерживать устойчивость и здоровье животных, что особенно важно для эффективного развития молочного скотоводства.

Список источников

1. Хакимов И. Н., Мударисов Р. М. Экстерьерно-конституциональные особенности коров герефордской породы ООО «КХ Полянское» // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 1. С. 101–105. EDN SAEYIF.
2. Баранова Н. С., Королев А. А., Смorchкова А. С., Валавина А. А. Костромичи и «костромичка»: история выведения отечественной высокопродуктивной породы крупного рогатого скота // Отечественные породы крупного рогатого скота как драйвер развития животноводческой отрасли : материалы всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию костромской породы крупного рогатого скота, 80-летию Костромской области, 75-летию Костромской государственной сельскохозяйственной академии, Караваево, 28 ноября 2024 года. Караваево : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2024. С. 3–11. EDN RHUQFN.
3. Смorchкова А. С., Королев А. А., Баранова Н. С. Особенности экстерьера коров костромской породы // Развитие науки и практики в контексте глобальных вызовов : сб. статей по материалам 76-й Международ. науч.-практ. конф., п. Караваево, 06 февраля 2025 года. п. Караваево : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2025. С. 125–131. EDN EJJFUGG.
4. Великохатский А. С., Грачев В. С. Экстерьер, воспроизводительные качества и продолжительность хозяйственного использования коров с разным уровнем надоя // Вестник студенческого научного общества. 2018. Т. 9, № 1. С. 156–158. EDN XQFIYH.
5. Кадиева Т. А., Кокоева А. Т., Хадаева Р. Б., Алдатова Д. Г. Влияние признаков экстерьера на продуктивность и продолжительность хозяйственного использования коров // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий : материалы Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Горского ГАУ, Владикавказ, 29–30 ноября 2018 года. Том 1. Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2018. С. 130–134. EDN MISGCD.
6. Вельматов А. А., Аль-Исави А. А. Х., Вельматов А. П., Тишкина Т. Н., Зеленцов С. Е. Влияние типа телосложения на продуктивное долголетие коров // Аграрный научный журнал. 2020. № 4. С. 51–54. DOI 10.28983/asj.y2020i4pp51-54. EDN QSIJLQ.
7. Плавинский С. Ю., Жукова Г. П. Влияние типа телосложения коров красно-пестрой породы на их продуктивное долголетие // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 138–142. EDN ZWLCDDB.
8. Лефлер Т. Ф., Адушинов Д. С., Боярина О. А. Линейная оценка экстерьера коров голштинской породы по канадской системе // Вестник КрасГАУ. 2025. № 8 (221). С. 156–165. DOI 10.36718/1819-4036-2025-8-156-165/
9. Яковлева О. О. Сравнительная характеристика линий черно-пестрой породы скота в условиях Вологодской области // Аграрный вестник Верхневолжья. 2024. № 1 (46). С. 103–113. DOI 10.35523/2307-5872-2024-46-1-103-113. EDN CUQFRD.
10. Фураева Н. С., Зверева Е. А., Шаехова Н. А. Современный экстерьер крупного рогатого скота ярославской породы // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 22–29. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.003. EDN UNBSZO.

References

1. Khakimov I. N., Mudarisov R. M. Ekster'erno-konstitucional'nye osobennosti korov gerefordskoj porody ООО «KH "Polyanskoe"» // Izvestiya Samarsoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2014. № 1. S. 101–105. EDN SAEYIF.
2. Baranova N. S., Korolev A. A., Smorchkova A. S., Valavina A. A. Kostromichi i «kostromichka»: istoriya vyvedeniya otechestvennoj vysokoproduktivnoj porody krupnogo rogatogo skota // Otechestvennye porody krupnogo rogatogo skota kak drajver razvitiya zhivotnovodcheskoj otrasli : materialy vserrss. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 80-letiyu kostromskoj porody krupnogo rogatogo skota, 80-letiyu Kostromskoj oblasti, 75-letiyu Kostromskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii, Karavaevo, 28 noyabrya 2024 goda. Karavaevo : Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2024. S. 3–11. EDN RHUQFN.
3. Smorchkova A. S., Korolev A. A., Baranova N. S. Osobennosti ekster'era korov kostromskoj porody // Razvitie nauki i praktiki v kontekste global'nyh vyzovov : sb. statej po materialam 76-j Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., p. Karavaevo, 06 fevralya 2025 goda. p. Karavaevo : Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2025. S. 125–131. EDN EJJFUGG.
4. Velikokhatskij A. S., Grachev V. S. Ekster'er, vosproizvoditel'nye kachestva i prodolzhitel'nost' hozyajstvennogo ispol'zovaniya korov s raznym urovnem nadoya // Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva. 2018. T. 9, № 1. S. 156–158. EDN XQFIYH.
5. Kadieva T. A., Kokoeva A. T., KHadaeva R. B., Aldatova D. G. Vliyanie priznakov ekster'era na produktivnost' i prodolzhitel'nost' hozyajstvennogo ispol'zovaniya korov // Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa gornyh i predgornyh territorij : materialy Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu Gorskogo GAU, Vladikavkaz, 29–30 noyabrya 2018 goda. Tom 1. Vladikavkaz : Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. S. 130–134. EDN MISGCD.
6. Vel'matov A. A., Al'-Isavi A. A. Kh., Vel'matov A. P., Tishkina T. N., Zelentsov S. E. Vliyanie tipa teloslozheniya na produktivnoe dolgoletie korov // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 4. S. 51–54. DOI 10.28983/asj.y2020i4pp51-54. EDN QSIJLQ.
7. Plavinskij S. Yu., Zhukova G. P. Vliyanie tipa teloslozheniya korov krasno-pestroj porody na ih produktivnoe dolgoletie // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2017. № 3 (43). S. 138–142. EDN ZWLCDDB.
8. Lefler T. F., Adushinov D. S., Boyarina O. A. Linejnaya ocenka ekster'era korov golshtinskoj porody po kanadskoj sisteme // Vestnik KrasGAU. 2025. № 8 (221). S. 156–165. DOI 10.36718/1819-4036-2025-8-156-165/
9. Yakovleva O. O. Sravnitel'naya harakteristika linij cherno-pestroj porody skota v usloviyah Vologodskoj oblasti // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2024. № 1 (46). S. 103–113. DOI 10.35523/2307-5872-2024-46-1-103-113. EDN CUQFRD.
10. Furaeva N. S., Zvereva E. A., Shaekhova N. A. Sovremennyy ekster'er krupnogo rogatogo skota yarovskoj porody // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 3 (59). S. 22–29. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.003. EDN UNBSZO.

Сведения об авторах

Анастасия Сергеевна Смorchкова – аспирант кафедры частной зоотехнии, разведения и генетики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spn-код: 9751-4042.

Надежда Сергеевна Баранова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения и генетики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 5892-2760.

Антон Александрович Королев – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий Костромским региональным информационно-селекционным центром, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 3492-4938.

Information about the authors

Anastasia S. Smorchkova – Postgraduate student of the Department of Small Animal Science, Breeding and Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", spin-code: 9751-4042.

Nadezhda S. Baranova – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Small Animal Science, Breeding and Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", spin-code: 5892-2760.

Anton A. Korolev – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Kostroma Regional Information and Breeding Center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy", spin-code: 3492-4938.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

**Официальный сайт
ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»:**

www.yaragrovuz.ru

РУБРИКИ САЙТА:

**Сведения об образовательной организации –
– Агросоветник – Образование – Абитуриенту –
– Наука и международная деятельность**

**(в том числе научный журнал «Вестник АПК Верхневолжья») –
– Дополнительное образование – Факультеты**

Все выпуски журнала «Вестник АПК Верхневолжья» в полнотекстовом формате,
требования к оформлению рукописей, контакты на страничке:

<http://yaragrovuz.ru/index.php/nauka-i-mezhdunarodnaya-deyatelnost/zhurnal-vestnik-apk-vekhnevolzhya>



Научная статья
УДК 636.22/.28.082
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.016

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОСАТЕЛЛИТНОГО ПРОФИЛЯ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ДВУХ ПОПУЛЯЦИЙ

**Е. Г. Скворцова¹, О. В. Филинская², Д. А. Смирнов³,
Л. Родригес Медерос⁴, И. А. Залетов⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Гамеровна Скворцова,
e.skvorcova@yarcx.ru, ORCID 0000-0003-0699-7959

Реферат. Проведён анализ генетической структуры двух групп крупного рогатого скота голштинской породы из ООО «Племзавод Барыбино» (BAR, $n = 297$) и Агрофирма «Детчинское» (ЕКО, $n = 826$) с использованием 11 микросателлитных локусов (*TGLA227*, *BM2113*, *TGLA53*, *ETH10*, *SPS115*, *TGLA122*, *INRA23*, *TGLA126*, *BM1818*, *ETH225*, *BM1824*). Определены частоты аллелей, показатели генетического разнообразия (среднее и эффективное число аллелей, наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность, индекс Шеннона), коэффициенты инбридинга (*Fis*), а также генетическая дифференциация (*Fst*) и дистанции Нея. Установлено, что группа BAR характеризуется более высоким уровнем аллельного разнообразия ($N_a = 8,27$, $N_e = 3,84$, $I = 1,45$) по сравнению с ЕКО ($N_a = 6,36$, $N_e = 3,18$, $I = 1,27$). В BAR выявлено 15 приватных аллелей, в ЕКО – ни одного. Наблюдаемая гетерозиготность в BAR (0,725) незначительно превышает ожидаемую (0,700), $Fis = -0,035$, что указывает на избыток гетерозигот. В ЕКО показатели близки к равновесным ($H_o = 0,643$, $H_e = 0,646$, $Fis = 0,005$). Значение парного *Fst* составило 0,0111, $N_m = 22,3$, генетическое тождество Нея $> 0,95$, что свидетельствует об очень слабой дифференциации и интенсивном потоке генов между группами. Таким образом, BAR и ЕКО генетически близки и могут рассматриваться как единая популяция, однако стадо из ООО «Племзавод Барыбино» обладает более высоким генетическим разнообразием, что важно учитывать при селекционно-племенной работе.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, микросателлиты, генетическое разнообразие, гетерозиготность, приватные аллели

COMPARATIVE GENETIC CHARACTERISTICS OF THE MICROSATELLITE PROFILE OF HOLSTEIN COWS OF TWO POPULATIONS

**E. G. Skvortsova¹, O. V. Filinskaya², D. A. Smirnov³,
L. Rodriguez Mederos⁴, I. A. Zaletov⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

Author responsible for the correspondence: Elena G. Skvortsova,
e.skvorcova@yarcx.ru, ORCID 0000-0003-0699-7959

Abstract. The genetic structure of two groups of Holstein cattle from ООО "Plemzavod Barybino" (BAR, $n = 297$) and Agrofirma "Detchinskoe" (EKO, $n = 826$) was analyzed using 11 microsatellite loci (*TGLA227*, *BM2113*, *TGLA53*, *ETH10*, *SPS115*, *TGLA122*, *INRA23*, *TGLA126*, *BM1818*, *ETH225*, *BM1824*). Allele frequencies, genetic diversity indices (average and effective number of alleles, observed and expected heterozygosity, Shannon index), inbreeding coefficients (*Fis*), as well as genetic differentiation (*Fst*) and Ney distances were determined. The BAR group was found to have a higher level of allelic diversity ($N_a = 8.27$, $N_e = 3.84$, $I = 1.45$) compared to EKO ($N_a = 6.36$, $N_e = 3.18$, $I = 1.27$). 15 private alleles were identified in BAR, while there was no one in EKO. The observed heterozygosity in BAR (0.725) is slightly higher than expected (0.700), $Fis = -0.035$, which indicates an excess of heterozygotes. In EKO, the indicators are close to equilibrium ($H_o = 0.643$, $H_e = 0.646$, $Fis = 0.005$). The paired *Fst* value was 0.0111, $N_m = 22.3$, Ney's genetic identity > 0.95 , which indicates very weak differentiation and intense gene flow between groups. Thus, BAR and EKO are genetically close and can be considered as a single population, but the herd from ООО "Plemzavod Barybino" has a higher genetic diversity, which is important to take into account in animal selection and breeding work.

Keywords: cattle, Holstein breed, microsatellites, genetic diversity, heterozygosity, private alleles

Введение. Результаты микросателлитного анализа ДНК применяют для селекционно-племенной работы, оценки генетической структуры пород и поддержания гетерозиготности в стадах различных видов сельскохозяйственных животных [1; 2]. Зиннатов Ф. Ф. с соавторами при сравнении джерсейской и голштинской пород в Татарстане показали, что среднее число аллелей на локус составило 7,5–7,6, эффективных аллелей – 3,2 и 3,7 соответственно. Наибольшая гетерозиготность у джерсейской породы отмечена в локусе *ETH10* (0,767–0,882), наименьшая – в *BM1824* (0,581–0,559) [3]. Мещеров Р. К. с соавторами выявили преобладающие аллели в локусах *BM1824* (188), *BM2113* (135), *ETH10* (219), *ETH225* (148), *ETH3* (117 и 129), *INRA23* (206, 210, 214) и обнаружили 33 частных аллеля у голштинской популяции отечественной селекции [4]. Ковалюк Н. В. с соавторами при генотипировании 3000 коров айрширской, голштинской и джерсейской пород установили частоту гомозиготных генотипов 0,38 у джерсейской породы, 0,30 и 0,27 – у голштинской и айрширской; наибольшее аллельное разнообразие выявлено у голштинского скота ($9,0 \pm 1,7$ аллелей на локус) [5]. Калашникова Л. А. с соавторами у голштинской породы из разных регионов показали среднее число аллелей на локус $5,43 \pm 0,19$, эффективных аллелей – $3,26 \pm 0,11$, выделили 29 часто встречающихся и 22 частных аллелей (частота 0,004–0,033) [6]. Недашковский И. С. с коллегами установили, что чёрно-пёстрая голштинская порода лидирует по генетическому разнообразию ($H_o = 0,72$) и числу аллелей на локус; доля внутригрупповой изменчивости составила 86%, межгрупповой – 14% ($p < 0,001$) [7].

График зависимости средней дисперсии размера аллеля от максимального размера аллеля из исследования международного коллектива авторов подтверждает хорошо известную положительную корреляцию между размером аллеля и дисперсией размера аллеля [8]. Согласно мнению Бренига Б. и Шютца Э., почти все микросателлиты расположены в QTL-регионах или связаны с генами, влияющими на племенную ценность. Следовательно, за последние десятилетия частота нескольких аллелей значительно увеличилась или уменьшилась, что привело к снижению общей информативности и исключаяющей способности панели маркеров [9]. Анвар Х. с коллегами предполагают, что микросателлит *NRF2*-GCC может способствовать регуляции транскрипции транскриптов *NRF2* и их последующего действия в качестве антиоксидантов в сперматозоидах крупного рогатого скота [10].

Цель данного исследования – охарактеризовать генетическую структуру двух стад крупного рогатого скота голштинской породы (ООО «Племзавод Барыбино» и Агрофирма «Детчинское») по 11 микросателлитным локусам, оценить уровень их внутригруппового и межгруппового полиморфизма (гетерозиготность, аллельное разнообразие) и определить степень генетических различий между ними.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследования послужила информация базы данных ИАС «СЕЛЭКС» – Молочный скот» крупного ро-

гатого скота голштинской породы из двух племенных хозяйств:

– группа BAR – животные ООО «Племзавод Барыбино» (Московская область);

– группа ЕКО – животные Агрофирма «Детчинское» (Калужская область).

Общая выборка составила 1123 головы (ООО «Племзавод Барыбино» – 297 гол., Агрофирма «Детчинское» – 826 гол.). Использовали информацию обо всех коровах стада, у которых известен микросателлитный профиль.

Для каждого локуса и каждой популяции рассчитывали частоты аллелей методом прямого подсчёта, наблюдаемую гетерозиготность (H_o) как долю особей с гетерозиготным генотипом, ожидаемую гетерозиготность (H_e) по формуле Нэя (1978) [11], среднее число аллелей на локус (N_a), общее и эффективное, а также коэффициент инбридинга (F_{is}) как отношение $(H_e - H_o) / H_e$. Несмещённую ожидаемую гетерозиготность (uH_e) рассчитывали по формуле: $(2N / (2N - 1)) \times H_e$, где N – число проанализированных образцов в выборке. Для оценки уровня дифференциации между двумя группами рассчитан парный F_{st} (по Райту, 1978 [12]) с оценкой значимости (1000 перестановок). Генетическую структуру изучали с помощью программы STRUCTURE v.2.3.4. Результаты STRUCTURE визуализировали в программе CLUMPP (для усреднения по прогонам) и Distruct (построение столбчатых диаграмм).

Результаты. Уровень генетического разнообразия (табл. 1) выше в группе BAR. Среднее число аллелей на локус (N_a) в BAR составило 8,27 против 6,36 в ЕКО, а эффективное число аллелей (H_e) – 3,84 и 3,18 соответственно. Это указывает на более высокое аллельное разнообразие в выборке из ООО «Племзавод Барыбино».

В таблице 2 представлены показатели гетерозиготности стад и значения индекса фиксации.

Наблюдаемая гетерозиготность (H_o) в BAR (0,725) незначительно превышает ожидаемую ($H_e = 0,700$), что даёт отрицательный коэффициент инбридинга ($F_{is} = -0,035$). Это свидетельствует о небольшом избытке гетерозигот. В группе ЕКО, напротив, H_o (0,643) несколько ниже H_e (0,646), а F_{is} слабоположительный (0,005), что указывает на небольшой дефицит гетерозигот, но в целом равновесие близко к ожидаемому.

Наибольшее число аллелей зафиксировано в локусе *TGLA53* (15 аллелей – в BAR и 8 – в ЕКО). Наименьшее – в *BM1824* (5 аллелей в обеих группах). В BAR обнаружено 15 частных (уникальных) аллелей, в ЕКО – ни одного. Это дополнительно подтверждает более высокое генетическое разнообразие в группе BAR.

Генетическая дифференциация между группами низкая, но статистически значимая. Парный F_{st} составил 0,0111, а число мигрантов на поколение (N_m) – 22,3. Согласно классификации Райта, F_{st} менее 0,05 указывает на очень слабую дифференциацию, а высокое N_m – на интенсивный поток генов. Таким образом, BAR и ЕКО представляют собой единую генетическую популяцию без существенного подразделения.

Дистанция Нэя (нескорректированная) между группами равна 0,0468, скорректированная – 0,0442, а ге-

Таблица 1 – Показатели аллельного разнообразия двух стад по 11 микросателлитным локусам

Локус	Аллель (все варианты)	Число аллелей (N_a)		Число эффективных аллелей (N_e)	
		BAR	EKO	BAR	EKO
TGLA227	81, 83, 87, 89, 91, 93, 97, 99, 103	9	9	4,64	4,10
BM2113	125, 127, 133, 135, 137, 138, 139	7	6	4,33	4,39
TGLA53	154, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 184, 186	15	8	6,98	5,18
ETH10	209, 213, 217, 219, 221, 223, 225	7	6	4,79	3,59
SPS115	248, 252, 254, 256, 258, 260	6	6	2,06	1,86
TGLA122	143, 149, 151, 153, 159, 161, 163, 171, 173, 183	10	7	5,21	3,35
INRA23	200, 202, 206, 208, 210, 212, 214	7	5	3,92	3,73
TGLA126	115, 117, 119, 121, 123	5	5	2,2	1,89
BM1818	260, 262, 264, 266, 268, 270	6	5	2,41	2,14
ETH225	140, 144, 146, 148, 150, 152	6	6	3,08	2,13
BM1824	178, 180, 182, 188, 190	5	5	2,66	2,66
Усреднённые показатели генетического разнообразия					
Генетическая группа	$N_a \pm SD$	$N_a, p \geq 5\% \pm SD$	N_e (ср.) $\pm SD$	$I \pm SD$	
BAR (ООО «Племзавод Барыбино»)	8,27 $\pm$ 0,81	4,45 $\pm$ 0,43	3,84 $\pm$ 0,46	1,45 $\pm$ 0,11	
EKO (Агрофирма «Детчинское»)	6,36 $\pm$ 0,36	4,18 $\pm$ 0,46	3,18 $\pm$ 0,34	1,27 $\pm$ 0,11	

нетическое тождество составляет 0,954–0,957. Это подтверждает высокую степень генетического сходства.

Глобальный анализ по всем локусам даёт средний $F_{st} = 0,0111$, $F_{is} = -0,0160$, $F_{it} = -0,0047$. Отрицательные значения F_{is} и F_{it} указывают на общий избыток гетерозигот в объединённой выборке.

Индекс Шеннона (I) в BAR (1,450) выше, чем в EKO (1,266), что также подтверждает большее аллельное разнообразие в первой группе.

На рисунке 1 представлены частоты аллелей по популяциям с графическим представлением локусов для кодоминантных данных.

В целом распределение частот в обеих популяциях достаточно сходно, что согласуется с низким значением F_{st} (0,011) и высокой генетической идентичностью. Однако наблюдаются и заметные различия. Для ряда локусов, например, в области *TGLA53*, *ETH10* и *TGLA122*, частоты отдельных аллелей в BAR и EKO различаются: у BAR выше частоты одних аллелей, у EKO – других. Это указывает на наличие некоторых специфических аллельных вариантов, характерных для каждой группы. В группе BAR чаще встречаются аллели с низкими частотами (редкие аллели), что визуально проявляется как большее количество «столбиков» небольшой высоты. Это соответствует ранее выявленному более высокому

аллельному разнообразию в BAR (8,27 аллеля на локус против 6,36 в EKO) и наличию 15 частных аллелей при их отсутствии в EKO. Напротив, в группе EKO частоты более сконцентрированы на нескольких доминирующих аллелях, что типично для популяции с меньшим разнообразием. Таким образом, график наглядно демонстрирует, что, несмотря на общую генетическую близость, популяции BAR и EKO различаются по структуре аллельного полиморфизма: BAR более разнообразна, EKO – более консолидирована по частотам.

Проведённое исследование показало, что изученные группы голштинского скота из ООО «Племзавод Барыбино» (BAR) и Агрофирма «Детчинское» (EKO) обладают достаточно высоким уровнем генетического разнообразия, сопоставимым с литературными данными по голштинской породе в целом. Среднее число аллелей на локус в группе BAR составило 8,27, в EKO – 6,36. Эти значения близки к показателям, полученным Зиннатовым Ф. Ф. с соавторами для голштинской породы в Татарстане (7,5–7,6) [3], и сопоставимы с данными Ковалюк Н. В. и др. для голштинского скота юга России (9,0 $\pm$ 1,7 аллеля на локус) [5]. В то же время они несколько выше, чем среднее количество аллелей (5,43), выявленное Калашниковой Л. А. и др. в голштинских популяциях разных регионов, что может объясняться различиями в

Таблица 2 – Показатели гетерозиготности стад EKO и BAR

Генетическая группа	H_o	H_e	uH_e	F
BAR (ООО «Племзавод Барыбино»)	0,725 $\pm$ 0,038	0,700 $\pm$ 0,035	0,701 $\pm$ 0,035	-0,035 $\pm$ 0,007
EKO (Агрофирма «Детчинское»)	0,643 $\pm$ 0,041	0,646 $\pm$ 0,038	0,647 $\pm$ 0,038	0,005 $\pm$ 0,018

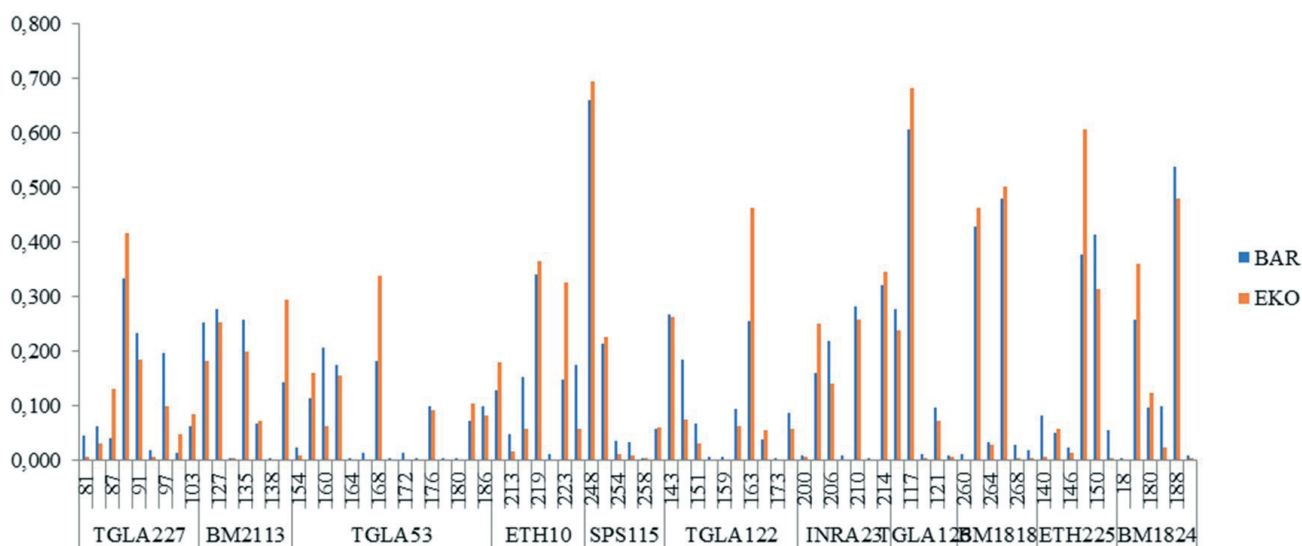


Рисунок 1 – Частоты аллелей по популяциям с графическим представлением локусов для кодоминантных данных (по оси ординат – частоты аллелей, по оси абсцисс – микросателлитные локусы)

используемых наборах маркеров и региональными особенностями [6].

Среднее эффективное число аллелей (N_e) в BAR (3,84) и ЕКО (3,18) также находится в пределах, описанных в литературе: Зиннатов Ф. Ф. с соавторами отмечают $N_e = 3,7$ для голштинской породы, Калашникова Л. А. с соавторами – 3,26, а Недашковский И. С. и др. приводят диапазон от 3,01 до 4,36 [3; 6; 7]. Таким образом, обе группы характеризуются умеренно высоким эффективным разнообразием, что свидетельствует о достаточной генетической вариабельности.

Наблюдаемая гетерозиготность в BAR (0,725) превышает ожидаемую (0,700), что даёт отрицательный коэффициент инбридинга ($-0,035$) и указывает на избыток гетерозигот. Это хорошо согласуется с литературными данными: Недашковский И. С. с соавторами также сообщают о высокой гетерозиготности у чёрно-пёстрой голштинской породы ($H_o = 0,72$) [7]. В группе ЕКО значения H_o и N_e практически равны (0,643 и 0,646), а F_{is} близок к нулю (0,005), что говорит о равновесном состоянии.

Анализ частот аллелей выявил определённые закономерности. В локусе *BM1824* в наших выборках преобладал аллель 188 (частота 0,539 – в BAR и 0,480 – в ЕКО), что соответствует данным Мещерова Р. К. с соавторами [4], где этот аллель встречался с частотой 0,423–0,500. В локусе *BM2113* наиболее частым аллелем в BAR был 127 (0,276), а в ЕКО – 139 (0,295) и 127 (0,252); аллель 135, доминирующий в работе Мещерова Р. К. и др. (0,290–0,360), в наших выборках занимал третье место (0,258 – в BAR, 0,198 – в ЕКО). В локусе *ETH10* в обеих группах чаще всего встречался аллель 219 (0,340 – в BAR, 0,365 – в ЕКО), что полностью совпадает с литературными данными (0,412–0,474). В локусе *ETH225* преобладал аллель 148 (0,377 – в BAR, 0,608 – в ЕКО), что также подтверждает результаты Мещерова Р. К. с соавторами. В локусе *INRA23* наиболее распространёнными были аллели 206, 210 и 214, что согласуется с литературой [4].

В группе BAR обнаружено 15 частных аллелей, в ЕКО – ни одного. Это значительно меньше, чем 33 частных аллеля, описанных Мещеровым Р. К. и др. для голштинской популяции отечественной селекции, но сопоставимо с данными Калашниковой Л. А. и др. (22 частных аллеля, частота 0,004–0,033). Частота частных аллелей в BAR составила от 0,0017 до 0,0135, что вписывается в указанный диапазон. Наличие большего числа редких и уникальных аллелей в группе BAR может указывать на более высокое генетическое разнообразие и, возможно, на меньший дрейф генов или целенаправленную селекционную работу по сохранению вариабельности.

Генетическая дифференциация между двумя группами оказалась очень низкой ($F_{st} = 0,0111$), что соответствует значениям, характерным для внутривидовых популяций. Высокое число мигрантов на поколение ($N_m = 22,3$) свидетельствует об интенсивном потоке генов между хозяйствами, что может быть следствием использования общего генофонда. Интересно, что продуктивные качества коров голштинской породы, разводимых в различных климатических поясах Российской Федерации, могут отличаться с высокой степенью достоверности [13].

Выводы. На основе проведённого микросателлитного анализа 1123 голов крупного рогатого скота голштинской породы из двух племенных хозяйств – ООО «Племзавод Барыбино» (BAR, $n = 297$) и Агрофирма «Детчинское» (ЕКО, $n = 826$) – по 11 высокополиморфным локусам можно сделать следующие выводы. Группа BAR характеризуется более высоким генетическим разнообразием по сравнению с ЕКО: среднее число аллелей на локус составило 8,27 против 6,36, эффективное число аллелей – 3,84 против 3,18, индекс информативности Шеннона – 1,45 против 1,27. В BAR выявлено 15 частных (уникальных) аллелей, тогда как в ЕКО – ни одного. Наблюдаемая гетерозиготность в BAR (0,725) незначительно превышает ожидаемую (0,700), что даёт

отрицательный коэффициент инбридинга ($Fis = -0,035$) и указывает на некоторый избыток гетерозигот. В ЕКО наблюдаемая гетерозиготность (0,643) близка к ожидаемой (0,646), Fis слабоположительный (0,005), что свидетельствует о генетическом равновесии. Генетическая дифференциация между двумя группами очень низкая: парный Fst составил 0,0111, число мигрантов на поколение $Nm = 22,3$, а генетическое тождество Нея превышает 0,95. Это доказывает отсутствие значимой популяционной структуры и позволяет рассматривать

BAR и ЕКО как части единой генетической популяции голштинского скота. Однако различия по уровню аллельного богатства и наличию редких аллелей указывают на то, что стадо из ООО «Племзавод Барыбино» генетически более разнообразно, что может быть следствием разных подходов к селекции, объема выборки или истории формирования стад. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации селекционно-племенной работы и сохранения генетического разнообразия в популяции.

Список источников

1. Борисова А. В., Устьянцева А. В., Санганаева А. В. Оценка генетического разнообразия советской тяжеловозной породы лошадей с использованием микросателлитных локусов ДНК // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 3 (67). С. 62–68. DOI 10.35694/YARCX.2024.67.3.009. EDN HJRINI.
2. Марзанов Н. С., Ситникова О. Н. Генетическая оценка поголовья одомашниваемых лосей по микросателлитам ДНК // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 42–45. EDN VKTPYA.
3. Зиннатов Ф. Ф., Хисматуллин М. М., Гилемханов И. Ю. [и др.] Сравнительная генетическая характеристика микросателлитного профиля коров джерсейской и голштинской пород, разводимых в условия Республики Татарстан // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2025. Т. 261, № 1. С. 121–129. DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_261_121. EDN QYJFYX.
4. Мещеров Р. К., Дунин М. И., Мещеров Ш. Р. [и др.] Анализ генетической структуры и продуктивности стад крупного рогатого скота голштинской породы отечественной селекции // АгроЗooТехника. 2025. Т. 8, № 1. DOI 10.15838/alt.2025.8.1.6. EDN JPMOT.
5. Ковалюк Н. В., Волченко А. Е., Ширяева Е. В. [и др.] Структура субпопуляций айрширского, голштинского и джерсейского скота южных регионов России по $CSN2$ (rs43703011), $CSN3$ (rs43703016) и микросателлитным локусам ($BM1818$, $BM1824$, $BM2113$, $ETH10$, $ETH225$, $ETH3$, $INRA023$, $SPS115$, $TGLA126$, $TGLA122$, $TGLA227$, $TGLA53$) // Генетика. 2024. Т. 60, № 3. С. 49–58. DOI 10.31857/S0016675824030055. EDN DPECEM.
6. Калашникова Л. А., Ганченкова Т. Б., Рыжова Н. В. [и др.] Генетическая оценка голштинского скота по микросателлитным маркерам ДНК // Генетика. 2025. Т. 61, № 1. С. 55–66. DOI 10.31857/S0016675825010057. EDN VEUINC.
7. Недашковский И. С., Контэ А. Ф., Волкова В. В. [и др.] Популяционно-генетическая характеристика холмогорской породы крупного рогатого скота, разводимой в Архангельской области, на основе микросателлитных маркеров // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39, № 1. С. 57–63. DOI 10.53859/02352451_2025_39_1_57. EDN IRTPDU.
8. Xu L., Haas R. J., Sun J. [et al.] Systematic Profiling of Short Tandem Repeats in the Cattle Genome // Genome Biology and Evolution. 2017. Vol. 9, Is. 1. P. 20–31. DOI 10.1093/gbe/evw256.
9. Brenig B., Schütz E. Recent development of allele frequencies and exclusion probabilities of microsatellites used for parentage control in the German Holstein Friesian cattle population // BMC Genet. 2016. Vol. 17, № 18. DOI 10.1186/s12863-016-0327-z.
10. Anwar K., Thaller G., Saeed-Zidane M. Genetic Variations in the $NR2F2$ Microsatellite Contribute to the Regulation of Bovine Sperm-Borne Antioxidant Capacity // Cells. 2024. Vol. 13, Is. 19. Art. 1601. DOI 10.3390/cells13191601.
11. Nei M. Estimation of Average Heterozygosity and Genetic Distance from A Small Number of Individuals // Genetics. 1978. Vol. 89, Is. 3. P. 583–590. DOI 10.1093/genetics/89.3.583.
12. Wright S. Evolution and the Genetics of Populations. Vol. 4. Variability Within and Among Natural Populations. University of Chicago Press, Chicago, 1978. 590 p.
13. Мухтарова О. М. Эколого-адаптивные особенности молочной продуктивности коров голштинской породы в различных климатических поясах Российской Федерации // Вестник АПК Верхневолжья. 2025. № 1 (69). С. 30–37. DOI 10.35694/YARCX.2025.69.1.005. EDN KIBZPW.

References

1. Borisova A. V., Ust'yantseva A. V., Sanganaeva A. V. Ocenka geneticheskogo raznoobraziya sovetskoj tyazhelovoznoj porody loshadej s ispol'zovaniem mikrosatelitnyh lokusov DNK // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2024. № 3 (67). S. 62–68. DOI 10.35694/YARCX.2024.67.3.009. EDN HJRINI.
2. Marzanov N. S., Sitnikova O. N. Geneticheskaya ocenka pogolov'ya odomashnivaemyh losej po mikrosatelitam DNK // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2018. № 3 (43). S. 42–45. EDN VKTPYA.
3. Zinnatov F. F., Khismatullin M. M., Gilemchanov I. Yu. [i dr.] Sravnitel'naya geneticheskaya harakteristika mikrosatelitnogo profilya korov dzersejskoj i golshtinskoj porod, razvodimyh v usloviya Respubliki Tatarstan // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Bauman. 2025. T. 261, № 1. S. 121–129. DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_261_121. EDN QYJFYX.
4. Meshcherov R. K., Dunin M. I., Meshcherov Sh. R. [i dr.] Analiz geneticheskoy struktury i produktivnosti stad krupnogo rogatogo skota golshtinskoj porody otechestvennoj selekcii // AgroZooTekhnika. 2025. T. 8, № 1. DOI 10.15838/alt.2025.8.1.6. EDN JPMOT.
5. Kovalyuk N. V., Volchenko A. E., Shiryayeva E. V. [i dr.] Struktura subpopulyacij ajrshirskogo, golshtinskogo i dzersejskogo skota yuzhnyh regionov Rossii po $CSN2$ (rs43703011), $CSN3$ (rs43703016) i mikrosatelitnym lokusam ($BM1818$, $BM1824$, $BM2113$, $ETH10$, $ETH225$, $ETH3$, $INRA023$, $SPS115$, $TGLA126$, $TGLA122$, $TGLA227$, $TGLA53$) // Genetika. 2024. T. 60, № 3. S. 49–58. DOI 10.31857/S0016675824030055. EDN DPECEM.
6. Kalashnikova L. A., Ganchenkova T. B., Ryzhova N. V. [i dr.] Geneticheskaya ocenka golshtinskogo skota po mikrosatelitnym markeram DNK // Genetika. 2025. T. 61, № 1. S. 55–66. DOI 10.31857/S0016675825010057. EDN VEUINC.
7. Nedashkovskij I. S., Konte A. F., Volkova V. V. [i dr.] Populyacionno-geneticheskaya harakteristika holmogorskoj porody krupnogo rogatogo skota, razvodimoy v Arhangel'skoj oblasti, na osnove mikrosatelitnyh markerov // Dostizheniya nauki i tekhniki

APK. 2025. Т. 39, № 1. С. 57–63. DOI 10.53859/02352451_2025_39_1_57. EDN IRTPDU.

8. Xu L., Haas R. J., Sun J. [et al.] Systematic Profiling of Short Tandem Repeats in the Cattle Genome // *Genome Biology and Evolution*. 2017. Vol. 9, Is. 1. P. 20–31. DOI 10.1093/gbe/evw256.

9. Brenig B., Schütz E. Recent development of allele frequencies and exclusion probabilities of microsatellites used for parentage control in the German Holstein Friesian cattle population // *BMC Genet*. 2016. Vol. 17, № 18. DOI 10.1186/s12863-016-0327-z.

10. Anwar K., Thaller G., Saeed-Zidane M. Genetic Variations in the *NRF2* Microsatellite Contribute to the Regulation of Bovine Sperm-Borne Antioxidant Capacity // *Cells*. 2024. Vol. 13, Is. 19. Art. 1601. DOI 10.3390/cells13191601.

11. Nei M. Estimation of Average Heterozygosity and Genetic Distance from A Small Number of Individuals // *Genetics*. 1978. Vol. 89, Is. 3. P. 583–590. DOI 10.1093/genetics/89.3.583.

12. Wright S. *Evolution and the Genetics of Populations*. Vol. 4. Variability Within and Among Natural Populations. University of Chicago Press, Chicago, 1978. 590 p.

13. Mukhtarova O. M. Ekologo-adaptivnye osobennosti molochnoj produktivnosti korov golshtinskoj породы v razlichnykh klimaticheskikh po'yasakh Rossijskoj Federacii // *Vestnik APK Verhnevolzh'ya*. 2025. № 1 (69). С. 30–37. DOI 10.35694/YARCX.2025.69.1.005. EDN KIBZPW.

Сведения об авторах

Елена Гамеровна Скворцова – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 5512-9557.

Оксана Владимировна Филинская – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 2172-0721.

Даниил Артемович Смирнов – магистрант кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет».

Ланди Родригес Медерос – аспирант кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет».

Игорь Андреевич Залетов – аспирант кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет».

Information about the authors

Elena G. Skvortsova – Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Department of Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 5512-9557.

Oksana V. Filinskaya – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 2172-0721.

Daniil A. Smirnov – Master's student of the Department of Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University".

Landy Rodriguez Mederos – Postgraduate student of the Department of Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University".

Igor A. Zaletov – Postgraduate student of the Department of Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University".

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
УДК 519.8:629.3.014.2.018
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.017

ВЛИЯНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНОСА КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП В УСЛОВИЯХ СКЛОНА

Сария Вале́йевна Тарасова¹, Николай Михайлович Ожегов²

^{1, 2}Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

¹saria20@mail.ru, ORCID 0009-0001-8347-2534

²kaf.atts@spbgau.ru, ORCID 0009-0003-2355-6394

Реферат. В статье представлена математическая модель силового взаимодействия элементов машинно-тракторного агрегата с культиватором КРН-5,6В при работе на склоне. Разработана методика расчёта перераспределения вертикальных нагрузок на опорных колёсах культиватора, обусловленного действием скатывающей составляющей силы тяжести при движении по склону. Установлено, что даже на склонах умеренной крутизны (5–8°) происходит перекося рамы культиватора, приводящий к неравномерной глубине хода рабочих органов на разных секциях. Разность глубин хода между лапами, расположенными на нижней и верхней сторонах склона, достигает 20,5 мм при угле наклона 8°, что превышает агротехнические допуски и создаёт условия для ускоренного абразивного износа. Полученные результаты могут быть использованы при разработке методов компенсации перекося рамы и оптимизации режимов работы широкозахватных культиваторов в условиях склонового земледелия.

Ключевые слова: культиватор КРН-5,6В, машинно-тракторный агрегат, склонное земледелие, перекося рамы, абразивный износ, стрельчатая лапа

THE EFFECT OF THE MACHINE-TRACTOR UNIT MOVEMENT STABILITY ON THE WEAR RATE OF CULTIVATOR SHOVELS IN SLOPE CONDITIONS

Sariya V. Tarasova¹, Nikolay M. Ozhegov²

^{1, 2}Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Pushkin, Russia

¹saria20@mail.ru, ORCID 0009-0001-8347-2534

²kaf.atts@spbgau.ru, ORCID 0009-0003-2355-6394

Abstract. The article presents a mathematical model of the force interaction of the machine-tractor unit elements with the cultivator KRN-5.6V when operating on a slope. A method for calculating the redistribution of vertical loads on the support wheels of the cultivator, due to the action of the rolling component of gravity when moving along the slope, has been developed. It has been established that even on slopes of moderate steepness (5–8°), the cultivator frame is skewed, leading to an uneven depth of the working tools in different sections. The difference in the working depths between the shovels located on the lower and upper sides of the slope reaches 20.5 mm at an angle of inclination of 8°, which exceeds the agrotechnical tolerances and creates conditions for accelerated abrasive wear. The obtained results can be used in the development of methods for compensating of frame tilt and optimizing the operating modes of wide-span cultivators in mountain farming conditions.

Keywords: KRN-5.6V cultivator, machine-tractor unit, mountain farming, frame tilt, abrasive wear, duckfoot shovel

Введение. Значительную долю в структуре затрат на производство продукции растениеводства занимают расходы на техническое обслуживание и ремонт почвообрабатывающей техники. Одной из наиболее массовых машин для предпосевной и междурядной обработки почвы является культиватор КРН-5,6В, широко эксплуатируемый в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации. Основным рабочим органом данного орудия выступает стрельчатая лапа, ресурс которой лимитируется абразивным износом при взаимодействии с почвой.

Проблема абразивного износа культиваторных лап усугубляется при эксплуатации машинно-тракторных агрегатов (МТА) в склонном земледелии, доля которых в структуре сельскохозяйственных угодий ряда регионов достигает 30–40% [1]. В этих условиях возникает неравномерность износа рабочих органов, расположенных на разных секциях одного орудия, что приводит к снижению ресурса, нарушению агротехнических требований и дополнительным экономическим затратам.

При эксплуатации широкозахватных культиваторов типа КРН-5,6В на полях со сложным рельефом наблюда-

ется явление, требующее отдельного научного анализа: интенсивность изнашивания рабочих органов, расположенных на разных секциях одного орудия, может существенно различаться при движении по склону.

Экспериментальными исследованиями К. К. Нуриева установлены количественные характеристики износа стрелчатых лап. Средняя интенсивность износа составляет: на носке – 0,732 мм/га, в средней части крыла – 0,271 мм/га. При этом интенсивность износа на носке превышает износ в средней части крыла в 3,8 раза. Изменение динамики износа по ширине захвата происходит по закону вогнутой параболы [2]. Исследования проводились в условиях Узбекистана на средне-тяжелосуглинистых почвах при культивации хлопчатника с использованием культиватора КХУ-4 и трактора МТЗ-80.

В работах А. М. Колосовского, Н. М. Ожегова рассмотрено совершенствование технологии восстановления быстроизнашивающихся деталей почвообрабатывающих машин методом дуговой наплавки твердыми сплавами. Установлено, что наплавка износостойких материалов на рабочие органы обеспечивает прирост ресурса до 40% [3].

Однако все перечисленные исследования выполнены в предположении горизонтальности поля или без учёта влияния уклона рельефа на перераспределение нагрузок между секциями широкозахватного орудия. Влияние угла склона на дифференциальный износ культиваторных лап, расположенных на разных сторонах агрегата, в доступной литературе не изучено.

Для корректного анализа механизма дополнительного износа культиваторных лап, расположенных ниже по склону, необходимо сформулировать понятие «стабильного движения» машинно-тракторного агрегата при работе на рельефах со сложным ландшафтом. В научной литературе, посвящённой вопросам эксплуатации колёсных тракторов и агрегируемых с ними орудий на склоновых землях, устойчивость движения рассматривается как комплексная характеристика, включающая курсовую устойчивость (способность сохранять заданное направление движения) и траекторную устойчивость (способность двигаться по требуемой технологической колее без аномальных боковых отклонений).

С точки зрения агротехнических требований, предъявляемых к междурядной обработке пропашных культур, стабильным следует считать такое движение МТА, при котором выполняются следующие условия. Во-первых, агрегат движется по прямолинейной или близкой к прямолинейной траектории, обеспечивая равномерное рыхление почвы и подрезание сорняков в междурядьях без повреждения культурных растений. Во-вторых, глубина хода рабочих органов поддерживается в заданных пределах (для культиватора КРН-5,6В при работе со стрелчатыми лапами это диапазон 6–10 см) с допустимым отклонением, не превышающим 1 см. В-третьих, отсутствуют боковые уводы и «рыскание» агрегата, вызывающие перекрытие рядков или, напротив, образование необработанных полос в междурядьях [4].

Однако при переходе от горизонтального поля к участку, расположенному на склоне, выполнение пере-

численных условий сталкивается с объективными трудностями, обусловленными действием гравитационной составляющей. При работе на участках с уклоном наблюдается снижение как продольной, так и поперечной устойчивости движения МТА. При этом происходит боковой увод эластичной пневматической шины – колесо катится под углом к плоскости своего вращения, а также происходит сползание трактора вниз по склону. Величина бокового увода зависит от боковой силы, действующей на трактор со стороны склона, боковой эластичности шины, нормальной нагрузки на колесо, а также условий сцепления с опорной поверхностью.

При работе на горизонтальном поле сила тяжести (G) МТА направлена строго вертикально и воспринимается опорными колёсами трактора и культиватора равномерно (с учётом статического распределения масс). Однако при движении на склоне, имеющем угол α относительно горизонта, вектор силы тяжести раскладывается на две составляющие. Нормальная составляющая $G_n = G \cdot \cos \alpha$ прижимает агрегат к поверхности склона, в то время как скатывающая составляющая $G_{ск} = G \cdot \sin \alpha$ стремится сместить МТА вниз по склону [1].

Материалы и методы. Для понимания причин неравномерного износа культиваторных лап, расположенных на разных секциях одного орудия при движении по склону, необходимо рассмотреть полную картину силового взаимодействия элементов машинно-тракторного агрегата как между собой, так и с внешней средой – почвой. В отличие от горизонтального участка, где все силы действуют симметрично относительно продольной оси агрегата, наличие уклона рельефа вносит существенные коррективы в баланс сил, обусловленные гравитационной составляющей (рис. 1).

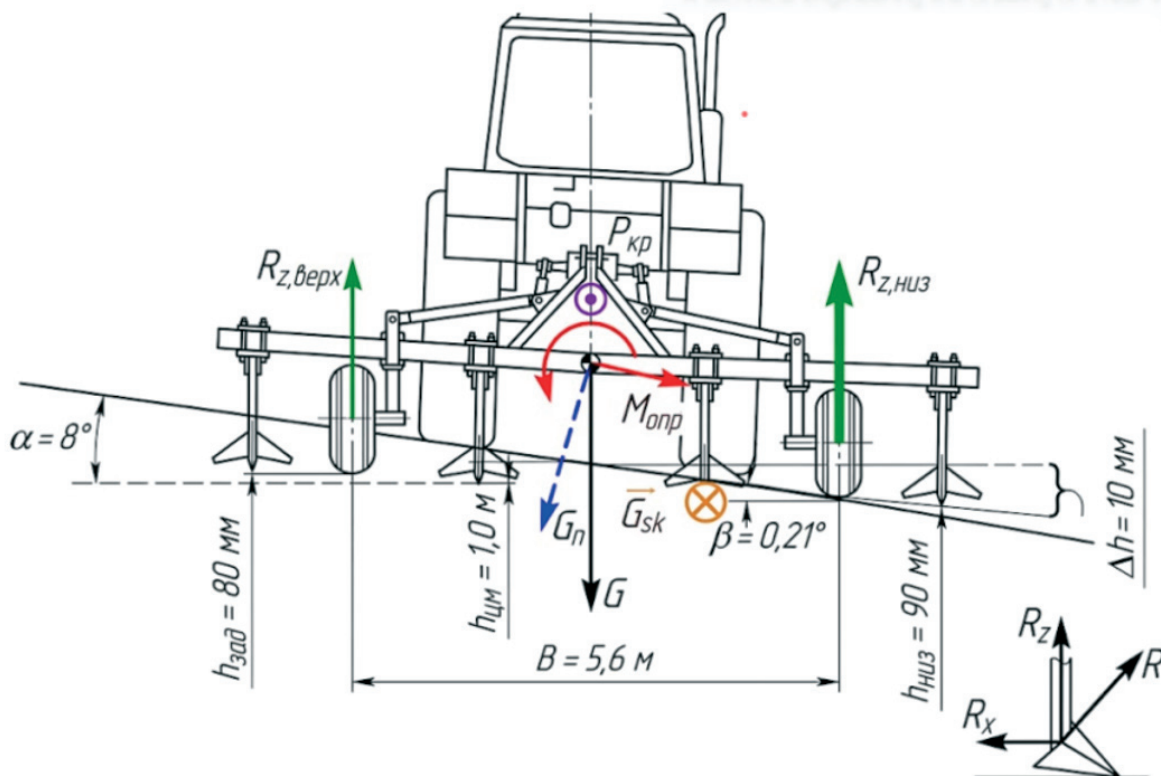
Особую значимость для анализа перекаса рамы имеет момент, создаваемый скатывающей силой относительно продольной оси агрегата. Приложенная на высоте центра масс $h_{цм}$ от поверхности склона сила $G_{ск}$ создаёт опрокидывающий момент [5; 6; 1]:

$$M_{опр} = G_{ск} \cdot h_{цм} = G \cdot \sin \alpha \cdot h_{цм}, \quad (1)$$

где $M_{опр}$ – опрокидывающий момент, Н·м; $G_{ск}$ – скатывающая составляющая силы тяжести, Н; G – сила тяжести машинно-тракторного агрегата, Н; $h_{цм}$ – высота центра масс над поверхностью склона, м; B – ширина колеи опорных колёс культиватора КРН-5,6В; α – угол склона, град.

Опрокидывающий момент стремится наклонить МТА вниз по склону. Реактивными силами ($R_{z,верх}$, $R_{z,низ}$), противодействующими этому моменту, являются вертикальные реакции на опорных колёсах культиватора и колёсах трактора. Поскольку ширина колеи культиватора КРН-5,6В составляет $B = 5,6$ м, перераспределение вертикальных нагрузок между правым (нижним) и левым (верхним) опорными колёсами описывается соотношениями [5; 6; 1]:

$$R_{z,верх} = \frac{G_n}{2} - \frac{M_{опр}}{B}, \quad (2)$$



β – суммарный угол перекоса рамы, град.; $R_{z,верх}$ – вертикальная реакция на верхнем (левом) опорном колесе, Н; $R_{z,низ}$ – вертикальная реакция на нижнем (правом) опорном колесе, Н; G – сила тяжести машинно-тракторного агрегата, Н; G_n – нормальная составляющая силы тяжести, Н; ΔR_z – разность вертикальных реакций, Н; $M_{опр}$ – опрокидывающий момент, Н·м; $G_{ск}$ – скатывающая составляющая силы тяжести, Н; $h_{цм}$ – высота центра масс над поверхностью склона, м; B – ширина колеи опорных колёс культиватора КРН-5,6В; α – угол склона, град.; Δh – разность глубины хода, м.

Рисунок 1 – Схема сил, действующих на культиватор КРН-5,6В при работе на склоне

$$R_{z,низ} = \frac{G_n}{2} + \frac{M_{опр}}{B}, \quad (3)$$

где $R_{z,верх}$ – вертикальная реакция на верхнем (левом) опорном колесе, Н; $R_{z,низ}$ – вертикальная реакция на нижнем (правом) опорном колесе, Н; G_n – нормальная составляющая силы тяжести, Н; ΔR_z – разность вертикальных реакций, Н.

Разность нагрузок между нижним и верхним колёсами составляет:

$$\Delta R_z = R_{z,низ} - R_{z,верх} = \frac{2M_{опр}}{B} = \frac{2G \cdot \sin \alpha \cdot h_{цм}}{B}. \quad (4)$$

Анализ этого выражения показывает, что при увеличении угла склона α разность нагрузок возрастает пропорционально $\sin \alpha$. При ширине захвата $B = 5,6$ м даже относительно небольшое значение α приводит к заметному перераспределению нагрузок.

Важным фактором, усугубляющим перекося рамы, является наличие упругих элементов в конструкции МТА. Пневматические шины опорных колёс обладают конечной радиальной жёсткостью. Под действием возросшей нагрузки $R_{z,низ}$ шина нижнего колеса деформируется сильнее, чем шина верхнего колеса, что приво-

дит к дополнительному наклону рамы. Суммарный угол перекоса рамы β можно определить из геометрических соображений:

$$\beta = \frac{\Delta h_{ш}}{B} = \frac{R_{z,низ} - R_{z,верх}}{c_{ш} \cdot B}, \quad (5)$$

где $\Delta h_{ш}$ – разность деформаций шин верхнего и нижнего опорных колёс, м; β – суммарный угол перекоса рамы, град.; $c_{ш}$ – радиальная жёсткость шины опорного колеса, Н/м.

Следствием перекоса рамы на угол β является изменение глубины хода рабочих органов, установленных на разных секциях. Поскольку рабочие органы (стрельчатые лапы) жёстко закреплены на стойках, которые, в свою очередь, связаны с рамой через параллелограммные механизмы, изменение пространственного положения рамы непосредственно влияет на глубину погружения лап в почву.

Для лап, расположенных на нижней (по склону) стороне культиватора, глубина хода $h_{низ}$ оказывается больше номинальной $h_{зад}$ на величину, пропорциональную половине ширины захвата и углу перекоса:

$$h_{низ} = h_{зад} + \frac{B}{2} \cdot \beta. \quad (6)$$

Для лап на верхней стороне глубина хода уменьшается:

$$h_{\text{верх}} = h_{\text{зад}} - \frac{B}{2} \cdot \beta. \quad (7)$$

Разность глубин хода между нижними и верхними лапами составляет:

$$\Delta h = h_{\text{низ}} - h_{\text{верх}} = B \cdot \beta. \quad (8)$$

Эта разность может достигать значений, при которых нижние лапы работают на глубине, существенно превышающей агротехнически обоснованную. Увеличение глубины хода, в свою очередь, переводит рабочие органы в более плотные горизонты почвы, где концентрация абразивных частиц выше, а сопротивление перемещению рабочего органа возрастает.

Таким образом, физический механизм возникновения перекоса рамы культиватора КРН-5,6В при работе на склоне включает последовательную цепь явлений: действие скатывающей составляющей силы тяжести → возникновение опрокидывающего момента → перераспределение вертикальных реакций на опорных колёсах → упругая деформация шин и элементов конструкции → перекося рамы в поперечной плоскости → изменение глубины хода рабочих органов на разных секциях → ускоренный износ лап, расположенных ниже по склону.

Для количественного анализа явления перекоса рамы культиватора КРН-5,6В при работе на склоне разработана математическая модель, связывающая угол наклона рельефа с величиной дополнительного заглубления рабочих органов, расположенных ниже по склону.

Результаты. Культиватор КРН-5,6В представляет собой навесную машину, агрегатируемую с тракторами тягового класса 1,4 (БЕЛАРУС-82.1). Основные технические характеристики, значимые для настоящего расчёта: рабочая ширина захвата $B = 5,6$ м; масса культиватора (конструкционная) $m_k = 940\text{--}1300$ кг; глубина обработки $h_{\text{зад}} = 6\text{--}16$ см; количество секций – 9; тип подвески секций – параллелограммная; опорные колёса – пневматические [4]. При выполнении оценочных расчётов в качестве массы культиватора принимается среднее значение $m_k = 1100$ кг, а масса трактора БЕЛАРУС-82.1 с учётом навесного оборудования составляет $m_{\text{тр}} = 4000$ кг.

Разность нагрузок между нижним и верхним колёсами составляет [5; 6; 1]:

$$\Delta R_z = R_{z,\text{низ}} - R_{z,\text{верх}} = \frac{2G \cdot \sin \alpha \cdot h_{\text{цм}}}{B}. \quad (9)$$

Подставляя численные значения ($G = 50031$ Н; $h_{\text{цм}} = 1,0$ м; $B = 5,6$ м),

$$\Delta R_z = \frac{2 \cdot 50031 \cdot \sin \alpha \cdot 1,0}{5,6} = 17868 \cdot \sin \alpha \text{ Н}. \quad (10)$$

Для примера на склоне с углом $\alpha = 8^\circ$ ($\sin 8^\circ = 0,1392$):

$$\Delta R_z = 17868 \cdot 0,1392 \approx 2487 \text{ Н} \approx 2,5 \text{ кН}. \quad (11)$$

Таким образом, нижнее опорное колесо культиватора нагружено дополнительной силой около 2,5 кН по сравнению с верхним колесом. Это перераспределение нагрузок является первопричиной перекоса рамы.

Определение угла перекоса рамы. Под действием разности нагрузок происходит упругая деформация пневматических шин опорных колёс. Радиальная жёсткость шины сельскохозяйственного колеса типоразмера 5.00-10 (применяемого на опорных колёсах культиватора КРН-5,6В) составляет ориентировочно $c_{\text{ш}} = 250\text{--}350$ кН/м. Примем для расчёта среднее значение $c_{\text{ш}} = 300$ кН/м.

Дополнительная деформация (осадка) шины нижнего колеса под действием дополнительной нагрузки [1]:

$$\Delta h_{\text{ш,низ}} = \frac{\Delta R_z \div 2}{c_{\text{ш}}} = \frac{1243,5}{30000} \approx 0,00414 \text{ м} = 4,1 \text{ мм}. \quad (12)$$

Одновременно происходит разгрузка верхнего колеса, что приводит к уменьшению его деформации (шина «распрямляется») на величину:

$$\Delta h_{\text{ш,верх}} = \frac{\Delta R_z \div 2}{c_{\text{ш}}} = 4,1 \text{ мм}. \quad (13)$$

Суммарное изменение взаимного положения опорных колёс в вертикальной плоскости:

$$\Delta h_{\text{ш}} = \Delta h_{\text{ш,низ}} + \Delta h_{\text{ш,верх}} = 8,2 \text{ мм}. \quad (14)$$

Изменение глубины хода рабочих органов, расположенных на разных сторонах культиватора, определяется геометрией перекоса рамы. Для лап, расположенных на расстоянии $B \div 2 = 2,8$ м от продольной оси агрегата, изменение глубины хода составляет:

для нижних лап (дополнительное заглубление):

$$\begin{aligned} \Delta h_{\text{низ}} &= \frac{B}{2} \cdot \beta = 2,8 \cdot 0,00366 \approx \\ &\approx 0,01025 \text{ м} = 10,3 \text{ мм}; \end{aligned} \quad (15)$$

для верхних лап (выглубление):

$$\Delta h_{\text{верх}} = \frac{B}{2} \cdot \beta = 10,3 \text{ мм}. \quad (16)$$

Суммарная разность глубин хода между нижними и верхними лапами:

$$\begin{aligned} \Delta h &= B \cdot \beta = 5,6 \cdot 0,00366 \approx \\ &\approx 0,0205 \text{ м} = 20,5 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (17)$$

При заданной глубине обработки $h_{\text{зад}} = 80$ мм (8 см – типовое значение для предпосевной культивации стрельчатými лапами) фактическая глубина хода составит:

для лап, расположенных выше по склону,

$$h_{\text{верх}} = h_{\text{зад}} - \frac{\Delta h}{2} = 80 - 10,3 \approx 69,7 \text{ мм}; \quad (18)$$

для лап, расположенных ниже по склону,

$$h_{\text{низ}} = h_{\text{зад}} + \frac{\Delta h}{2} = 80 + 10,3 \approx 90,3 \text{ мм.} \quad (19)$$

Относительное отклонение глубины хода нижних лап от заданного значения:

$$\delta = \frac{h_{\text{низ}} - h_{\text{зад}}}{h_{\text{зад}}} \cdot 100\% = \frac{10,3}{80} \cdot 100\% \approx 12,9\%, \quad (20)$$

где δ – относительное отклонение глубины хода, %.

Обсуждение. Выполненный математический анализ показывает, что при движении культиватора КРН-5,6В по склону с углом $\alpha = 8^\circ$ происходит следующее:

- перераспределение вертикальных нагрузок на опорных колёсах достигает $\Delta R_z \approx 2,5 \text{ кН}$, что составляет около 5% от общей силы тяжести МТА;
- вследствие упругой деформации шин и элементов конструкции рама культиватора перекашивается на угол $\beta \approx 0,00366 \text{ рад}$ ($0,21^\circ$);
- разность глубин хода между лапами, расположенными на нижней и верхней сторонах склона, составляет $\Delta h \approx 20,5 \text{ мм}$;
- лапы, расположенные ниже по склону, заглубляются на 90 мм вместо заданных 80 мм, что превышает агротехнический допуск ($\pm 10 \text{ мм}$) более чем в 2 раза;
- относительное превышение глубины хода нижних лап составляет около 13%.

Представленная математическая модель является приближённой и имеет следующие ограничения. Во-первых, не учитывается влияние деформации почвы под опорными колёсами, которая может как увеличивать, так и уменьшать перекося рамы в зависимости от твёрдости и влажности почвы. Во-вторых, коэффициент $K_{\beta'}$, учитывающий податливость элементов конструкции, требует уточнения на основе экспериментальных данных для конкретных экземпляров культиваторов с различной степенью износа шарнирных соединений. В-третьих, модель предполагает статическое равновесие, тогда как в реальных условиях движение МТА со-

провождается динамическими колебаниями, которые могут усиливать негативный эффект.

Тем не менее, полученные результаты позволяют количественно оценить масштаб явления: даже на склонах умеренной крутизны ($5-7^\circ$) дополнительное заглубление нижних лап составляет 13–18 мм, что превышает агротехнические допуски и создаёт условия для ускоренного абразивного износа. При увеличении угла склона до $10-12^\circ$ превышение глубины хода достигает 25–30 мм, что переводит работу нижних лап в заведомо неблагоприятный режим с точки зрения как агротехники, так и ресурса рабочих органов.

Выводы. На основании проведённого теоретического анализа можно сформулировать следующие основные выводы.

Внешне стабильное движение МТА с культиватором КРН-5,6 по склону (отсутствие рыскания, пробуксовки и активного подруливания) не тождественно равномерности нагружения всех секций культиватора. Гравитационная составляющая силы тяжести создаёт опрокидывающий момент, приводящий к перераспределению вертикальных реакций на опорных колёсах.

Вследствие упругой деформации пневматических шин и элементов конструкции рама культиватора перекашивается в поперечной плоскости, что приводит к изменению глубины хода рабочих органов: лапы, расположенные ниже по склону, заглубляются больше заданного значения, а расположенные выше – меньше.

Разность глубин хода между нижними и верхними лапами определяется выражением $\Delta h = \frac{2k_{\beta'} \cdot G \cdot h_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha}{c_{\text{ш}} \cdot B}$ и для склона 8° составляет около 20,5 мм.

Относительное превышение глубины хода нижних лап над заданным значением (80 мм) достигает 13%, что превышает агротехнический допуск более чем в 2 раза и создаёт предпосылки для ускоренного абразивного износа.

Список источников

1. Тарасова С. В., Асманкин Е. М., Ушаков Ю. А. Специфика методического обеспечения траекториальной устойчивости машинно-тракторного агрегата в условиях склонового земледелия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 5 (103). С. 149–154. DOI 10.37670/2073-0853-2023-103-5-149-154. EDN RBMJLQ.
2. Нуриев К. К., Кувандиков Е. Т., Кабилов Б. У. Исследование изменения основных параметров лезвия серийной стрельчатой лапы культиватора при абразивном износе // Universum: технические науки. 2023. № 11-2 (116). С. 50–53. EDN TAWOZF.
3. Колосовский А. М., Рожков А. С., Ожегов Н. М., Черкасов В. Е. Упрочнение рабочих органов сельскохозяйственных машин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2023. № 6 (362). С. 43–51. DOI 10.33979/2073-7408-2023-362-6-43-51. EDN JSFDIG.
4. Донцов И. Е. Устойчивость движения МТА с орудиями фронтальной или задней навески // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 9. С. 31–34. EDN JUMBSJ.
5. Ожегов Н. М., Бондар К. А., Цыплакова И. В., Михайлов А. А. Модернизация динамического давления почвенной абразивной среды в зоне контактного взаимодействия с поверхностью клина // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 61. С. 72–75. EDN JHIWNK.
6. Панов И. М., Ветехин В. И. Физические основы механики почв : монография. Киев : Феникс, 2008. 265 с. ISBN 978-966-651-621-6.

References

1. Tarasova S. V., Asmankin E. M., Uskhakov Yu. A. Specifika metodicheskogo obespecheniya traektorial'noj ustojchivosti mashinno-traktornogo agregata v usloviyah sklonnogo zemledeliya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 5 (103). S. 149–154. DOI 10.37670/2073-0853-2023-103-5-149-154. EDN RBMJLQ.
2. Nuriev K. K., Kuvandikov E. T., Kabilov B. U. Issledovanie izmeneniya osnovnykh parametrov lezviya serijnoj strel'chatoj lapy kul'tivatora pri abrazivnom iznose // Universum: tekhnicheskie nauki. 2023. № 11-2 (116). S. 50–53. EDN TAWOZF.

3. Kolosovskij A. M., Rozhkov A. S., Ozhegov N. M., Cherkasov V. E. Uprochnenie rabochih organov sel'skohozyajstvennyh mashin // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. 2023. № 6 (362). S. 43–51. DOI 10.33979/2073-7408-2023-362-6-43-51. EDN JSFDIG.

4. Dontsov I. E. Ustojchivost' dvizheniya MTA s orudiyami frontal'noj ili zadnej naveski // Traktory i sel'skohozyajstvenny'e mashiny. 2008. № 9. S. 31–34. EDN JUMBSJ.

5. Ozhegov N. M., Bondar K. A., Tsyplakova I. V., Mikhajlov A. A. Modernizaciya dinamicheskogo davleniya pochvennoj abrazivnoj sredy v zone kontaktnogo vzaimodejstviya s poverhnost'yu klina // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2022. № 61. S. 72–75. EDN JHIWHK.

6. Panov I. M., Vetokhin V. I. Fizicheskie osnovy mekhaniki pochv : monografiya. Kiev : Feniks, 2008. 265 s. ISBN 978-966-651-621-6.

Сведения об авторах

Сария Валеевна Тарасова – кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры автомобилей, тракторов и технического сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 8700-4230.

Николай Михайлович Ожегов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобилей, тракторов и технического сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7422-1246.

Information about the authors

Sariya V. Tarasova – Candidate of Technical Sciences, Docent, Doctoral Student of the Department of Automobiles, Tractors and Technical Service, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", spin-code: 8700-4230.

Nikolay M. Ozhegov – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Automobiles, Tractors and Technical Service, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University", spin-code: 7422-1246.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



Научная статья
 УДК 597.551.2:575.174.015.3
 doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.018

АНАЛИЗ НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГЕНА *COI* ЛИНЯ ИЗ ГЕОГРАФИЧЕСКИ УДАЛЁННЫХ ТОЧЕК

Шахром Сафаралиевич Боронов

Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия
 4209@student.yarcx.ru

Реферат. Проведён *in silico* анализ нуклеотидных последовательностей гена цитохром-С-оксидазы субъединицы I (*COI*) митохондриальной ДНК линя обыкновенного (*Tinca tinca* L.), депонированных в GenBank. Выборка включала шесть образцов из географически удалённых точек (Норвегия, Германия, Босния и Герцеговина, Австрия, Канада, Турция), охватывающих природный ареал и регионы интродукции. Множественное выравнивание, расчёт р-дистанций и филогенетический анализ выполнены в программе MEGA X методом максимального правдоподобия (модель TN93+G). Результаты показали чёткое разделение образцов на две кластерные группы, соответствующие западной и восточной филогруппам. Межгрупповые генетические дистанции составили 1,19–1,36%, тогда как внутри каждой группы различия не превышали 0,17%, а в восточной кладе последовательности оказались полностью идентичны. Установлено, что образец из Канады несёт восточный гаплотип, что указывает на восточноевропейское происхождение инвазивной популяции и согласуется с эффектом основателя. Результаты могут быть использованы для мониторинга генетического состава природных и аквакультурных стад линя.

Ключевые слова: линь, *Tinca tinca*, *COI*, митохондриальная ДНК, филогеография, западная и восточная филогруппы, генетические дистанции, *in silico* анализ, интродукция

NUCLEOTIDE SEQUENCE ANALYSIS OF THE *COI* GENE IN TENCH FROM GEOGRAPHICALLY DISTANT LOCATIONS

Shakhrom S. Boronov

Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia
 4209@student.yarcx.ru

Реферат. An *in silico* analysis of the mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I (*COI*) gene sequences of the tench (*Tinca tinca* L.) deposited in GenBank was performed. The sample included six samples from geographically distant points (Norway, Germany, Bosnia and Herzegovina, Austria, Canada, Turkey), covering the natural range and regions of introduction. Multiple sequence alignment, estimation of p-distances, and phylogenetic analysis were performed using the maximum likelihood method (TN93+G model) in MEGA X. The results revealed a clear separation (or clustering) of the samples into two groups corresponding to the western and eastern phylogroups. Intergroup genetic distances were 1.19–1.36%, while within each group the differences did not exceed 0.17%, and in the eastern clade the sequences were completely identical. The sample from Canada was found to carry an eastern haplotype, which indicates the eastern European origin of the invasive population and is consistent with the founder effect. The results can be used to monitor the genetic composition of natural and aquaculture tench stocks.

Keywords: tench, *Tinca tinca*, *COI*, mitochondrial DNA, phylogeography, western and eastern phylogroups, genetic distances, *in silico* analysis, introduction

Введение. Вопрос о генетической неоднородности линя обыкновенного (*Tinca tinca* L.) приобрёл особую актуальность после того, как молекулярные исследования выявили существование двух глубоко дивергировавших филогенетических линий – западной и восточной [1]. Антропогенное расселение и аквакультура существенно нарушили естественную филогеографическую структуру вида, однако не стёрли её полностью [2]. Экспериментально доказано отсутствие репродуктивной изоляции между филогруппами, что при искусственном смешивании ведёт к интрогрессии и размыванию природных генетических паттернов [1]. Для быстрой

идентификации западной и восточной линий разработаны эффективные PCR-RFLP-маркеры на основе ядерных и митохондриальных локусов [3; 4]. Региональные исследования показали, что, в частности, река Дунай служит естественной границей между филогруппами, а обнаружение западных гаплотипов к югу от неё интерпретируется как результат антропогенного переноса [5]. Современные данные по инвазивным популяциям линя в Северной Америке демонстрируют крайне низкое генетическое разнообразие, вызванное эффектом основателя [6]. В настоящей работе проведён анализ нуклеотидных последовательностей гена *COI* линя из

географически удалённых точек с целью оценки их филогеографической принадлежности и выявления уровня внутривидовой дифференциации.

Цель настоящей работы – анализ нуклеотидных последовательностей гена *COI* линия (*Tinca tinca* L.) из географически удалённых точек: Норвегии, Германии, Боснии и Герцеговины, Австрии, Канады и Турции. В задачи исследования входило: сравнить шесть записей GenBank: MT216182.1 (Норвегия), MF135878.1 (Германия), HM560379.1 (Босния и Герцеговина), ON097402.1 (Австрия), EU525161.1 (Канада), JQ624008.1 (Турция); выявить различия, определить гаплотипы, географические паттерны, сделать выводы о популяционной структуре.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили *in silico*. В качестве объекта анализа использовали нуклеотидные последовательности гена цитохром-с-оксидазы субъединицы I (*COI*) митохондриальной ДНК линия обыкновенного (*Tinca tinca*), депонированные в международной базе данных GenBank (NCBI). Выборка включала шесть последовательностей из географически удалённых точек, представляющих как природные популяции из естественного ареала, так и интродуцированные либо аквакультурные группировки: MT216182 (Норвегия, длина фрагмента 655 п.н.), MF135878 (Германия, р. Рейн, 652 п.н.), HM560379 (Босния и Герцеговина, р. Требишница, 592 п.н.), ON097402 (Австрия, 654 п.н.), EU525161 (Канада, 652 п.н.) и JQ624008 (Турция, 655 п.н.). Видовая принадлежность всех записей подтверждена с помощью алгоритма BLAST.

Множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей выполняли в программе MEGA X с использованием алгоритма ClustalW со стандартными параметрами, после чего проводили визуальный контроль и при необходимости ручное редактирование. Для пары, включающей образцы HM560379 (592 п.н.) и MT216182 (655 п.н.), сравнительная длина после удаления неполных концевых участков составила 568 п.н., тогда как для всех остальных пар использовался общий участок в 590 п.н. Расчёт р-дистанций проводили с опцией попарного удаления пропусков (pairwise deletion). Попарные генетические дистанции рассчитывали на основе р-дистанции, отражающей долю различающихся нуклеотидных позиций. Филогенетическое дерево строили методом максимального правдоподобия (ML) с оптимальной моделью нуклеотидных замен TN93+G, выбранной на основании информационного критерия BIC; статистическую поддержку узлов оценивали бут-

стреп-тестом при 1000 псевдорепликациях. Вариативные и филогенетически информативные сайты идентифицировали с помощью встроенных средств MEGA X. Принадлежность отдельных образцов к западной или восточной филогруппам устанавливали по набору диагностических нуклеотидных позиций гена *COI* в соответствии с ранее разработанными подходами [3; 5].

Результаты. В таблице 1 представлены ключевые диагностические нуклеотидные позиции, которые разделяют выборку на две чёткие группы.

На основании этих полиморфизмов все шесть образцов делятся на две группы. Группа 1 – «Западная» (аллели A, T, G), образцы MT216182 – Норвегия (интродукция, мониторинг чужеродных видов); ON097402 – Австрия (Штирия, бассейн Дуная, возможно, смешанная зона, но здесь попался «западный» гаплотип). Группа 2 – «Восточная» (аллели G, G, A): образцы MF135878 – Германия (Рейн, естественный ареал); HM560379 – Босния и Герцеговина (р. Требишница, бассейн Неретвы, естественная популяция); EU525161 – Канада (интродукция), JQ624008 – Турция (естественная популяция).

Такое распределение полностью соответствует известной филогеографической модели для линия *Tinca tinca*. Ранее по митохондриальным маркерам (и в частности по *COI*) было показано существование западной и восточной филогрупп, которые разделились в плейстоцене и встретились в зоне вторичного контакта в районе Дуная и Балкан.

Естественные популяции (Германия, Босния, Турция) несут «свои» региональные гаплотипы: немецкий и турецкий образцы – восточный тип, боснийский – тоже восточный (что ожидаемо для Балкан). Интродукционеры (вероятно, искусственные условия) показывают свой источник: канадский линь (EU525161) генетически близок к немецкому и турецкому – значит, завоз в Канаду, скорее всего, произошёл из восточной части ареала (возможно, из Германии или Центральной Европы). Норвежский образец (MT216182) имеет «западный» гаплотип и сходен с австрийским. Учитывая, что в Норвегии линь является чужеродным видом, его вселение могло идти из Западной Европы (например, из Франции или Великобритании). Это уже прямое указание на то, что искусственное расселение переносит и филогеографические линии.

В таблице 2 представлены оценки попарных генетических дистанций между шестью проанализированными последовательностями гена *COI* линия. Расчёты выполнены в программе MEGA X на основе модели р-дистанции после множественного выравнивания фрагментов. Значения в таблице выражены в процентах и

Таблица 1 – Ключевые диагностические нуклеотидные позиции, разделяющие выборку на две группы

Позиция	MT216182 (Норвегия)	MF135878 (Германия)	HM560379 (Босния)	ON097402 (Австрия)	EU525161 (Канада)	JQ624008 (Турция)
181 (в районе «GGA / GGG AAC»)	A (GGA AAC)	G (GGG AAC)	G (GGG AAC)	A (GGA AAC)	G	G
398 (T/G) – в районе «TGA TCC» / «TGA GCC»	T (TGA TCC)	G (TGA GCC)	G (TGA GCC)	T (TGA TCC)	G (TGA GCC)	G (TGA GCC)
420 (G/A)	G	A	A	G	A	A

Таблица 2 – Попарные р-дистанции (%) между образцами линия по гену *COI*

Образец	MT216182 (Норвегия)	MF135878 (Германия)	HM560379 (Босния)	ON097402 (Австрия)	EU525161 (Канада)	JQ624008 (Турция)
MT216182	–	1,36	1,36	0,17	1,36	1,36
MF135878		–	0,00	1,19	0,00	0,00
HM560379			–	1,23	0,00	0,00
ON097402				–	1,19	1,19
EU525161					–	0,00
JQ624008						–

отражают долю различающихся нуклеотидных позиций (число замен на 100 сайтов). Для выравнивания использовался общий участок длиной 590 п.н., за исключением пары с HM560379, где сравнение проводилось по более короткому фрагменту (568 п.н.).

В первой группе, объединяющей образцы из Норвегии (MT216182) и Австрии (ON097402), генетическая дистанция составляет всего 0,17%, что соответствует единственной нуклеотидной замене (позиция 181 в выравнивании) и свидетельствует о близком родстве и, вероятно, об общем происхождении из западного рефугиума. Во второй, восточной группе (MF135878, HM560379, EU525161, JQ624008), нуклеотидные последовательности идентичны на протяжении всего проанализированного участка (р-дистанция – 0,00%), что указывает на консервативность гаплотипа *COI* в этой филогруппе и подтверждает результаты о крайне низком генетическом разнообразии инвазивных популяций [6].

Дистанция между западной (норвежско-австрийской) и восточной кладами варьирует от 1,19 до 1,36%. Данный уровень дивергенции (около 7–8 фиксированных нуклеотидных замен на фрагмент) является типичным для внутривидовых филогеографических линий костистых рыб и подтверждает их длительную аллопатрическую эволюцию в плейстоценовых рефугиумах. Значения дистанций, полученные для канадского (EU525161) и турецкого (JQ624008) образцов относительно немецкого (MF135878) и боснийского (HM560379), равны нулю, что прямо указывает на восточное происхождение как природных турецких, так и интродуцированных североамериканских популяций.

Проведённый анализ нуклеотидных последовательностей гена *COI* линия из шести географически удалённых точек полностью согласуется с существующими представлениями о филогеографической структуре вида и дополняет их. Полученное чёткое разделение всех образцов на две кластерные группы с межгрупповыми р-дистанциями 1,19–1,36% и внутrigрупповыми дистанциями, не превышающими 0,17%, прямо подтверждает существование западной и восточной филогрупп, впервые детально обоснованное в работе [1]. Уровень дивергенции между кладами, соответствующий примерно семи-восемью фиксированным нуклеотидным заменам, типичен для внутривидовых филогеографических линий костистых рыб и отражает длительную аллопатрическую эволюцию в плейстоценовых рефугиумах,

что хорошо согласуется с выводами мультигенного исследования [2].

Внутригрупповая однородность оказалась исключительно высокой. Восточная клада, объединившая образцы из Германии, Боснии, Турции и Канады, продемонстрировала полную идентичность гаплотипов *COI* на протяжении всего изученного фрагмента (р-дистанция – 0,00%). Это свидетельствует о консервативности данного митохондриального маркера в восточной филогруппе. Особый интерес представляет канадский образец (EU525161), чья нулевая дистанция до природных восточноевропейских линий прямо указывает на его происхождение от основателей именно из восточной филогруппы. Данный результат наглядно подтверждает модель, предложенную в работе [6], согласно которой единственный акт интродукции формирует генетический профиль всей последующей инвазивной популяции, причём численность эффективных основателей была крайне мала.

Западная клада в нашей выборке представлена образцами из Норвегии и Австрии, различающимися лишь одной нуклеотидной заменой (0,17%). Такая высокая степень гомологии может объясняться как относительно недавним голоценовым расселением западной линии, так и, в случае норвежской особи, являющейся, с высокой вероятностью, результатом интродукции, эффектом основателя. Полученные результаты хорошо иллюстрируют тезис работы [2] о том, что человеческая деятельность изменила, но не стёрла естественную филогеографическую структуру вида: даже у заведомо интродуцированной норвежской популяции сохранился отчётливый западный сигнал, позволяющий надёжно установить её происхождение.

Географическое распределение филогрупп в нашей выборке полностью согласуется с региональными исследованиями. Присутствие западного гаплотипа у австрийского образца из Штирии (бассейн Дуная) и восточных гаплотипов у боснийского из бассейна Неретвы соответствует выводам работы [5], где река Дунай рассматривается как естественная граница между двумя филогруппами, а территории к югу от неё населены преимущественно восточной линией. Тот факт, что немецкий образец из Рейна также принадлежит восточной филогруппе, не противоречит литературным данным, свидетельствующим о сложной популяционной истории Центральной Европы с проникновением восточных ли-

ний на запад в результате как естественного расселения, так и антропогенного переноса [2; 5].

С методической точки зрения, наше исследование демонстрирует, что прямой анализ последовательностей гена *COI* обладает достаточной разрешающей способностью для уверенного разграничения западной и восточной филогрупп линя. Полученные диагностические нуклеотидные позиции (в частности, замена в позиции 181 и полиморфизм в позиции 398) полностью согласуются с маркерами, на которых основаны быстрые PCR-RFLP-методы идентификации филогрупп [3; 4].

Вывод. Таким образом, результаты *in silico* анализа шести последовательностей гена *COI* линя из географически удалённых точек полностью подтверждают фундаментальное разделение вида на западную и восточную филогруппы, демонстрируют их высокую гомогенность и хорошо согласуются с имеющимися данными о географии филогрупп и генетических последствиях антропогенного расселения. Валидация этого подхода на более обширных выборках и с привлечением ядерных маркеров составит предмет дальнейших исследований.

Список источников

1. Lajbner Z., Kohlmann K., Linhart O., Kotlík P. Lack of reproductive isolation between the Western and Eastern phylogroups of the tench // *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2010. Vol. 20, No. 3. P. 289–300. DOI 10.1007/s11160-009-9137-y.
2. Lajbner Z., Linhart O., Kotlík P. Human-aided dispersal has altered but not erased the phylogeography of the tench // *Evolutionary Applications*. 2011. Vol. 4, No. 4. P. 545–561. DOI 10.1111/j.1752-4571.2010.00174.x.
3. Lajbner Z., Kotlík P. PCR-RFLP assays to distinguish the Western and Eastern phylogroups in wild and cultured tench *Tinca tinca* // *Molecular Ecology Resources*. 2011. Vol. 11, No. 2. P. 374–377. DOI 10.1111/j.1755-0998.2010.02914.x.
4. Lo Presti R., Kohlmann K., Kersten P. [et al.] Genetic variability in tench (*Tinca tinca* L.) as revealed by PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA // *Italian Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 11, No. 1. P. 103–108. DOI 10.4081/ijas.2012.e19.
5. Lujčić J., Kohlmann K., Kersten P., Marinović Z. [et al.] Phylogeographic Identification of Tench *Tinca tinca* (L., 1758) (Actinopterygii: Cyprinidae) from the Northern Balkans and Adjacent Regions and its implications for Conservation // *Zoological Studies*. 2017. Vol. 56, No. 3. 9 p. DOI 10.6620/ZS.2017.56-03.
6. Bernos T. A., Avlijaš S., Hill J. [et al.] Genetic diversity and structure of a recent fish invasion: Tench (*Tinca tinca*) in eastern North America // *Evolutionary Applications*. 2022. Vol. 16, No. 1. P. 173–188. DOI 10.1111/eva.13520.

Сведения об авторе

Шахром Сафаралиевич Боронов – аспирант кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 7395-5640.

Information about the author

Shakhrom S. Boronov – Postgraduate student of the Department of Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Yaroslavl State Agrarian University”, spin-code: 7395-5640.



Научная статья
УДК 636.22/.28.082
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.019

ОЦЕНКА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ ДОЧЕРЕЙ В ООО «ПЛЕМЗАВОД БАРЫБИНО»

Ланди Родригес Медерос

Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия
rodriguezlandy888@gmail.com, ORCID 0009-0007-1448-9651

Реферат. В статье представлены результаты сравнительной оценки молочной продуктивности коров-дочерей быков-производителей голштинской породы в ООО «Племзавод Барыбино» Московской области. Исследование выполнено на поголовье 339 первотёлок – дочерей быков линий Вис Бэк Айдиал 1013415 и Рефлексн Соверинг 198998 и полновозрастных коровах (51 гол.) Установлено, что среди дочерей-первотёлок наивысшими показателями по комплексу признаков характеризовались потомки быков линии Вис Бэк Айдиал 1013415: Казначей-М (удой 8504 кг, жир 4,53%, белок 3,36%), Старвэй-М (8626 кг, 4,47%, 3,33% соответственно). По массовой доле жира лидировали дочери Шимах-М (4,65%, +0,25% к сверстницам). При оценке полновозрастных коров по третьей лактации лучшими по удою и жирномолочности признаны дочери быков Боусер (9257 кг; 4,62%), Рибок (9261 кг) и Слай (9203 кг), показавшие высокие коэффициенты устойчивости лактации (103–107%). Результаты исследования позволяют рекомендовать для дальнейшего использования в селекционной программе хозяйства быков Казначей-М (по первой лактации), Боусера, Рибока и Слая (по результатам третьей лактации). Быки с низкой продуктивностью дочерей (Делтиано-М, Сансет-М) рекомендуются к ограничению использования.

Ключевые слова: голштинская порода, удой, массовая доля жира, массовая доля белка, линия, бык-производитель

EVALUATION OF HOLSTEIN BREED STUD BULLS BY THE PRODUCTIVITY OF DAUGHTERS AT ООО “PLEMZAVOD BARYBINO”

Landy Rodriguez Mederos

Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia
rodriguezlandy888@gmail.com, ORCID 0009-0007-1448-9651

Abstract. The article presents the results of a comparative evaluation of milk productivity of cows-daughters of Holstein stud bulls at ООО “Plemzavod Barybino” of the Moscow Region. The study was carried out on a population of 339 first-calf heifers – daughters of bulls of the Vis Back Ideal 1013415 and Reflection Sovering 198998 lines and mature cowbanes (51 heads). It was found that among the daughters-first-calf heifers, the highest indicators for a set of traits were characterized by the descendants of bulls of the Vis Back Ideal 1013415 line: Kaznachey-M (milk yield 8504 kg, fat 4.53%, protein 3.36%), Starway-M (8626 kg, 4.47%, 3.33%, respectively). In terms of the mass fraction of fat, the daughters of Shimax-M were in the lead (4.65%, +0.25% to herdmates). When evaluating mature cowbanes for the third lactation, the daughters of bulls Bowser (9257 kg; 4.62%), Ribok (9261 kg) and Sly (9203 kg), who showed high coefficients of lactation stability (103–107%), were recognized as the best in terms of milk yield and butterfat percentage. The research results allow us to recommend for further use in the farm’s breeding program the bulls Kaznachey-M (for the first lactation), Bowser, Ribok and Sly (according to the results of the third lactation). Bulls with low productivity of daughters (Deltiano-M, Sunset-M) are recommended for restriction of use.

Keywords: Holstein breed, milk yield, mass fraction of fat, mass fraction of protein, line, stud bull

Введение. Голштинская порода крупного рогатого скота занимает лидирующее положение в молочном скотоводстве Российской Федерации. По данным государственной племенной инвентаризации, её удельный вес в структуре поголовья молочного скота страны вырос с 0,7% в 1993 году до 34,7 % к 2021 году, тогда как доля большинства отечественных пород существенно сократилась [1]. В результате отсутствия государственной политики в области пле-

менного дела, судя по активной части маточного стада, молочное скотоводство России в настоящее время на 2/3 представлено голштинской породой [2]. Столь масштабное распространение голштинского скота обусловлено его высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности. Голштинская порода отселекционирована таким образом, чтобы от коров получали высокую молочную продуктивность уже с первой лактации [3].

Таблица 1 – Влияние быков разных линий на молочную продуктивность коров-первотёлок голштинской породы стада ООО «Племзавод Барыбино»

Инв. номер	Кличка	Линия	Кол-во дочерей	n (1 лакт.)	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	+/- к сверстницам (удой, кг / жир, % / белок, %)
933610871	Старвэй-М	1	32	16	8626	4,47	3,33	+14/+0,06/-0,04
5168	Казначей-М	1	66	38	8504	4,53	3,36	+14/+0,12/-0,01
4593	Матиас	1	38	21	8548	4,45	3,38	+9/+0,04/+0,01
13227660	АльтаХазон	1	28	19	8554	4,34	3,39	-1/-0,08/+0,01
11087695	Стерлинг	1	46	41	8434	4,37	3,37	-3/-0,04/-0,01
654721414	Шимакс-М	1	36	34	8332	4,65	3,37	-93/+0,25/0,00
3129340894	Бреннан 3158	1	26	21	8307	4,27	3,35	-117/-0,14/-0,02
3200824825	АльтаСпамлет	1	26	17	8204	4,36	3,35	-221/-0,05/-0,03
3144934446	Фаерворк	1	21	21	8097	4,57	3,40	-331/+0,16/+0,03
5155	Лирик-М	6	56	30	8536	4,43	3,37	+7/+0,02/-0,01
3201895032	АльтаМодекс	6	25	25	8432	4,54	3,37	+11/+0,12/-0,01
13483281	АльтаХаузер	6	22	16	8476	4,38	3,43	-1/-0,04/+0,05
668000466	Паркинс-М	6	31	11	8424	4,41	3,33	0/0,00/-0,05
3151004135	Лагуна	6	30	29	8293	4,35	3,40	-132/-0,07/+0,03

Примечание: линия 1 – Вис Бэк Айдиал 1013415; линия 6 – Рефлекшн Соверинг 198998.

Улучшение признаков молочности во многом зависит от совершенствования и точности оценки быков-производителей по качеству их потомства. Большое внимание уделяется качеству быков-производителей. Важным аспектом становятся количество признаков и их учёт у дочерей [4]. Ввиду разнообразия происхождения стада, природно-климатических условий и технологий содержания животных необходимы регулярная оценка генеалогических линий и испытание быков по качеству потомства для обеспечения наибольшего селекционного эффекта [5]. Рядом исследований подтверждено, что линейная принадлежность оказывает достоверное влияние на показатели молочной продуктивности коров [6; 7].

Особый интерес представляет сравнительное изучение двух ведущих генеалогических линий голштинской породы – Вис Бэк Айдиал и Рефлекшн Соверинг, широко используемых в племенных хозяйствах Московской области. В исследованиях, проведённых на различных популяциях, получены неоднозначные результаты: в одних случаях преимущество по удою имели потомки линии Вис Бэк Айдиал [8; 9], в других – линии Рефлекшн Соверинг [6; 10]. Это свидетельствует о необходимости проведения локальных исследований в конкретных хозяйственно-технологических условиях.

Цель настоящей работы – сравнительная оценка молочной продуктивности коров-дочерей отдельных быков-производителей голштинской породы.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в условиях ООО «Племзавод Барыбино» Московской области на поголовье крупного рогатого скота голштинской породы. Объектом изучения служили коровы-первотёлки (339 гол.) и полновозрастные коровы (51 гол.), полученные от быков-производителей двух

основных генеалогических линий хозяйства – Рефлекшн Соверинг 198998 и Вис Бэк Айдиал 1013415. В обработку были включены данные зоотехнического и племенного учёта (программа «СЕЛЭКС. Молочный скот», форма 7-мол), а также материалы отчётов по результатам использования быков-производителей. Для анализа были использованы данные по быкам с наибольшим количеством дочерей, которые на момент исследования имели законченную лактацию, первую, третью и более. Для ранжирования быков по комплексу признаков использовали метод построения регрессионных моделей (по отклонению от сверстниц). Быков, дочери которых превышали средний уровень по стаду по удою, жирности и белкомолочности, относили к категории улучшателей.

Результаты. В таблице 1 представлена продуктивность коров по первой лактации голштинской породы стада ООО «Племзавод Барыбино» в зависимости от линейной принадлежности быка-отца.

В среднем продуктивность дочерей-первотёлок быков линии Вис Бэк Айдиал 1013415 составила 8626–8097 кг молока с массовой долей жира 4,65–4,27% и массовой долей белка 3,40–3,33%, линии Рефлекшн Соверинг 198998, соответственно, 8536–8293 кг, 4,54–4,35% и 3,43–3,33%.

Анализ данных по быкам-производителям ООО «Племзавод Барыбино» показывает различия по влиянию на молочную продуктивность дочерей. Более высокую продуктивность за первую лактацию с положительным отклонением от сверстниц показали дочери быков линии Вис Бэк Айдиал 1013415: Старвэй-М (8626 кг, 4,47%, +14 кг и +0,06% по МДЖ к сверстницам), Казначей-М (удой 8504 кг, МДЖ 4,53%, отклонение +14 кг и +0,12%). По линии Рефлекшн Соверинг 198998: дочери быков АльтаМодекс (8432 кг, 4,54% жира, +11 кг,

Таблица 2 – Сравнительная оценка дочерей быков по третьей лактации

Инв. номер	Кличка	Линия	n	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	Коэфф. устойчив., %	+/- к сверстницам (удой, кг / жир, % / белок, %)
2680	Рибок	1	3	9261	4,29	3,44	107	+592/-0,11/+0,06
64872951	Боусер	1	4	9257	4,62	3,37	103	+594/+0,23/-0,01
3132534914	Слай	1	4	9203	4,56	3,33	106	+538/+0,17/-0,05
879381781	Джи-Стар-М	1	4	9067	4,22	3,34	98	+396/-0,19/-0,05
106182935	Джולי	1	4	8082	4,17	3,40	100	-629/-0,23/+0,02
59014733	Супериор	1	3	8308	4,40	3,38	97	-390/0,00/-
3008328663	Биггио	6	3	9072	4,53	3,36	101	+397/+0,14/-0,02
685695513	Рафтер-М	6	3	8961	4,40	3,37	91	+283/-/-0,02
3032	Сапсан	6	6	8689	4,37	3,45	96	+3/-0,03/+0,07
70053885	Тейлайт	6	3	8666	4,37	3,41	110	-21/-0,03/+0,03
711611018	Лайфтери-М	6	4	8004	4,53	3,43	102	-710/+0,13/+0,05
3130010488	Максфли 13243	6	3	7995	4,71	3,40	106	-712/+0,31/+0,02
354638352	Делтиано-М	6	4	7320	4,39	3,44	105	-1422/0,00/+0,06
537752870	Сансет-М	6	3	7015	4,43	3,46	102	-1722/+0,03/+0,08

+0,12% жира), Лирик-М (8536 кг, 4,43% жира, +7 кг, +0,02% жира).

Максимальную жирномолочность показали дочери быков Шимакс-М (4,65%, +0,25%), Казначей-М (4,53%, +0,12%), АльтаМодекс (4,54%, +0,12%).

Отрицательные отклонения по удою и МДЖ выявлены у дочерей быков АльтаСпамлет, Бреннан 3158 и Лагуна (от -117 до -221 кг – по удою; от -0,05 до -0,14% – по МДЖ). Требуется внимания бык Фаерворк (линии Вис Бэк Айдиал), который даёт дочерей с относительно низким удоём (8097 кг, -331 кг), но высоким содержанием жира (4,57%, +0,16%).

Хорошим кандидатом для повышения белкомолочности является бык АльтаХаузер (линии Рефлекшн Соверинг): 3,43% (+0,05% к сверстницам), удой 8476 кг (на уровне сверстниц), МДЖ 4,38%.

У быков линии Вис Бэк Айдиал 1013415 отмечается тенденция к более высокому удою и массовой доле жира дочерей. У быков линии Рефлекшн Соверинг 198998 показатели несколько вариабельнее, однако среди них есть улучшатели по массовой доле белка (АльтаХаузер) и жира (АльтаМодекс).

В таблице 2 представлена сравнительная оценка продуктивных качеств полновозрастных коров.

Анализ продуктивности дочерей по третьей законченной лактации показал, что число животных, завершивших три лактации, невелико, однако позволяет выделить более ценных быков, которые могут улучшить продуктивность коров.

Лучшие показатели удою и жирности показали дочери быков Боустер (9257 кг, МДЖ 4,62%, +594 кг, +0,23% к сверстницам), Слай (9203 кг, 4,56%, +538 кг, +0,17%) и Рибок (9261 кг, 4,29 %, +592 кг), относящиеся к линии Вис Бэк Айдиал 1013415 и Биггио (9072 кг, 4,53%, +397 кг, +0,14%) линии Рефлекшн Соверинг

198998. У дочерей этих быков также высокие коэффициенты устойчивости лактации (101–107%), указывающие на хорошую адаптацию и стабильность лактационной кривой.

Резко выраженными ухудшателями по удою являются Сансет-М (7015 кг, -1722 кг к сверстницам) и Делтиано-М (7320 кг, -1422 кг) линии Рефлекшн Соверинг 198998.

Можно отметить, что быки линии Вис Бэк Айдиал 1013415 в среднем превосходят линию Рефлекшн Соверинг 198998 по третьей лактации дочерей по удою (8863 кг против 8215 кг), тогда как по массовой доле жира и белка линии сопоставимы.

Таким образом, рекомендуется использовать производителей Боусера, Слая и Рибка для закрепления в стаде, сочетающих высокий удой с высоким содержанием жира и белка в молоке. А быки Делтиано-М, Сансет-М не рекомендуются для использования из-за резко отрицательных отклонений по удою.

Выводы.

1. Среди быков наиболее высокие показатели удою у дочерей за первую лактацию отмечены у Казначей-М (8504 кг), Старвэя-М (8626 кг). Лучшими по массовой доле жира и белка в молоке дочерей являются быки Шимакс-М (4,65% жира, 3,37% белка), Казначей-М (4,53%, 3,36% белка), АльтаМодекс (4,54%, 3,37%).

2. По продуктивности дочерей за третью лактацию лучшие результаты по удою достигнуты у быков Рибка (9261 кг), Боусера (9257 кг) и Слая (9203 кг). Эти же производители отличаются высоким содержанием жира (4,29–4,62%) и белка (3,33–3,44%).

3. Для дальнейшего генетического совершенствования стада в ООО «Племзавод Барыбино» рекомендуется использовать быков-улучшателей: Казначей-М, (при более высоком удое и жирномолочности), а так-

же Боусера, Рибока и Слая – как лучших по результатам третьей лактации. Быки с низкой продуктивностью (Делтиано-М, Сансет-М) рекомендуются к исключению из активной племенной программы.

Список источников

1. Ермилов А. Н., Богданова Т. В., Ермилов А. А. [и др.] Повышение конкурентоспособности крупного рогатого скота голштинской породы в Московском регионе // Генетика и разведение животных. 2024. № 2. С. 89–97. DOI 10.31043/2410-2733-2024-2-89-97. EDN KNLVQV.
2. Чинаров В. И. Современные проблемы разведения крупного рогатого скота в России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025. Т. 26. № 3. С. 650–662. DOI 10.30766/2072-9081.2025.26.3.650-662. EDN XLQLEG.
3. Тамарова Р. В., Ермишин А. С. Реализация родительского потенциала продуктивности коровами-первотёлками голштинской породы в АО «Племзавод Ярославка» // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1 (57). С. 19–24. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.003. EDN CVZMOB.
4. Горелик А. С., Горелик О. В., Ребезов М. Б., Харлап С. Ю. Молочная продуктивность коров-дочерей голштинских быков-производителей // Аграрная наука. 2025. № 7. С. 85–91. DOI 10.32634/0869-8155-2025-396-07-85-91. EDN QIENHC.
5. Никитина М. М. Сравнение быков-производителей по молочной продуктивности дочерей в ООО «Целинное» Республики Хакасия // Аграрная наука. 2025. № 7. С. 71–76. DOI 10.32634/0869-8155-2025-396-07-71-76. EDN XBAJEW.
6. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Шахбазова О. П. [и др.] Влияние генетической принадлежности на молочную продуктивность и качество молока коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 4. С. 606–618. DOI 10.32417/1997-4868-2025-25-04-606-618. EDN LLNRHC.
7. Белозерцева С. Л., Петрухина Л. Л. Воспроизводительные качества и молочная продуктивность коров черно-пестрой породы в зависимости от линейной принадлежности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50, № 5. С. 47–55. DOI 10.26898/0370-8799-2020-5-5. EDN EBVARG.
8. Тишкина Т. Н., Вельматов А. П., Тишкина А. Ф. Оценка быков-производителей по мясной продуктивности их потомства // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2 (58). С. 165–170. DOI 10.18286/1816-4501-2022-2-165-170. EDN EKYBCO.
9. Шмидт Е. В., Филинская О. В. Сравнительная оценка чистопородного и помесного скота по показателям молочной продуктивности // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, безопасности сырья и продукции и перспективы развития продуктивного и непродуктивного животноводства : сб. науч. тр. по материалам III Национальной науч.-практ. конф., Ярославль, 23 октября 2025 года. Ярославль : Ярославский государственный аграрный университет, 2025. С. 125–129. ISBN 978-5-98914-295-8. EDN AHTIJO.
10. Филинская О. В., Шаехова Н. А. Продуктивность коров при внутрилинейном подборе и кроссе линий // Биология в сельском хозяйстве. 2025. № 1 (46). С. 20–23. EDN LPBKJW.

References

1. Ermilov A. N., Bogdanova T. V., Ermilov A. A. [i dr.] Povyshenie konkurentosposobnosti krupnogo rogatogo skota golshtinskoj porody v Moskovskom regione // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2024. № 2. S. 89–97. DOI 10.31043/2410-2733-2024-2-89-97. EDN KNLVQV.
2. Chinarov V. I. Sovremennyye problemy razvedeniya krupnogo rogatogo skota v Rossii // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2025. T. 26. № 3. S. 650–662. DOI 10.30766/2072-9081.2025.26.3.650-662. EDN XLQLEG.
3. Tamarova R. V., Ermishin A. S. Realizatsiya roditel'skogo potentsiala produktivnosti korovami-pervotyolkami golshtinskoj porody v AO «Plemzavod Yaroslavlka» // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 1 (57). S. 19–24. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.003. EDN CVZMOB.
4. Gorelik A. S., Gorelik O. V., Rebezov M. B., Kharlap S. Yu. Molochnaya produktivnost' korov-docherej golshtinskih bykov-proizvoditelej // Agrarnaya nauka. 2025. № 7. S. 85–91. DOI 10.32634/0869-8155-2025-396-07-85-91. EDN QIENHC.
5. Nikitina M. M. Sravnenie bykov-proizvoditelej po molochnoj produktivnosti docherej v ООО «Celinnoe» Respubliki Hakasiya // Agrarnaya nauka. 2025. № 7. S. 71–76. DOI 10.32634/0869-8155-2025-396-07-71-76. EDN XBAJEW.
6. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Shakhbazova O. P. [i dr.] Vliyanie geneticheskoy prinadlezhnosti na molochnuyu produktivnost' i kachestvo moloka korov golshtinskoj porody // Agrarnyj vestnik Urala. 2025. T. 25, № 4. S. 606–618. DOI 10.32417/1997-4868-2025-25-04-606-618. EDN LLNRHC.
7. Belozertseva S. L., Petrukhina L. L. Vosproizvoditel'nye kachestva i molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroj porody v zavisimosti ot linejnoy prinadlezhnosti // Sibirskij vestnik sel'skhozaystvennoj nauki. 2020. T. 50, № 5. S. 47–55. DOI 10.26898/0370-8799-2020-5-5. EDN EBVARG.
8. Tishkina T. N., Vel'matov A. P., Tishkina A. F. Ocenka bykov-proizvoditelej po myasnoj produktivnosti ih potomstva // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skhozaystvennoj akademii. 2022. № 2 (58). S. 165–170. DOI 10.18286/1816-4501-2022-2-165-170. EDN EKYBCO.
9. Shmidt E. V., Filinskaya O. V. Sravnitel'naya ocenka chistopородного i pomесного skota po pokazatelyam molochnoj produktivnosti // Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, bezopasnosti syr'ya i produkci i perspektivy razvitiya produktivnogo i neproduktivnogo zhivotnovodstva : sb. nauch. tr. po materialam III Nacional'noj nauch.-prakt. konf., Yaroslavl', 23 oktyabrya 2025 goda. Yaroslavl' : Yaroslavskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2025. S. 125–129. ISBN 978-5-98914-295-8. EDN AHTIJO.
10. Filinskaya O. V., Shaekhova N. A. Produktivnost' korov pri vnutilinejnom podbore i krosse linij // Biologiya v sel'skom hozyajstve. 2025. № 1 (46). S. 20–23. EDN LPBKJW.

Сведения об авторе

Ланди Родригес Медерос – аспирант кафедры зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет».

Information about the author

Landy Rodriguez Mederos – Postgraduate student of the Department of Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University".

- С
coi, 120
 I
In silico анализ, 120
 P
Pangasius sp., 48
 T
Tinca tinca, 120
 A
 «Абиотоник», 84
 Абразивный износ, 114
 Агрохимические показатели, 5
 Активность аминотрансфераз, 56
 Аммонийный азот, 5
 Антибиотики, 91
 Б
 Белковый состав, 56
 Биопрепарат, 28
 Бык-производитель, 124
 Бычки, 56
 В
 Ветеринарно-санитарная оценка, 48
 Виды минеральных удобрений, 13
 Выбраковка коров, 97
 Выживаемость, 28
 Г
 Гематологические и биохимические
 показатели, 84
 Гемоглобин, 61
 Генетические дистанции, 120
 Генетическое разнообразие, 108
 Гербициды, 20
 Гетерозиготность, 108
 Гибриды, 13
 Гистопатология печени, 48
 Глоточные железы, 67
 Голштинская порода, 108, 124
 Д
 Дельта Меконга, 48
 Дерново-подзолистая почва, 28
 Динамика численности, 42
 Дозы азотных удобрений, 5
 Ж
 Жировое тело, 67
 З
 Заводские линии, 102
 Западная и восточная филогруппы, 120
 Засорённость посевов, 20
 Заяц-беляк, 42
 Зимний маршрутный учёт, 42
 Зимостойкость, 77
 И
 Индексы телосложения, 102
 Интенсивность развития, 77
 Интродукция, 120
 К
 Калий, 5
 Калмыцкая порода, 56
 Кальций, 61
 Каротин, 61
 Карпатская порода, 67
 Качество зерна, 5
 Кормовая добавка на основе
 гидролизата соевого белка, 84
 Коровы-первотёлки, 61, 102
 Костромская порода, 97, 102
 Крупный рогатый скот, 108
 Кукуруза на зелёную массу, 28
 Культиватор КРН-5,6 В, 114
 Л
 Лактация, 97
 Лейкоциты, 61
 Лещ, 35
 Линия, 124
 Линь, 120
 М
 Масличность, 13
 Массовая доля белка, 124
 Массовая доля жира, 124
 Машинно-тракторный агрегат, 114
 Медовая продуктивность, 77
 Медь, 5
 Метизированные пчёлы, 77
 Микросателлиты, 108
 Микроядерный тест, 48
 Митохондриальная ДНК, 120
 Молочная продуктивность, 102
 Мониторинг, 5, 42
 Мясное скотоводство, 56
 Н
 Нижегородская область, 42
 Нитратный азот, 5
 О
 Овёс, 20
 Озимая пшеница, 5
 Озимая рожь, 20
 Опрыскивание БПЛА, 20
 Оптическая плотность раствора, 91
 Осенняя генерация, 67
 Охотресурсы, 42
 Оценка экстерьера, 102
 П
 Перекос рамы, 114
 Племенные хозяйства Костромской
 области, 97
 Подвижные фосфор, 5
 Подкормка, 5
 Подсолнечник, 13
 Пожизненная молочная
 продуктивность, 97
 Полевая всхожесть, 28
 Помеси с абердин-ангусами
 и герефордами, 56
 Пребиотик, 67
 Приватные аллели, 108
 Припосевное внесение, 13
 Продолжительность хозяйственного
 использования, 97
 Продуктивное долголетие, 97
 Продуктивность кур-несушек, 84
 Промеры, 102
 Пчеловодство, 67
 Р
 Раздой первотёлок, 97
 Размерно-массовая характеристика, 35
 Растения, 13
 Родственные группы, 102
 Рыбинское водохранилище, 35
 С
 Сезон года, 61
 Селекционно-племенная работа, 97
 Системы обработки почвы, 20
 Системы удобрения, 20
 Склонное земледелие, 114
 Сохранность, 28
 Сохранность пчелосемей, 77
 Стимулирующая подкормка, 67
 Стрельчатая лапа, 114
 Сыворотка крови, 56
 Т
 Технология возделывания, 28
 У
 Удой, 124
 Удой за первую лактацию, 97
 Урожайность, 5, 13, 28
 Урожайность зерновых культур, 20
 Уф-спектрофотометрия, 91
 Уф-спектры, 91
 Ф
 Фенодевиации позвоночника, 48
 Филогеография, 120
 Фосфор, 61
 Х
 Химический состав, 13
 Хлористый кобальт, 67
 Ц
 Цефалоспорины, 91
 Цефтиофур натрия, 91
 Цефтриаксон натрия, 91
 Цефуросим натрия, 91
 Цинк, 5
 Ч
 Чернозём выщелоченный, 5
 Численность и сухая масса сорных
 растений, 20
 Чистопородные среднерусские
 пчёлы, 77
 Э
 Эритроциты, 61
 Я
 Яйценоскость, 84
 Ярославская область, 77



ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ В РЕДАКЦИЮ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК АПК ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ»

Для издания в журнале «Вестник АПК Верхневолжья» принимаются только ранее не опубликованные автором (авторами) материалы.

1. Автор статьи предоставляет рукопись, оформленную согласно требованиям, заверенную собственной подписью.

2. Если статья соответствует тематике журнала и требованиям к оформлению, она направляется на рецензирование специалисту с целью экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи.

3. Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статей.

4. В рецензии освещаются следующие вопросы:

- соответствие содержания статьи заявленной в названии теме;
- актуальность и соответствие современным достижениям науки;
- доступность читателям с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и формул;
- целесообразность публикации статьи с учётом ранее вышедших в свет публикаций;
- в чём конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки статьи, какие исправления и дополнения должны быть внесены автором.

Рецензент рекомендует, рекомендует с учётом исправления отмеченных недостатков или не рекомендует статью к публикации.

5. Рецензии заверяются в порядке, установленном в учреждении, где работает рецензент.

6. Рецензирование проводится конфиденциально. Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

7. Наличие положительной/отрицательной рецензии не является достаточным основанием для публикации/отказа в публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редколлегией журнала и фиксируется в протоколе заседания редколлегии. Порядок и очерёдность публикации статьи определяются в зависимости от объёма публикуемых материалов и перечня рубрик в каждом конкретном номере журнала.

8. После принятия редколлегией решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Текст рецензии по запросу направляется автору по электронной почте.

9. Оригиналы рецензий хранятся в редакции в течение пяти лет.

10. Не допускаются к публикации:

- статьи, не оформленные должным образом, авторы которых отказываются от технической доработки статей;
- статьи, авторы которых не отвечают на замечания рецензента.

Индекс журнала: 80759



Журнал рассылается только по подписке, в розничную продажу не поступает
The journal is sent only on subscription, not on sale