

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

ISSN 0869-8155 (print)
ISSN 2686-701X (online)

12
2024



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



ЗООТЕХНИЯ

Мониторинг качества
инкубационного яйца мясных
кроссов импортного и
отечественного производства

89

АГРОНОМИЯ

Обзор вопросов сохранения
степных экосистем

117

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Множественные регрессионные
модели для оценки содержания Zn
в молоке коров

153

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ «AGROBRICS+»



XXX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА
MVC: ЗЕРНО-КОМБИКОРМА-ВЕТЕРИНАРИЯ

28-30 АПРЕЛЯ 2025 г.
МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР, ПАВ. № 1

ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО
ИНОСТРАННЫХ ДЕЛ РФ



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА РФ



КОМИТЕТ СОВЕТА ФЕДЕРАЦИИ РФ
ПО АГРАРНО-ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
ПОЛИТИКЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ



ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ДУМА РФ



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА РФ



МОСКОВСКАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ
ПЕКАРЕЙ И КОНДИТЕРОВ (UIBC)

Более 30 союзов и ассоциаций

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

- РАСТЕНИЕВОДСТВО И АГРОХИМИЯ
- ЗЕРНО
- КОРМА
- ВЕТЕРИНАРИЯ
- ЖИВОТНОВОДСТВО
- НЕПРОДУКТИВНЫЕ ЖИВОТНЫЕ
- АКВАКУЛЬТУРА
- БИОТОПЛИВО И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ
- ДРОНЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
- АГРОТУРИЗМ
- РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Информационная поддержка более 60 СМИ

ДИРЕКЦИЯ ОРГКОМИТЕТА ВЫСТАВКИ

ТЕЛ.: +7 (495) 755-50-35, 755-50-38

E-MAIL: INFO@EXPOKHLEB.COM

WWW.MVCEXPO.RU



ДИАЛОГ

Международная премия
за развитие коммуникаций в сфере АПК

НОМИНАЦИИ

НАУЧНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

по версии журнала «Аграрная наука» по итогам 2024 года

- Лучший научный коллектив по специальности «Ветеринария»
- Лучший научный коллектив по специальности «Зоотехния»
- Лучший научный коллектив по специальности «Агрономия»
- Лучший научный коллектив по специальности «Агроинженерия и Пищевые технологии»
- Международное научное сотрудничество
- Педагог и наставник
- Молодой ученый

ДИАЛОГ ГОСУДАРСТВА И ОТРАСЛИ

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

БИЗНЕС-КОММУНИКАЦИИ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Церемония награждения лауреатов

Дата: 22 января 2025 г.

Время: 11:30–12:00

Место: Форум №2, выставочный зал 3,
павильон №1 МВЦ «Крокус Экспо»

ПОДРОБНОСТИ



Организатор:

ИД «Аграрная наука»

Контакты:

Оргкомитет: + 7 (916) 616-05-31

Спонсорство, реклама: +7 (927) 155-08-10

agrovetpress@inbox.ru



**АГРАРНАЯ
НАУКА**
AGRARIAN
SCIENCE
ISSN 0869-8135 (Print)
ISSN 2686-701X (Online)

12 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 389, номер 12, 2024

Volume 389, number 12, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»

© авторы

Авторские права © 2024 Это статья открытого доступа, распространяемая в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), позволяющей третьим лицам копировать и распространять материал на любом носителе или в любом формате, а также делать ремиксы, преобразовывать и дополнять материал в любых целях, даже коммерчески, при условии, что исходная работа надлежащим образом цитируется и указывается ее лицензия.



DOI журнала 10.32634/0869-8155

Журнал «Аграрная наука» решением ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Распоряжение Минобрнауки России от 12 февраля 2019 г. № 21-р

Журнал «Аграрная наука» включен в базу данных AGRIS (Agricultural Research Information System) — Международную информационную систему по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям.

Журнал «Аграрная наука» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Полные тексты статей доступны на сайте eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью «ВИК — здоровье животных»

Шеф-редактор Костромичева И.В.

Научный редактор Долгая М.Н.

Дизайн и верстка Антонов С.Н.

Корректор Кузнецова Г.М.

Библиограф Нерозник Д.С.

Журналист Седова Ю.Г.

Менеджер по работе с клиентами Теплова А.С.

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 20

Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва,

ул. Марксистская, д. 3, стр. 2

Тел. редакции +7 (916) 616-05-31

agrovetpress@inbox.ru

www.vetpress.ru

<https://agrarayanauka.ru>

Реклама в журнале: +7 (927) 155-08-10

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-76484 от 02 августа 2019 года.

На печатный журнал можно подписаться:

в редакции по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453, agrovetpress@inbox.ru;

в агентстве подписки ООО «Урал-Пресс Округ» — <https://www.ural-press.ru/catalog/>

Бесплатная подписка на электронную версию — <https://agrarayanauka.ru>

Подписка на архивные номера и отдельные статьи: на сайте научной редакции

<https://www.vetpress.ru/jour>

на сайте научной электронной библиотеки www.elibrary.ru

Свободная цена.

Тираж 2000 экз.

Подписано в печать 04.12.2024

Дата выхода в свет 12.12.2024

Отпечатано в типографии ООО «Пропечать»:

119618, г. Москва, Боровское ш,

дом 2А, корп. 4, кв. 260

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

Ежемесячный научно-теоретический и производственный журнал выходит один раз в месяц.

В октябре 1956 г. был основан журнал «Вестник сельскохозяйственной науки», а в 1992 г. он стал называться «Аграрная наука».

Издатель:

Автономная некоммерческая организация «Редакция журнала «Аграрная наука» 107053, Россия, г. Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 20

Главный редактор

Виолин Б.В., кандидат ветеринарных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН», г. Москва, Россия

Заместитель главного редактора:

Ребезов М.Б., доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, г. Москва, Россия.

Редакционная коллегия

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

Аббас Р.З., PhD, доцент, Сельскохозяйственный университет Фейсалабад, г. Фейсалабад, Пакистан.

Ансори А.Н.М., PhD, Университет Эйрланга, г. Сурабая, Индонезия.

Василевич Ф.И., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, г. Москва, Россия.

Джаванмард М., доктор ветеринарной медицины, Иранская научно-исследовательская организация по науке и технологиям, г. Тегеран, Иран

Зайц И., доктор ветеринарных наук, Университет ветеринарии и фармацевтики в Брно, г. Брно, Чехия.

Коцаев А.Г., доктор биологических наук, профессор, академик РАН, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

Омбаев А.М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, иностранный член РАН, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

Панин А.Н., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Российский биотехнологический университет, г. Москва, Россия.

Подобед Л.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт животноводства Национальной академии аграрных наук Украины, г. Харьков, Украина.

Уша Б.В., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Российский биотехнологический университет, г. Москва, Россия.

Фисинин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук, г. Сергиев Посад, Россия.

Юлдашбаев Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Ятусевич А.И., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, г. Витебск, Беларусь.

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Абдусултоев А.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан.

Абилов А.И., доктор биологических наук, профессор, Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, п. Дубровицы, Московская обл. Россия.

Акназаров Б.К., доктор ветеринарных наук, профессор, Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, г. Бишкек, Кыргызстан.

Алиев А.Ю., доктор ветеринарных наук, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, г. Махачкала, Россия.

Андреева А.В., доктор биологических наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

Баймуханов Д.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

Булашев А.К., доктор ветеринарных наук, профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. Сакена Сейфуллина, г. Астана, Казахстан.

Горелик О.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия.

Гриценко С.А., доктор биологических наук, доцент, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

Дерхо М.А., доктор биологических наук, профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

Карынбаев А.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан.

Колесник Е.А., доктор биологических наук, доцент, Государственный университет просвещения, г. Москва, Россия

Концевая С.Ю., доктор ветеринарных наук, профессор, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.

Косилов В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия.

Кривоногова А.С., доктор биологических наук, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН (Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт), г. Екатеринбург, Россия

Кушалиев К.Ж., доктор ветеринарных наук, профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

Лоретц О.Г., доктор биологических наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия.

Лунева А.В., доктор биологических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

К основным целям издания относятся: продвижение российской и мировой аграрной науки, содействие прогрессивным разработкам и развитию инновационных технологий, формирование теоретических основ для производителей сельскохозяйственной продукции, поддержка молодых ученых, освещение и популяризация передовых научных исследований.

Научная концепция издания предполагает публикацию современных достижений в аграрной сфере, результатов ключевых национальных и международных исследований. К публикации приглашаются как отечественные, так и зарубежные авторы.

Журнал «Аграрная наука» способствует обобщению практических достижений в области сельского хозяйства, повышению научной и практической квалификации исследователей и практиков данной отрасли.

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна. Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов публикуемых материалов. Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.

16+

Лысенко Ю.А., доктор биологических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.
Миколойчик И.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Курганский государственный университет, г. Курган, Россия.
Миронова И.В., доктор биологических наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.
Морозова Л.А., доктор биологических наук, профессор, Курганский государственный университет, г. Курган, Россия.
Некрасов Р.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Московская обл., Россия.
Позябин С.В., доктор ветеринарных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, г. Москва, Россия.
Радчиков В.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Беларусь.
Рустамова С.И., PhD, Ветеринарный научно-исследовательский институт при Минсельхозе Республики Азербайджан, г. Баку, Азербайджан
Семенов В.Г., доктор биологических наук, профессор, Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия
Сотникова Л.Ф., доктор ветеринарных наук, профессор, Российский биотехнологический университет, г. Москва, Россия.
Степанова М.И., доктор биологических наук, профессор, Российский биотехнологический университет, г. Москва, Россия.
Топурия Л.Ю., доктор биологических наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия.
Щербаков П.Н., доктор ветеринарных наук, доцент, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

АГРОНОМИЯ

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

Годсвилл Н.Н., PhD, Университет Яунде I, г. Яунде, Камерун.

Джурраев М.Я., PhD, доцент, Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, г. Андижан, Узбекистан.

Насиев Б.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Западнo-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

Тирувенгадам М., PhD, Университет Конкук, г. Сеул, Южная Корея.

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Бунин М.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Центральная научная сельскохозяйственная библиотека, г. Москва, Россия.

Гричанов И.Я., доктор биологических наук, доцент, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Пушкин, Россия.

Джалилов Ф.С., доктор биологических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Долженко Т.В., доктор биологических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия.

Драгавцева И.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия, г. Краснодар, Россия.

Зейналов А.С., доктор биологических наук, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия.

Исламгулов Д.Р., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия.

Казахмедов Р.Э., доктор биологических наук, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Дербент, Россия.

Калмыкова Е.В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия.

Никитин С.Н., доктор сельскохозяйственных наук, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцева, г. Ульяновск, Россия.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

Дарвиш А.М.Г., PhD, доцент Научно-исследовательского института возделывания засушливых земель, Город научных исследований и технологических приложений, г. Александрия, Египет.

де Соуза К.К., PhD, Региональный университет Блюменау, г. Блюменау, Бразилия.

Дидманидзе О.Н., доктор технических наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Зенгин Г., PhD, профессор, Сельчукский университет, г. Сельчук-Конья, Турция.

Кузнецова О.А., доктор технических наук, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, г. Москва, Россия.

Миронеску М., доктор технических наук, профессор, Университет Лучиана Блага в Сибиу, г. Сибиу, Румыния.

Саркар Т., PhD, Политехнический институт Мальды, г. Мальда, Индия.

Сложенкина М.И., доктор биологических наук, профессор, чл.-корр. РАН, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия

Смауи С., PhD, Университет Сфакса, г. Сфакс, Тунис.

Фавзи М.М., PhD, профессор, Маврикийский университет, г. Редут, Маврикий.

Хан А., доктор гидромеханики и гидротехники, Университет Кебангсаан Малайзия, г. Банги, Малайзия.

Хан М.У., PhD, Сельскохозяйственный университет Фейсалабад, г. Фейсалабад, Пакистан.

Шехата М.Г.М., PhD, доцент Исследовательского института возделывания засушливых земель, Город научных исследований и технологических приложений, г. Каир, Египет.

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Бабич О.О., доктор технических наук, доцент, Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Россия.

Броханов А.Ю., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Институт агроинженерных и экологических проблем — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург, Россия.

Есимбеков Ж.С., PhD, Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Казахстан.

Зинина О.В., доктор технических наук, доцент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Иванов Ю.Г., доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Ишевский А.Л., доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия.

Калинина И.В., доктор технических наук, доцент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Кузнецова Е.А., доктор технических наук, доцент, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел, Россия.

Максимова С.Н., доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток, Россия.

Мамедов Г.Б., доктор технических наук, профессор, Азербайджанский государственный аграрный университет, г. Гянджа, Азербайджан.

Резниченко И.Ю., доктор технических наук, профессор, Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полежаева, г. Кемерово, Россия

Семёнова А.А., доктор технических наук, профессор, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, г. Москва, Россия

Сибирев А.В., доктор технических наук, профессор, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

Суйчинов А.К., PhD, Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Казахстан.

Третьяк Л.Н., доктор технических наук, доцент, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия.

Трояновская И.П., доктор технических наук, профессор, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

Хатко З.Н., доктор технических наук, доцент, Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп, Россия.

Чернопольская Н.Л., доктор технических наук, доцент, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, г. Омск, Россия.

Эль-Сохайми С.А., PhD, профессор, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

Баутин В.М., доктор экономических наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Гордеев А.В., доктор экономических наук, профессор, академик РАН, г. Москва, Россия.

Гусаков В.Г., доктор экономических наук, профессор, академик Национальной академии наук, г. Минск, Беларусь.

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Алещенко В.В., доктор экономических наук, Институт экономики и организации промышленного производства, г. Новосибирск, Россия.

Бутко Г.П., доктор экономических наук, профессор, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

Головина С.Г., доктор экономических наук, профессор, Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия

Киреева А.А., кандидат экономических наук, Институт экономики, г. Алматы, Казахстан.

Кузьменко В.В., доктор экономических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия.

Пенькова И.В., доктор экономических наук, профессор, Гуманитарный университет профсоюзов, г. С.-Петербург, Россия

Попова Е.В., доктор экономических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

Рамзанов И.А., доктор экономических наук, доцент, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Москва, Россия

Рахматова Р.У., доктор экономических наук, профессор, Университет Туран, г. Астана, Казахстан.

12 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 389, номер 12, 2024

Volume 389, number 12, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© journal «Agrarian science»

© authors

Copyright © 2024 This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially, provided the original work is properly cited and states its license.



DOI журнала 10.32634/0869-8155

The journal is included in the list of leading scientific journals and editions peer-reviewed by Higher Attestation Commission (directive of the Ministry of Education and Science № 21-p by 12 February 2019), in the AGRIS database (Agricultural Research Information System) and in the system of Russian index of scientific citing (RSCI).

Full version is available by the link <http://elibrary.ru>

The journal is a member of the Association of science editors and publishers. Each article is assigned a number Digital Object Identifier (DOI).

Founder: Limited liability company “VIC Animal Health”

Senior editor Kostromicheva I.V.

Executive editor Dolgaya M.N.

Design and layout Antonov S.N.

Proofreader Kuznetsova G.M.

Bibliographer Neroznik D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

Account Manager Teplova A.S.

Legal address: 107053, Russian Federation, Moscow, Sadovaya Spasskaya, 20

Postal address: 109147, Russian Federation, Moscow, 3 Marxistskaya Str., 2 building

Editorial phone +7 (916) 616-05-31
agrovetpress@inbox.ru

Websites: www.vetpress.ru

<https://agrarnayanauka.ru>

Advertising: +7 (927) 155-08-10

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media Certificate PI No. FS 77–76484 dated August 02, 2019. You can subscribe to the journal at any post office.

You can subscribe to the print magazine:

— in the editorial office by phone. +7 (495) 777 67 67, ext. 1453, agrovetpress@inbox.ru

— in the subscription agency Ural-Press Okrug LLC — <https://www.ural-press.ru/catalog/>

Free subscription to the electronic version of the magazine — <https://agrarnayanauka.ru>

Subscription to archived issues and individual articles: — on the website of the Scientific editorial staff

<https://www.vetpress.ru/jour>

— on the website of the Scientific Electronic Library www.elibrary.ru

The circulation of 2000 copies.

Signed in print 04.12.2024

Release date 12.12.2024

The journal is printed in the printing house of LLC “Propechat”: 119618, Moscow, Borovskoye sh., building 2A, bldg. 4, apt. 260

16+

АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

Scientific-theoretical and production journal coming out once a month.

The journal is edited since October 1956, first under the name “Agricultural science's bulletin”. Since 1992 the journal is named “Agrarian science”.

Publisher:

Autonomous non-commercial organisation “Agrarian science” edition”
107053, Russia, Moscow, st. Sadovaya-Spasskaya, 20.

EDITOR-IN-CHIEF

Violin B.V., Candidate of veterinary science, Leading Researcher of All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant — a branch of the Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia

Deputy Editor-in-Chief

Rebezov M.B., Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, V.M. Gorbatov Federal Scientific Center for Food Systems Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

THE EDITORIAL BOARD

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

Abbas R.Z., PhD, Associate Professor, University of Agriculture, Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

Ansori A.N.M., PhD, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.

Fisinin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Farming of the Russian Academy of Sciences, Sergiev Posad, Russia.

Javanmard M., Doctor of Veterinary Medicine, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

Koshchaevev A.G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.

Ombaev A.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production, Almaty, Kazakhstan.

Panin A.N., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.

Podobed L.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine.

Usha B.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.

Vasilevich F.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia.

Yatusevich A.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus.

Yuldashbaev Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

Zaits J., Doctor of Veterinary Sciences, University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Brno, Brno, Czech Republic.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Abdurassulov A.Kh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan.

Abilov A.I., Doctor of Biological Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Moscow Region, Russia.

Aknazarov B.K., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin, Bishkek, Kyrgyzstan.

Aliev A.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Caspian Regional Research Veterinary Institute, Makhachkala, Russia.

Andreeva A.V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

Baimukanov D.A., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, Corresponding member of National Academy of Sciences, Almaty, Kazakhstan.

Bulashev A.K., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan.

Derkho M.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

Gorelik O.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia.

Gritsenko S.A., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

Karynbaev A.K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan.

Kolesnik E.A., Doctor of Biological Sciences, Federal State University of Education, Moscow, Russia.

Kontsevaya S.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia.

Kosilov V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

Krivosnogova A.S., Doctor of Biological Sciences, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Ural Veterinary Research Institute), Yekaterinburg, Russia

Kushaliev K.Zh., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan.

Loretts O.G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia.

Luneva A.V., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

Lysenko Yu.A., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

Mikolaichik I.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

Mironova I.V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

Morozova L.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

Nekrasov R.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russia.

Pozyabin S.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia.

The journal is designed to advance Russian and world agrarian science, promotes innovative technologies' development. Our main goals consist in supporting young scientists, highlight scientific researches and best agricultural practices.

The scientific concept of the publication involves the publication of modern achievements in the agricultural sector, the results of key national and international studies.

The journal “Agrarian Science” contributes to the generalization of practical achievements in the field of agriculture and improves the scientific and practical qualifications in the area.

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

For reprinting of materials the references to the journal are obligatory. The opinions expressed by the authors of published articles may not coincide with those of the editorial team. Advertisers carry responsibility for the content of their advertisements.

Radchikov V.F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific and Practical Center for Animal Husbandry of the National Academy of Sciences of Belarus, Zhodino, Belarus.

Rustamova S.I., PhD, Veterinary Research Institute under the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

Semenov V.G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

Shcherbakov P.N., Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

Sotnikova L.F., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.

Stepanova M.I., Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.

Topuria L.Yu., Doctor of Biological Sciences, Professor, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

AGRONOMY

EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

Godswill N.N., PhD, University of Yaoundé I, Yaounde, Cameroon.

Juraev M.Ya., PhD, Associate Professor, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Andijan, Uzbekistan

Nasiev B.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan.

Thiruvengadam M., PhD, Konkuk University, Seoul, South Korea.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Bunin M.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Central Scientific Agricultural Library, Moscow, Russia.

Dolzhenko T.V., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Saint-Petersburg state agrarian university, Pushkin, St. Petersburg, Russia.

Dragavtseva I.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking, Krasnodar, Russia.

Grichanov I.Ya., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, All-Russian Research Institute of Plant Protection, Pushkin, Russia.

Islamgulov D.R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

Jalilov F.S., Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

Kalmykova E.V., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia.

Kazakhmedov R.E., Doctor of Biological Sciences, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Derbent, Russia.

Nikitin S.N., Doctor of Agricultural Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N. S. Nemtsev, Ulyanovsk, Russia.

Zeynalov A.S., Doctor of Biological Sciences, Federal Scientific Selection and Technological Center for Horticulture and Nursery, Moscow, Russia.

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

Afrasyab Kh., Doctor of Fluid Mechanics and Fluid engineering Machinery, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia.

Darwish A.M.G., PhD, Associate Professor, Arid Lands Cultivation Research Institute, City of Scientific Research and Technological Applications, Alexandria, Egypt.

de Souza K.C., PhD, Blumenau Regional University, Blumenau, Brazil.

Didmanidze O.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

Fawzi M.M., PhD, Professor, University of Mauritius, Reduit, Mauritius.

Khan M.U., PhD, Faisalabad Agricultural University, Faisalabad, Pakistan.

Kuznetsova O.A., Doctor of Technical Sciences, V.M. Gorbachev Federal Scientific Center for Food Systems Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Mironescu M., Doctor in Industrial Engineering, Professor Eng., University Lucian Blaga of Sibiu, Sibiu, Romania.

Sarkar T., PhD, Malda Polytechnic Institute, Malda, India.

Shehata M.G.M., PhD, Associate Professor, Arid Lands Cultivation Research Institute, City of Scientific Research and Technological Applications, Cairo, Egypt.

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia.

Smaoui S., PhD, University of Sfax, Sfax, Tunisia.

Zengin G., PhD, Professor, Selcuk University, Seljuk-Konya, Turkey.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Babich O.O., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

Briukhanov A.Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Agroengineering and Environmental Problems (branch), Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Saint Petersburg, Russia

Chernopolskaya N.L., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.

El-Sohaimy S.A., PhD, Professor, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Ishevsky A.L., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Research University ITMO, St. Petersburg, Russia.

Ivanov Yu.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

Kalinina I.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Khatko Z.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Maikop State Technological University, Maikop, Russia.

Kuznetsova E.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia.

Maksimova S.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia.

Mammadov G.B., Doctor of Technical Sciences, Professor Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan.

Reznichenko I. Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia

Semyonova A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, V.M. Gorbachev Federal Scientific Center for Food Systems Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Sibirev A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal Scientific Agroengineering Center of VIM, Moscow, Russia

Suychinov A.K., PhD, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan.

Tretyak L.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russia.

Troyanovskaya I.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

Yessimbekov Zh.S., PhD, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan.

Zinina O.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

Bautin V.M., Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

Gordeev A.V., Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Gusakov V.G., Doctor of Economics, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Minsk, Belarus.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Aleshchenko V.V., Doctor of Economics, Institute of Economics and Organization of Industrial Production, Novosibirsk, Russia.

Butko G.P., Doctor of Economics, Professor, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

Golovina S.G., Doctor of Economics, Professor, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

Kireeva A.A., Candidate of Economic Sciences, Institute of Economics, Almaty, Kazakhstan.

Kuzmenko V.V., Doctor of Economics, Professor, North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia.

Penkova I.V., Doctor of Economics, Professor, Humanitarian University of Trade Unions, St. Petersburg, Russia

Popova E.V., Doctor of Economics, Professor, I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.

Rakhmetova R.U., Doctor of Economics, Professor, University of Turan, Astana, Kazakhstan.

Ramazanov I.A., Doctor of Economics, Associate Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ПРАКТИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ И РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

НОВОСТИ 12

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ

Отрасль животноводства: итоги, прогнозы, рекомендации	14
Российский рынок ветеринарной фармацевтики наращивает объемы производства на фоне политики импортозамещения	15
Ветеринария России на новом этапе: НПК «Асконт+» отвечает на вызовы времени	16
АПК РФ: достижения и приоритеты развития	18
Аграрный сектор: импортозамещение, тренды и вызовы	19
Сев кукурузы: глубина заделки семян имеет значение	20

ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Эволюция подбора вакцин против низкопатогенного гриппа птиц (H9) в промышленном птицеводстве	22
Мониторинг и контроль межвидовой передачи высокопатогенного гриппа птиц в условиях современного птицеводства	25
Влияние отбора проб на получение достоверных результатов при проведении лабораторных исследований лечебных комбикормов после грануляции	28
Применение блокчейн-технологии для повышения эффективности и прозрачности цепочек поставок в сельском хозяйстве	32

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

ВЕТЕРИНАРИЯ

Коновалова Г.В., Ковешникова Е.И., Новик Т.С., Чукина С.И. Влияние экспериментального заражения личинками <i>Trichinella spiralis</i> и продуктов трихинелл на эмбриональное развитие крыс	35
Бурашев Е.Д., Орынбаев М.Б., Султанкулова К.Т., Омарова З.Д., Тулендибаев А.Б., Аргимбаева Т.У., Аубакир Н.А., Ермакбай Т.Т. Мониторинг распространения вируса гриппа птиц на территории Казахстана	41
Николаев С.В., Бессолицына Е.А. Зараженность северных оленей Ямало-Ненецкого автономного округа возбудителями трансмиссивных заболеваний	45
Смирнова Ю.М., Платонов А.В., Короткий А.Н. Опыт использования болюса для профилактики гипокальцемии у коров в новотельный период	50

ЗООТЕХНИЯ

Кочиш И.И., Мясникова О.В., Мотин М.С. Влияние кормовых добавок отечественного производства на здоровье кишечника кур	58
Бекшенова А.М., Александрова С.С. Влияние препаратов «Бутамакс 200» и «Пропранолол» на продуктивность цыплят-бройлеров	64
Овчинникова Е.К., Судаков Н.Н., Максимюк Н.Н., Морозов М.В. Совершенствование условий содержания и кормления молочных коров	70
Ларкина Т.А., Вахрамеев А.Б., Станишевская О.И., Фёдорова Е.С., Деметьева Н.В., Щербаков Ю.С., Позовникова М.В. Сравнение экстерьерного профиля кур русской белой и царскосельской пород	77
Мазина Г.С., Кузьмин А.А., Йылдырым Е.А. Влияние БАД в весенних подкормках на плодovitость пчелиных маток и медопродуктивность пчелосемей	84
Шаповалов С.О., Бураков Н.П., Корнилова Е.В., Жевнеров А.В., Алтухов Т.Д., Аникина Д.С. Мониторинг качества инкубационного яйца мясных кроссов импортного и отечественного производства	89
Пегливанян Г.К. Прогнозирование живой массы северных оленей с применением регрессионной модели	98
Абдельманова А.С., Форнара М.С., Бакоев Н.Ф., Зиновьева Н.А. Идентификация полиморфизмов локуса BoLA-DRB3.2 в образцах черно-пестрого скота разных временных периодов	104
Джатдоев Х.М., Эркенов Т.А. Полиморфизм некодирующих последовательностей у овец каракаевской породы	109
Эркенов Т.А., Косовский Г.Ю. Подбор полиморфных ДНК-маркеров на основе ретротранспозонов для контроля генетических структур каракаевской лошади	113

АГРОНОМИЯ

Лапенко Н.Г., Хонина О.В., Старостина М.А. Обзор вопросов сохранения степных экосистем	117
Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Почвы наиболее продуктивных сельскохозяйственных земель Иркутской области: картографирование, использование, оценка современного состояния	125
Пастухова А.М. Оценка полиморфности по росту полусибирского потомства сосны кедровой сибирской 19-летнего биологического возраста	133
Калмыкова Е.В., Кузьмин П.А., Лушников Е.С., Крылов П.А. Генотипирование родового комплекса <i>Caragana</i> , произрастающего на территориях с аридным климатом, с применением ISSR-маркеров	140
Кожевников В.И., Селиверстова Е.Н., Щегринцев Н.В., Кожевников А.В. Итоги селекционной работы с астрой однолетней в Ставропольском ботаническом саду	145

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Воронина О.А. Множественные регрессионные модели для оценки содержания Zn в молоке коров	153
Костенко К.В., Блинов А.В., Пойдун Ф.А., Пирогов М.А., Серов А.М., Ребезов М.Б. Функциональный напиток на основе восстановленной сухой молочной сыворотки и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента — цинка	158
Kuznetsova E.A., Rebezov M.B., Kuznetsova E.A., Nasrullaeva G.M. Study of Changes in Antioxidant Activity, Microstructure, and Mineral Composition of Nadir Wheat Grain During Preparation for Whole Grain Bread Production	166

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Головина С.Г., Кузнецова А.Р., Хайруллин М.Ф. Продовольственная безопасность: угрозы, вызовы, возможности	173
Трешкин И.А., Рабинович Г.Ю. Оценка экономической эффективности применения новых органомикроэлементных комплексов в звене зернотравяного севооборота	182

ИСТОРИЯ

История одного события на Дальнем Востоке	188
---	-----

Новости из ФГБУ ЦНСХБ	191
-----------------------------	-----

CONTENTS

INFORMATIONAL, PRACTICAL, ANALYTICAL AND ADVERTISING MATERIALS

NEWS 12

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Livestock industry: results, forecasts, recommendations 14

The Russian veterinary pharmaceutical market is increasing production volumes 15

Russian veterinary science is at a new stage: NPK Askont+ responds to the challenges of the time 16

Agro-industrial complex of the Russian Federation: achievements and development priorities 18

Agricultural sector: import substitution, trends and challenges 19

Sowing Corn: Seeding Depth Matters 20

FROM THEORY TO PRACTICE

Evolution of Low Pathogenic Avian Influenza (H9) Vaccine Selection in Industrial Poultry Farming 22

Monitoring and Control of Interspecies Transmission of Highly Pathogenic Avian Influenza in Modern Poultry Farming 25

The Impact of Sampling on Obtaining Reliable Results in Laboratory Studies of Medicated Compound Feeds after Granulation 28

Using Blockchain Technology to Improve the Efficiency and Transparency of Agricultural Supply Chains 32

SCIENTIFIC ARTICLES

VETERINARY MEDICINE

Konovalova G.V., Koveshnikova E.I., Novik T.S., Chukina S.I. Effects of experimental infection with *Trichinella spiralis* larvae and *Trichinella* products on embryonic development of rats 35

Burashev Y.D., Orynbayev M.B., Sultankulova K.T., Omarova Z.D., Tulendibayev A.B., Argimbayeva T.U., Aubakir N.A., Yermekbay T.T. Monitoring the spread of avian influenza virus in Kazakhstan 41

Nikolaev S.V., Bessolitsyna E.A. Infection of reindeer of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug with pathogens of vector-borne diseases 45

Smirnova Yu.M., Platonov A.V., Korotkiy A.N. Experience of using the bolus for preventing hypocalcemia of cows in the fresh period 50

ZOOTECHNICS

Kochish I.I., Myasnikova O.V., Motin M.S. The effect of feed additives of domestic production on the intestinal health of laying hens 58

Bekshenova A.M., Aleksandrova S.S. The effect of "Butamax 200" and "Propranolol" on the productivity of broiler chickens 64

Ovchinnikova E.K., Sudakov N.N., Maksimiyuk N.N., Morozov M.V. Improving the conditions of keeping and feeding dairy cows 70

Larkina T.A., Vakhrameev A.B., Stanishevskaya O.I., Fedorova E.S., Dementieva N.V., Shcherbakov Yu.S., Pozovnikova M.V. Comparison of the exterior profile of the Russian White and Tsarskoye Selo chicken breeds 77

Mazina G.S., Kuzmin A.A., Yildirim E.A. The effect of dietary supplements in spring top dressing on the fertility of queen bees and honey productivity of bee colonies 84

Shapovalov S.O., Buryakov N.P., Kornilova E.V., Zhevnerov A.V., Anikina D. S., Altukhov T.D. Monitoring the quality of incubation eggs of meat crosses of imported and domestic production 89

Peglivanyan G.K. Forecasting the live weight of reindeer using a regression model 98

Abdelmanova A.S., Fornara M.S., Bakoev N.F., Zinovieva N.A. Identification of polymorphisms of the BoLA-DRB3.2 locus in samples of black-and-white cattle from different time periods 104

Dzhatdov K.M., Erkenov T.A. Polymorphism of non-coding sequences in Karachai sheep 109

Erkenov T.A., Kosovsky G.Yu. Selection of polymorphic DNA-markers based on retrotransposons for the control of genetic structures of the Karachai horse 113

AGRONOMY

Lapenko N.G., Honina O.V., Starostina M.A. Overview of issues of conservation of steppe ecosystems 117

Belozertseva I.A., Lopatina D.N. Soils of the most productive agricultural lands of the Irkutsk region: mapping, use, assessment of the current stat 125

Pastukhova A.M. Assessment of polymorphism by growth of half-sibs *Pinus sibirica* Du Tour offspring of 19-year-old biological age 133

Kalmykova E.V., Kuzmin P.A., Lushnikova E.S., Krylov P.A. Genotyping of the generic complex Caragana, growing in areas with an arid climate, using ISSR markers 140

Kozhevnikov V.I., Seliverstova E.N., Schegrinets N.V., Kozhevnikov A.V. Results of selection work with *Callistephus chinensis* in the Stavropol Botanical Garden 145

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Voronina O.A. Multiple regression models for estimating the Zn content in cow's milk 153

Kostenko K.V., Blinov A.V., Poydun F.A., Pirogov M.A., Serov A.M., Rebezov A.B. A functional drink based on reconstituted whey powder and a triple chelate complex of the essential trace element — zinc 158

Kuznetsova E.A., Rebezov M.B., Kuznetsova E.A., Nasrullaeva G.M. Study of Changes in Antioxidant Activity, Microstructure, and Mineral Composition of Nadir Wheat Grain During Preparation for Whole Grain Bread Production 166

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Golovina S.G., Kuznetsova A.R., Khayrullin M.F. Food security: threats, challenges, opportunities 173

Treshkin I.A., Rabinovich G.Yu. Assessment of the economic effectiveness of use of new organ-microelement complexes in the grain-herbs crope rotation 182

HISTORY

The history of one event in the Far East 188

News from the Central Scientific Agricultural Library 191

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ, АВТОРЫ, ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ, ПАРТНЕРЫ, КОЛЛЕГИ И ДРУЗЬЯ «АГРАРНОЙ НАУКИ»!

Сердечно поздравляю вас с наступающими, любимыми многими праздниками — Новым годом и Рождеством!

Благодарю вас за то, что стойко и целеустремленно вы своим трудом и знаниями поддерживаете и совершенствуете АПК России и отечественную науку. Несмотря на многочисленные трудности и вызовы последних лет, вы уверенно реализуете новые сложные проекты и добиваетесь впечатляющих успехов. Это вселяет оптимизм и надежду.

Пусть 2025 год будет полон ярких событий, вдохновения и побед. Исследуйте, творите, дерзайте и достигайте!

Желаю вам чудесно отдохнуть в эти зимние каникулы в кругу родных и близких, в радости и гармонии!

*Главный редактор журнала «Аграрная наука»
Борис Викторович Виолин*



ООО «Альгимед»

Уважаемые партнеры!

С Новым годом!

Для нас 2024 год стал юбилейным. «Альгимед» отметил свое 20-летие. За эти годы мы стали надежным партнером для производственных, ветеринарных, медицинских лабораторий, НИИ и агрохолдингов, предлагая комплексное оснащение лабораторий под ключ. Мы гордимся своими разработками тест-систем и высокоточного оборудования. В 2024 году мы получили РУ на первый масс-спектрометр «АЛМАСС Био» отечественного производства. Мы надеемся, что уходящий год принес вам отличные результаты и вы достигли поставленных целей.

Хотим пожелать всем представителям АПК в новом году укреплять свои позиции на рынке. Обеспечение продовольственной безопасности — это ключевая задача для страны. Так пусть каждый ваш шаг ведет к успеху, а вклад в развитие сельского хозяйства приносит радость и удовлетворение от вашего труда. Пусть 2025 год станет годом новых возможностей и процветания!



Компании «Агровит»

Уважаемые коллеги и партнеры!

Примите сердечные поздравления с наступающим Новым годом и пожелания дальнейшей успешной работы во имя нашей общей цели — укрепления российского АПК, крестьянства и фермерства. Уходящий год был для нашей компании насыщенным и плодотворным, отмечен расширением фирменных торговых линеек (ФАС, ЭФА, «Рябушка», пропиленгликоли, кормовая ракушка) и выпуском новых кормовых добавок — БВМК для птицы и высокопродуктивных коров.

Желаем нашим коллегам и единомышленникам достойного преодоления всех трудностей, новых перспектив развития, новых планов, интересных проектов и возможностей для их воплощения. Крепкого здоровья, семейного счастья и процветания вам и всем, кто вам дорог!

Директор производственной компании «Агровит»
М. Федотов



ООО «Сингента»



Уважаемые партнеры, коллеги!

От всей души поздравляю с праздником и желаю всего наилучшего.

Пусть новый 2025 год порадует успешными начинаниями, самыми высокими результатами и максимальной прибылью. А мы продолжим быть рядом и поддерживать вас на этом пути.

С благодарностью за сотрудничество и доверие,

Директор ООО «Сингента»
П. Крестьяников



«Агроплем»



Дорогие коллеги, партнеры и друзья!

С огромной радостью от лица «Агроплема» поздравляю вас с наступающим Новым годом!

Этот праздник — время надежд, начинаний и светлых перспектив. Несмотря на все испытания и изменения, которые мы пережили в последние годы, мы вместе продолжаем двигаться вперед, и у нас есть все основания для оптимизма. Новый год приносит с собой новые возможности. Ваша целеустремленность и ваш профессионализм способствуют тому, чтобы мы справлялись с любыми вызовами и обеспечивали продовольственную безопасность нашей страны. Огромное спасибо всем труженикам АПК за честный и существенный вклад. Вместе мы создаем будущее, в котором качество и надежность продукции стоят на первом месте.

В новом году желаем вам крепкой веры, единства, здоровья, мира и благополучия.

Генеральный директор «Агроплем»
Р. Павленко



ООО «НПК «Асконт+»

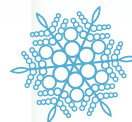
Уважаемые коллеги, партнеры и друзья!

С наступающим Новым годом!

2024 год для компании «Асконт+» стал временем активного роста и развития. Наши новые препараты не только расширили ассортимент, но и улучшили здоровье и продуктивность животных, о которых мы заботимся. Ваше доверие и ваша поддержка вдохновляют нас на новые свершения. Мы искренне благодарим каждого из вас за профессионализм и преданность делу.

Пусть новый год принесет вам здоровье, счастье и процветание. Давайте вместе достигать новых высот и делать наш бизнес еще успешнее!

ООО «НПК «Асконт+»



**Компания
АО «Щёлково Агрохим»**



**ЩЕЛКОВО
АГРОХИМ**

Дорогие коллеги, партнеры, друзья!

Примите самые искренние поздравления с наступающим Новым годом и Рождеством!

Новый год — это не просто начало календаря, это новые надежды, успехи и победы. Пусть каждый новый день будет наполнен долгожданными встречами, радостными событиями, яркими путешествиями, незабываемыми эмоциями. Крепкого здоровья вам и дорогим для вас людям, терпения, счастья, благополучия, успехов в делах, роста и процветания. Пусть следующий год станет стартовой площадкой для новых взлетов, достижений, открытий и побед, а компания «Щёлково Агрохим» будет рядом с вами как добрый и надежный друг.

Всего наилучшего вам в новом году!

*Генеральный директор «Щёлково Агрохим»
С. Каракотов*

helicon

ООО «Компания Хеликон»

Уважаемые коллеги и партнеры!

Поздравляем вас с наступающим Новым годом и Рождеством!

Желаем вам счастья и успехов во всех начинаниях, семейного благополучия и крепкого здоровья, неисчерпаемой энергии и плодотворной работы. Пусть продукция нашей компании, предназначенная для оснащения селекционных лабораторий, поможет вам в создании лучших сортов растений и уникальных пород животных и в успешном решении трудных производственных задач.

*Генеральный директор ООО «Компания Хеликон»
А. Смирнов*



АГРОБАЛТ ТРЕЙД®
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

ООО «АгроБалт трейд»

Уважаемые партнеры, коллеги и клиенты!

Поздравляем вас с новым, 2025 годом! Благодарим за сотрудничество и надеемся на его продолжение. Желаем приятного совместного путешествия длиной в 365 дней с добрыми новостями и прекрасными впечатлениями, с новыми идеями, азартом и вдохновением! Здоровья всем!

*Генеральный директор ООО «АгроБалт трейд»
В. Трубочков*



DOZA AGRO
комбикормовые заводы

ООО «Доза-Агро»

Дорогие друзья, коллеги и партнеры!

От всей души поздравляю вас с наступающим Новым годом и Рождеством!

Пусть 2025 год станет временем добрых свершений, созидательного труда на благо нашей Родины, принесет удачу и стабильность. Желаю вам и вашим близким крепкого здоровья, душевного спокойствия и уверенности в завтрашнем дне.

*Генеральный директор ООО «Доза-Агро»
А. Сергеев*



ЭФКО
ГРУППА КОМПАНИЙ

ГК «ЭФКО»

Уважаемые партнеры, коллеги и друзья!

Поздравляем вас с наступающим Новым годом!

Сегодня мы подводим итоги, оцениваем результаты уходящего года и тепло вспоминаем его самые яркие моменты. Это отличное время ставить новые цели, заряжаться энергией и оптимизмом для их достижения. Наши планы на новый год полны надежд и смелых амбиций. Желаем, чтобы каждый шаг вперед в новом году был полон энтузиазма, решительности и радости. Пусть всегда рядом будут близкие и друзья, чья любовь и вера в вас придадут сил и уверенности в любом начинании.

Здоровья вам, неисчерпаемых сил и успеха в новом году!

*Директор дивизиона эффективных кормов ГК «ЭФКО»
И. Первых*



**ФГБНУ ФИЦ ВИЖ
им. Л.К. Эрнста**

**Дорогие читатели, коллеги
и партнеры!**

Примите самые искренние поздравления с наступающим Новым годом!

В такой радостный период принято подводить итоги, ставить новые цели и загадывать желания на будущее. Уходящий год принес нам немало испытаний, которые мы с успехом преодолели, и множество побед, которые позволяют смотреть в будущее с оптимизмом. Желаем только успехов и верных маршрутов, твердости характера, практичности и осмысленности в принятии решений. Пусть ваши мечты сбываются, а верными помощниками в их воплощении станут коллеги и друзья.

Пусть удача сопутствуют всем нам!

*Директор ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, академик РАН
Н. Зиновьева*



Компания «БОНАКА»

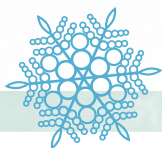


Дорогие друзья!

Новый год для каждого из нас — это время новых возможностей и новых надежд. Надежд начать жизнь с чистого листа и пойти в спортзал, меньше есть и больше спать, наладить отношения с близкими и найти свою любовь, закончить наконец проект и получить заслуженное повышение.

Мы желаем вам в новом году осуществить всё задуманное, поставить новые, не менее амбициозные цели и смело идти к ним. Пусть судьба будет к вам благосклонна, удивляет и радует неожиданными подарками и дарит много счастливых моментов.

С Новым годом!



**ВНИИ генетики и разведения
сельскохозяйственных животных —
филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ
им. Л.К. Эрнста**



Дорогие коллеги, друзья и партнеры!

От всей души поздравляем вас с Новым годом! Желаем вам активной жизненной позиции, благополучия во всех сферах деятельности, самого лучшего и достойного окружения, гармонии в душе. Пусть ощущение внутренней уверенности и силы с каждым днем только увеличивается.

Удачи во всех делах!

Коллектив ВНИИГРЖ

AMARION

ООО НПХ «АмарантАгро»



Дорогие друзья!

От всего коллектива научно-производственного холдинга «АмарантАгро» примите искренние поздравления с наступающим Новым годом и светлым праздником Рождества Христова!

2024 год стал для нас знаковым: мы ввели в эксплуатацию первый в России инновационный завод по глубокой переработке амаранта в Воронеже. Рады предложить для вас линейку вкусных и полезных для здоровья продуктов функционального питания на основе зерна амаранта. Пусть светлые зимние праздники принесут вам и вашим близким радость и подарят отличное настроение, а наступающий год предоставит возможности для воплощения задуманного и достижения поставленных целей.

Председатель совета директоров НПХ «АмарантАгро»

О. Шарыкин



ORGANIC LOGOS

ООО «ОРГАНИК ЛОГОС»

Дорогие партнеры, коллеги, друзья!

Поздравляем вас с наступающим Новым годом!

Этот праздник символизирует начало нового этапа, полного надежд и перспектив. Для нашей биотехнологической компании каждый новый год — это возможность сделать шаг вперед, внедрить инновации и достичь новых высот для развития агропрома России. Мы рады, что вы остаетесь с нами на протяжении всего пути развития. Вместе мы создаем будущее, где наука и технологии открывают двери к здоровью и эффективности земледелия и животноводства, к благополучию и прогрессу. Наши достижения стали возможны благодаря вашему доверию и поддержке. В новом году желаем вам вдохновения, энергии и успеха в реализации самых амбициозных проектов. Пусть ваши мечты сбудутся, а каждый день приносит радость и удовлетворение от проделанной работы.

Счастья, здоровья и благополучия вам и вашим близким в новом году!

Коллектив ООО «ОРГАНИК ЛОГОС»



БИОТРОФ

НПК «БИОТРОФ»

**Уважаемые коллеги и партнеры!
Дорогие друзья!**

Руководство и коллектив НПК «БИОТРОФ» от всей души поздравляют вас с наступающим Новым годом!

Подводя итоги уходящего года, хочется отметить, что он оказался для нашей компании очень успешным. И этот успех не просто благоприятное стечение обстоятельств, а результат многолетней работы высококвалифицированных специалистов. На Петербургском международном экономическом форуме было подписано инвестиционное соглашение между губернатором Ленинградской области А.Ю. Дрозденко и директором НПК «БИОТРОФ» Г.Ю. Лаптевым. Итогом явилось строительство в Ленинградской области современного высокотехнологичного комплекса площадью 6000 кв. м по производству натуральных кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и силосных заквасок.

Искренне желаем крепкого здоровья и новых трудовых свершений!

Руководство и коллектив НПК «БИОТРОФ»

НА ЛЬГОТНЫЕ КРЕДИТЫ АГРАРИЯМ ДОПОЛНИТЕЛЬНО ВЫДЕЛЯТ БОЛЕЕ 30 МЛРД РУБЛЕЙ

Из резервного фонда Правительства РФ на поддержку программы льготного кредитования сельхозтоваропроизводителей будут дополнительно направлены более 30 млрд рублей. Такое распоряжение подписал премьер-министр России М. Мишустин, информирует официальный сайт кабмина.

Как отмечено в сообщении, выделенные средства пойдут на субсидирование не менее 50 тыс. кредитов, которые ранее были предоставлены предприятиям АПК на производство и переработку сельхозпродукции.

Необходимость дофинансирования связана с повышением ключевой ставки ЦБ РФ до 21%. Это позволит сохранить для заемщиков льготную ставку, пояснили в кабмине.

(Источник: Официальный сайт Правительства России)



ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИНДЕЙКОВОДЫ НАРАЩИВАЮТ ОБЪЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА ИНДЕЙКИ

Производство мяса индейки в РФ по итогам 2024 года увеличится на 3% (до 435 тыс. т) по сравнению с 2023-м, сообщает ТАСС со ссылкой на Минсельхоз России.

По информации ведомства, согласно данным Национальной ассоциации производителей индейки, по предприятиям была осуществлена посадка птицы на выращивание, которая должна позволить выпустить еще 112 тыс. т продукции.

В настоящее время для производителей индейки в России доступны меры господдержки, включающие предоставление льготных кредитов, компенсацию части прямых понесенных затрат на строительство и (или) модернизацию птицеводческих репродукторов племенной птицы, отметили в министерстве.



ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ УЧЕНЫЕ РАЗРАБАТЫВАЮТ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СОИ, БЕЗОПАСНЫЕ ДЛЯ ПОЧВЫ

Совместное исследование по изучению обработки семян сои различными комбинациями фунгицидов и инокулянтов с целью повышения ее урожайности провели ученые ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН и ФНЦ Агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, сообщили в ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН.

Соя, отметили ученые, — одна из основных культур, выращиваемых в мире. На долю РФ приходится 1,5% мирового объема, а на ДФО — порядка 40% всего урожая сои в стране. В задачах агропроизводства — увеличение объемов урожая культуры с единицы площади и при этом сохранение плодородия почв для длительного и непрерывного использования сельскохозяйственных угодий. В результате работы исследователям удалось подобрать оптимальное сочетание фунгицидов — веществ, предназначенных для борьбы с болезнями растений, и инокулянтов — препаратов, содержащих живые культуры полезных для растений микроорганизмов, при которых как количество корневых клубеньков, так и урожайность сои были максимальными.

Выяснилось, что эффективность предпосевной обработки семян сои инокулянтом повышается при совместном применении с гуматом калия. Негативным последствием такой обработки, по мнению ученых, стало снижение содержания гумуса (вызванное усилением процессов минерализации органического вещества микрофлорой). Сохранить его на прежнем уровне поможет внесение в почву органических удобрений.

СОЗДАННОЕ УЧЕНЫМИ КРЫМА УСТРОЙСТВО ЗАЩИТИТ ВИНОГРАД ОТ ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Крымские ученые запатентовали устройство для защиты растений, в том числе винограда, ультрафиолетовым излучением, сообщила пресс-служба Минобрнауки России. Это первая российская разработка в области сельхозмашиностроения, предназначенная для борьбы с грибковыми заболеваниями растений с помощью УФ-излучения, уточнили в ведомстве.

Отмечается, что устройство, созданное в ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (ФГБУН НИИСХ Крыма), разработано для использования на местных плантациях винограда, поскольку одна из наиболее частых причин его болезней — заражение болезнетворными грибами.

УФ-излучение, попадая на грибковые патогены, вызывает непоправимое повреждение их ДНК, что впоследствии приводит к их гибели (для растения доза излучения абсолютно безопасна). «Так и достигается заявленный эффект», — пояснил один из авторов разработки, заведующий отделом механизации производства и разработки новых образцов техники ФГБУН НИИСХ Крыма И. Соболевский. «Мы исключили повреждение стеблей растений при движении излучателя в процессе обработки», — добавил он.

Российская разработка выгодно отличается от зарубежных аналогов наличием системы охлаждения и защиты от внешних воздействий (капель воды и посторонних предметов). Это существенно повышает ее эксплуатационную надежность, пояснили в Минобрнауки.

Подпишитесь
на наш
Telegram-канал!





ЛИЗУНЦЫ И БРИКЕТЫ ДЛЯ КОРОВ И ТЕЛЯТ

ПИТАТЕЛЬНЫЙ ФОСФОРНО-КАЛЬЦИЕВЫЙ БРИКЕТ-ЛИЗУНЕЦ



ИЗГОТОВЛЕН ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ
БЕЗ ГОРМОНОВ, АНТИБИОТИКОВ И ДРУГИХ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

- ✓ **Р** Фосфор
ФОСФОР ОБЕСПЕЧИВАЕТ РОЖДЕНИЕ КРЕПКОГО ЖИЗНЕСПОСОБНОГО ПОТОМСТВА, АКТИВНЫЙ РОСТ И РАЗВИТИЕ МОЛОДНЯКА
- ✓ **Ca** Кальций + **vit D3**
КАЛЬЦИЙ С ВИТАМИНОМ D3 ФОРМИРУЕТ КОСТНУЮ И МЫШЕЧНУЮ ТКАНЬ, ПРЕДУПРЕЖДАЕТ ОСТЕОМАЛЯЦИЮ И ОСТЕОПОРОЗ
- ✓ **Na** Натрий
НАТРИЙ УЛУЧШАЕТ ПИЩЕВАРЕНИЕ, ПОЕДАЕМОСТЬ И УСВОЯЕМОСТЬ КОРМОВ, СТИМУЛИРУЕТ ВЫРАБОТКУ СЛЮНЫ
- ✓ **S** Сера, **Mg** Магний, **Zn** Цинк, **Cu** Медь, **Co** Кобальт, **I** Йод, **Se** Селен
МИНЕРАЛЫ (СЕРА, МАГНИЙ, ЦИНК, МЕДЬ, КОБАЛЬТ, ЙОД, СЕЛЕН) ПОДДЕРЖИВАЮТ НА СТАБИЛЬНО ВЫСОКОМ УРОВНЕ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ИММУНИТЕТ
- ✓ **САХАРНАЯ МЕЛАССА** АКТИВИЗИРУЕТ КИШЕЧНУЮ МИКРОФЛОРУ



ООО "Агровит" - АО "Капитал-ПРОК"



8-800-200-3-888



agrovit87.ru, prok.ru



Наша продукция на маркетплейсах:



реклама

АО «КАПИТАЛ-ПРОК», 143909, МО, г. Балашиха ул. Звездная д. 7, к. 1, ОГРН 1027739559836

ОТРАСЛЬ ЖИВОТНОВОДСТВА: ИТОГИ, ПРОГНОЗЫ, РЕКОМЕНДАЦИИ

Ключевые тренды, вызовы и перспективы отрасли обсудили участники Международной конференции «Лидеры АПК. Технологии будущего в животноводстве», прошедшей 23 октября в Сочи («Сириус») в рамках II Международного сельскохозяйственного конгресса AsiaExpo-2024.



Как отметил, выступая на конференции, генеральный директор Национального союза производителей молока (Союзмолоко) А. Белов, произошедший в России в 2023–2024 гг. (впервые за последние 10 лет) рост реально располагаемых доходов населения, способствующий повышению совокупного спроса, стал главным драйвером развития в целом сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности. Сложившаяся ситуация, добавил он, крайне позитивно сказалась и на отрасли молочного животноводства.

В презентации докладчик обозначил актуальные тренды молочного рынка, определяющие развитие отрасли в 2024-м и, предположительно, в 2025 году:

1) спрос опережает предложения (спрос на молочную продукцию в текущем году растет существенно быстрее объемов производства товарного молока);

2) молочная продукция остается дефлятором (продовольственная инфляция в 2023–2024 гг. существенно превышает темпы роста розничных цен на молочную продукцию);

3) себестоимость растет быстрее цен (себестоимость производства молочной продукции растет быстрее цен реализации, в сырьевом секторе цены догоняют рост себестоимости).

«До конца 2024 года ситуация может измениться», — заметил он.

Руководитель Центра агроаналитики Минсельхоза России Д. Авельцов представил положение дел на мировом рынке молока и молочной продукции. Согласно его данным, мировое производство молока и молочных продуктов в 2024 году приближается к

1 млрд т. На текущий момент оно оценивается ФАО в 979 млн т (доля России в мировом объеме производства 3,5%) среди таких крупнейших производителей, как Индия, ЕС, США, Пакистан, КНР, Бразилия и РФ, с ежегодным приростом в 34,1 млн т, сообщил спикер. «Потребление молочных продуктов, оставаясь стабильным, продолжает расти, в том числе по продукции блока переработки. У России имеется потенциал для увеличения как самообеспеченности молочной продукции (на текущий момент самообеспеченность РФ молочной продукцией составляет порядка 83–85%), так и расширения присутствия на международном рынке», — отметил он.

Исполнительный директор ГК ВИК С. Каспарьянц заострил внимание на прогнозируемом к 2030 году удвоении российского рынка ветеринарных препаратов — до 178,6 млрд руб. с НДС. В 2023 году уже произошел существенный рост. Объем рынка увеличился практически на 40% по сравнению с предшествующим годом, отметил он.

В рамках быстро меняющихся реалий ГК ВИК активно развивает четыре стратегических направления, которые включают производство стерильных суспензионных препаратов, новую производственную площадку по выпуску кокцидиостатиков и новое направление деятельности — производство вакцин «Иммуновакс», а также импортозамещение в сфере продукции для мелких домашних животных, сообщил спикер. По его данным, к 2027 году отечественный рынок ветеринарных препаратов сможет увеличить импортонезависимость в сегменте фармацевтических продуктов до 70%, по вакцинам — до 61%.

Основным достижением мясной отрасли стало освобождение от импортозависимости. За последние 20 лет в России импорт мяса и мясoproductов сократился более чем в 4 раза, а экспорт увеличился более чем в 20 раз. Сейчас наша страна — устойчивый нетто-экспортер мяса, сообщил руководитель Национальной мясной ассоциации С. Юшин. При этом, уточнил он, за указанный период потребление мяса и мясoproductов в стране выросло в 1,5 раза, а мяса птицы и свинины — в 2,7 раза.

В настоящее время в мировом рейтинге РФ располагается на 4-м месте по производству свинины и мяса птицы, на 2-м — по производству индейки и входит в топ-10 производителей говядины, проинформировал эксперт.

По экспертному прогнозу, представленному генеральным директором Meatinfo.ru С. Павлюченко, в будущем году экспорт российской говядины продолжит расти и, прибавив относительно 2024 года более 25%, составит 51,5 тыс. т, тогда как объем ее производства практически не увеличится.

Что касается цен, то ожидается, что в следующем году они прибавят порядка 4–5%. В конце 2024-го и начале 2025 года их рост несколько замедлится (прогнозируется даже незначительное снижение), а во второй половине 2025 года начнется ускорение, сообщил он. При этом российская говядина останется конкурентоспособной на международном рынке благодаря государственной поддержке аграрного сектора и более низкой цене на производство, заключил аналитик.

Ю.Г. Седова

РОССИЙСКИЙ РЫНОК ВЕТЕРИНАРНОЙ ФАРМАЦЕВТИКИ НАРАЩИВАЕТ ОБЪЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА НА ФОНЕ ПОЛИТИКИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

14 ноября в Москве на площадке Торгово-промышленной палаты РФ состоялась встреча российских производителей лекарственных средств для ветеринарии с представителями зарубежных дипломатических миссий, открыв цикл мероприятий в рамках подготовки Международной выставки-форума AGROBRICS+, которая пройдет 28–30 апреля 2025 года в ЦВК «Экспоцентр».

Сегодня, с учетом современной геополитической ситуации и глобальной экономической повестки, сотрудничество в рамках БРИКС приобретает особое значение, отметил в приветственном слове к участникам первый заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию С. Митин. Он сделал акцент на высоком потенциале стран объединения в формировании рынков АПК, развитии сельхозсектора и обеспечении продовольственной безопасности. «БРИКС — это суперсила мирового аграрного рынка», — заявил сенатор.

В настоящее время, напомнил он, страны БРИКС занимают свыше 30% сельскохозяйственных угодий в мире, отвечают за более чем 40% мирового производства зерновых культур и мяса, производят около 40% молочной продукции и больше 50% рыбы и морепродуктов. В частности, в сезоне 2023/24, согласно данным Союза экспортеров зерна, на страны объединения пришлось 36% мирового экспорта риса, 30% — кукурузы, 28% — пшеницы. Эти показатели определяют роль государств-участников как одну из ведущих в решении проблемы голода в мире, отметил законодатель, выделив значимый вклад Российской Федерации в укрепление глобальной продовольственной безопасности.

Ключ к мировой продовольственной безопасности — здоровье животных, в связи с этим необходимо постоянное совершенствование государственной политики, в том числе в странах БРИКС, в области ветеринарии, в сфере наращивания производства современных высокоэффективных лекарственных препаратов, резюмировал он. Парламентарий констатировал интенсивное развитие в последние годы (вследствие систематического



импортозамещения), производства ветпрепаратов в России. Он сообщил, что, по информации федерального Минсельхоза, в этом году 97 российских производителей ветеринарных препаратов зарегистрировали свыше 2300 ветпрепаратов, из них около 65% — отечественного производства. «У наших стран, входящих в систему БРИКС, в этом направлении значительный потенциал. Мы можем не только наращивать объемы взаимных поставок тех или иных препаратов, но и сотрудничать в проведении научных исследований, в области разработок и внедрения инновационного оборудования для повышения эффективности производства, создавать интеграционные логистические, распределительные и дистрибьюторские центры», — сказал сенатор. Отметив значимость прямых контактов между производителями и потенциальными покупателями из стран БРИКС+, он пожелал участникам плодотворной работы для расширения рынков сбыта для продукции российских производителей.

В мероприятии приняли участие представители крупнейших российских производителей ветеринарных препаратов, имеющих опыт поставок за рубеж, дипломатические делегации из 14 стран: Бангладеш, Бразилии, Зимбабве, Индии, Кубы, Кувейта, Малайзии, Нигерии,

Пакистана, Сирии, Туниса, Шри-Ланки, Эфиопии, ЮАР. Выразив благодарность Торгово-промышленной палате РФ за организацию встречи, модератор заседания, член рабочей группы Делового совета БРИКС по агробизнесу, директор Международной выставки-форума AGROBRICS+, член Комитета ТПП РФ по развитию АПК Ю. Кацнельсон заострил внимание на важности взаимодействия, прямого общения российских производителей ветеринарных препаратов с представителями иностранных государств.

Исполнительный директор ГК ВИК С. Каспарьянц в своем докладе отметил стремительные и масштабные изменения отечественного рынка ветеринарной фармацевтики, произошедшие благодаря приоритетному курсу на импортонезависимость. Так, в 2023 году емкость российского рынка лекарств для животных составила 97,7 млрд руб. с НДС (в 2022-м — 71,0 млрд руб. с НДС), а к 2030 году прогнозируется удвоение этого показателя до 178,6 млрд руб. с НДС, проинформировал он. «Задача отечественных производителей ветеринарной фармацевтики в современных условиях — обеспечить достижение импортонезависимости отрасли в максимально короткие сроки», — заключил эксперт.

Ю.Г. Седова

ВЕТЕРИНАРИЯ РОССИИ НА НОВОМ ЭТАПЕ: НПК «АСКОНТ+» ОТВЕЧАЕТ НА ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ

Уход западных производителей ветеринарных препаратов с российского рынка стал серьезным испытанием не только для владельцев сельскохозяйственных животных, но и для индустрии в целом. Запасы привычных лекарств быстро исчерпались, а новые поставки не осуществлялись. Таким образом, вопрос о том, чем заменить исчезнувшие препараты, стал крайне актуальным.

В этом контексте НПК «Асконт+» проявила себя как лидер, приняв вызов и активно развивая собственную продуктовую линейку. В 2024 году команда компании разработала и выпустила на рынок уникальные препараты, призванные помочь ветеринарным специалистам в борьбе с заболеваниями высокопродуктивных животных.

Одним из значимых достижений компании стал **Паробакт 70** — первый отечественный аминокозидный антибиотик на основе паромомицина. Он продемонстрировал свою эффективность в профилактике и лечении желудочно-кишечных заболеваний бактериальной этиологии, особенно колибактериоза и криптоспориديоза. С момента своего появления **Паробакт 70** был признан ветеринарной общественностью как высокоэффективный и незаменимый препарат для сельскохозяйственных животных.

Рост продуктивности животных существенно увеличивает нагрузку на ветеринарную службу хозяйств, что диктует необходимость выбора



эффективных препаратов, способных быстро решать возникающие проблемы. В результате обсуждений с ветеринарами из разных регионов России НПК «Асконт+» представила высококонцентрированный антибактериальный препарат **Энрамакс 200**. Этот мощный препарат обладает широким спектром действия и позволяет значительно сократить количество инъекций, тем самым уменьшая стресс для животных и ускоряя сроки выздоровления.

Не менее значимым является и комбинированный антибактериальный препарат **Азитрикам 200**. Благодаря тому, что в его состав входят азитромицин (активный против грамположительных и грамотрицательных бактерий) и микоплазм, а также мелоксикам, обладающий противовоспалительным и жаропонижающим свойством, данный препарат демонстрирует селективное и эффективное действие, что делает его незаменимым в арсенале ветеринаров.

Так как в современных условиях успешная работа любого животноводческого хозяйства немаловажна

без схем синхронизации, в 2024 году НПК «Асконт+» расширила линейку своих гормональных препаратов, выпустив новый продукт — **Динопрост Т**. Этот простагландин F2α обладает выраженным лютеолитическим и сократительным действием, коротким периодом полувыведения и не накапливается в организме, что делает его безопасным для животных.

Таким образом, НПК «Асконт+» не только отвечает на вызовы времени, но и способствует развитию отечественной ветеринарии, предоставляя надежные и эффективные решения для владельцев сельскохозяйственных животных. Связь с ветеринарами, активное сотрудничество и инновационный подход позволили компании занять передовые позиции на восстановившемся российском рынке ветеринарных препаратов, что, несомненно, положительно скажется на здоровье животных и в конечном итоге на эффективности аграрного сектора страны.

И. Рябинин,
руководитель отдела дистрибуции
Восток ООО «НПК «Асконт+»





АСКОНТ
ASKONT.RU

МОЩНЫЕ ВЕТЕРИНАРНЫЕ НОВИНКИ

ДЛЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ



АЗИТРИКАМ 200

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРЕПАРАТ
ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ
ИНФЕКЦИЙ



ДИНОПРОСТ-Т

ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ
ПОЛОВОГО ЦИКЛА



ПАРОБАКТ 70

КОМПЛЕКСНЫЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ
ПРЕПАРАТ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ИНФЕКЦИЙ
ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ И ЖЕЛУДОЧНО
КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЖИВОТНЫХ.



ЭНРАМАКС 200

ПРЕПАРАТ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ
БАКТЕРИАЛЬНЫХ
ИНФЕКЦИЙ



INFO@ASKONT.RU
+7 (495) 781 49 43

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА "АСКОНТ+"



Реклама

АПК РФ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ

В рамках правительственного часа 576-го заседания Совета Федерации, состоявшегося 09.10.2024, министр сельского хозяйства Российской Федерации О. Лут выступила с докладом «Развитие сельского хозяйства в современных условиях».

За последние годы российский АПК добился выдающихся результатов, отметила министр сельского хозяйства РФ О. Лут, выступая в верхней палате российского парламента. «При огромном внимании со стороны президента, правительства, обеих палат парламента наши аграрии не только каждый год наращивают объемы производства, но и завоевывают глобальный продовольственный рынок, усиливая позиции России в мире, — заявила она. — Как неоднократно отмечал глава государства, сельское хозяйство становится всё более высокотехнологичной сферой деятельности. Все эти достижения были бы невозможны без высочайшего профессионализма тружеников села, а также большой государственной поддержки и эффективного законодательного регулирования».

Как сообщила руководитель федерального Минсельхоза, в первые восемь месяцев 2024 года сохраняется устойчивый рост в животноводстве, в частности производство скота и птицы в сельскохозяйственных организациях РФ увеличилось на 4,2%, сырого молока — на 3,3%. «Таким образом, — прокомментировала она, — мы продолжаем повышать уровень самообеспеченности внутреннего рынка мясом и молоком».

Помимо этого, согласно данным О. Лут, выросла доля семян российской селекции. В этом году отмечен значительный прогресс по подсолнечнику, сое и рапсу. «Расширяется и применение отечественных семян кукурузы, картофеля и сахарной свеклы, где ранее у нас наблюдалась тотальная зависимость от недружественного импорта», — сообщила она. Сейчас, уточнила министр, предоставляется государственная поддержка на каждом этапе — от создания селекционных достижений до производства семян и обеспечения спроса на них.

Еще одним важным инструментом стало введение в 2024 году системы квотирования импорта семян из недружественных стран, что дает дополнительный стимул россий-



ским производителям и позволяет (во избежание дефицита и роста цен) регулировать объемы импорта, проинформировала она.

По словам чиновника, сегодня в России практически по всем направлениям селекции сельхозкультур имеются собственные конкурентоспособные разработки. К 2030 году самообеспеченность семенами достигнет 75%, отметила она.

Министр напомнила, что в июле прошлого года была принята (при участии сенаторов) Стратегия развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 год, среди задач которой — повышение уровня потребления и доверия населения к такой продукции, увеличение площадей земель под органическое земледелие, расширение экспортных поставок.

«Сегодня органикой занимаются уже в 50 регионах нашей страны», — сообщила она, отметив, что отечественная органическая продукция востребована как на территории РФ, так и за рубежом. Работа над увеличением ее поставок в дружественные страны и признанием российских сертификатов соответствия будет продолжаться, заявила чиновник.

«Перейду к динамике развития аграрного экспорта. С начала 2024 года Россия направила на между-

народный рынок более 78 миллионов тонн продовольствия, что на 7% выше, чем годом ранее. Развиваем экспорт, в том числе за счет освоения новых рынков в Африке, Азии и Персидском заливе», — уведомила О. Лут.

Руководитель федерального Минсельхоза отметила, что порядка 50% российского рынка вакцин и ветеринарных препаратов занимает импортная продукция, в основном из недружественных стран. «К 2030 году мы ставим цель: достичь самообеспеченности на уровне 70% по ветеринарным препаратам и 61% по вакцинам», — заявила она.

Сделав акцент на значимости кадрового обеспечения АПК, министр сообщила, что к 2030 году укомплектованность агропромышленных предприятий кадрами должна составлять не менее 95%. «Для решения этой задачи мы сегодня выстраиваем бесшовную траекторию подготовки кадров — от школьной скамьи до работодателя. Начальное звено этой цепочки — агротехнологические классы в сельских школах, где ребята узнают об основах сельского хозяйства», — сказала она.

В Минсельхозе России планируют создать к указанному выше году более 18 тыс. таких классов по всей стране, отметила чиновник.

Ю.Г. Седова

АГРАРНЫЙ СЕКТОР: ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ, ТРЕНДЫ И ВЫЗОВЫ

Международная конференция «Лидеры АПК: на пути к импортонезависимости» прошла 23 октября в рамках деловой программы Международной специализированной выставки кормов, кормовых добавок, ветеринарии и оборудования «КормВетГрейн – 2024» (МВЦ «Крокус Экспо», г. Москва).



Первый заместитель председателя Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Сергей Митин в приветственном слове к участникам акцентировал важность развития технологического суверенитета для снижения рисков, сопряженных с обеспечением продовольственной безопасности страны. По его словам, самообеспеченность ресурсами и разработка собственных технологичных решений для сельского хозяйства имеет высокое значение для повышения рентабельности АПК РФ и позволит отрасли минимизировать влияние негативных внешних факторов, — в том числе роста инфляционных ожиданий, обусловленных санкционным давлением, сложностей с импортом, удорожания рабочей силы и корпоративного кредитования. В настоящее время государством принимаются существенные меры для поддержки ускоренного развития отечественной селекции, биотехнологий, ветеринарных препаратов, производства машин и оборудования для всех подотраслей животноводства, заявил сенатор. Так, федеральный Минсельхоз презентовал нацпроект «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности» (который будет запущен в следующем году), нацеленный на реализацию амбициозных задач, стоящих перед отраслью: увеличения к 2030 году, по сравнению с 2021-м, сельскохозяйственного производства на 25%, роста экспорта продукции АПК до 55 млрд долл. США, обеспечения технологической независимости от недружественных

стран. Для достижения указанных целей требуется внутриотраслевая кооперация, прямое взаимодействие между российскими предприятиями, внедрение совместных технических решений, сообщил законодатель. Политика импортозамещения, реализуемая последние несколько лет в аграрном секторе, позволила достичь значительных результатов, отметил он. «Россия достигла и сохраняет статус нетто-экспортера продовольственных товаров, развиваются новые экспортные направления. В частности, свиноводческие холдинги в этом году впервые начали экспортировать — и успешно — свою продукцию на китайский рынок и уже вошли в топ-5 основных поставщиков продукции свиноводства в КНР, после Бразилии, Испании, Дании и Нидерландов», — заключил парламентарий.

О росте производства мяса в сельхозпредприятиях РФ сообщила в своем докладе Любовь Савкина — генеральный директор аналитических компаний Feedlot и Emeat. По ее данным, за январь–август 2024 года было произведено 6,5 млн т мяса в убойном весе, что на 4,1% выше показателя аналогичного периода прошлого года. Большую часть в общем объеме производства занимает мясо птицы — 49,7%, на свинину приходится 43,6%, на говядину — 6,6%, баранину и козлятину — 0,1%, проинформировала аналитик. Развитие кормового рынка будет идти в соответствии с развитием животноводства, отметила она, обозначив в качестве тенденций мясного рынка инвестиции крупными игроками в развитие экспорта — прежде всего,

в КНР, ОАЭ, Саудовскую Аравию, Катар, Казахстан, Республику Беларусь, а также расширение влияния в другие подотрасли.

Как сообщил исполнительный директор Группы компаний ВИК Сергей Каспарьянц, по прогнозу, к 2030 году в РФ рынок ветеринарных препаратов увеличится вдвое — до 178,6 млрд руб. с НДС. В своем выступлении он, в частности, выделил значительный потенциал сегмента мелких домашних животных. В настоящее время Россия занимает 3 место в мире по кошкам и 4 — по собакам, но при этом только 20% питомцев получает необходимую им ветеринарную помощь, проинформировал эксперт. Этот рынок, при должном отношении к вакцинации и противопаразитарным обработкам, может увеличиться в пять раз, уточнил он. Также докладчик, отметив значимость развития экспортного потенциала, сообщил о планах ГК ВИК по поставкам за рубеж к 2030 году 145 наименований продукции в более чем 100 стран.

Вильнур Шагиахметов — руководитель проекта по маркировке ветеринарных препаратов товарной группы «Фарма» ЦРПТ, оператора системы цифровой маркировки «Честный знак», обозначил в своем докладе ряд преимуществ введения обязательной маркировки. В частности, он отметил, что за счет сокращения нелегального оборота «обелается» рынок, увеличивается прибыль добросовестных участников и обеспечивается — как результат — дополнительный эффект в виде поступлений в российский бюджет.

Ю.Г. Седова

СЕВ КУКУРУЗЫ: ГЛУБИНА ЗАДЕЛКИ СЕМЯН ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ

Возделывая кукурузу, аграрии рассчитывают получить максимальный урожай и максимальную рентабельность. Одним из важнейших элементов, влияющих на реализацию потенциала урожайности современных гибридов, является глубина посева этой сельскохозяйственной культуры.

Если говорить об оптимальных условиях, то на легких почвах глубина сева составляет 6 см, на средних суглинистых — 5 см, на тяжелых — 4 см. Но в условиях производства очень редко бывают оптимальные условия, и опытные агрономы сеют на такую глубину, которая позволяет в максимально короткие сроки получить дружные всходы. Данный подход полностью оправдан. Недружные всходы кукурузы в дальнейшем создают дополнительные проблемы агроному и снижают потенциал урожайности на поле. Когда фаза всходов растянута на несколько дней, то и растения на поле развиваются по-разному.

Агроном принимает решение о гербицидной обработке, основываясь на оптимальной фазе развития большинства растений кукурузы. Если растения взошли раньше или позже, не достигли оптимальной фазы или переросли ее, гербицидная обработка приведет к угнетению таких растений и снижению урожайности на поле.

Следующий фактор, влияющий на урожайность при недружных всходах, — внутривидовая конкуренция. Растения, изначально отстающие в росте, в дальнейшем будут угнетаться более развитыми соседями и в итоге сформируют низкий урожай. Таким образом, если сев на глубину 10 см позволяет получить дружные всходы, а сев менее 10 см этого не гарантирует, то следует выбрать первый вариант. В данном случае поле сформирует более высокую урожайность, чем при севе на меньшую глубину.

Однако не стоит увлекаться, чрезмерно заглубляя сошники сеялки. Слишком большая глубина сева оказывает негативное воздействие на урожайность кукурузы. Независимо от глубины сева, узловые корни кукурузы формируются на глубине около 2 см. Чем раньше они начнут формироваться, тем крепче и сильнее будут в будущем, а

мощная корневая система — это залог будущего урожая.

К тому же из физиологии растений известно, что до тех пор, пока проросток кукурузы не вышел на поверхность почвы и не увидел свет, он питается только теми элементами питания, которые находятся в семени. В этот период молодое растение с помощью зародышевых корней поглощает из почвы только влагу. Лишь после того, как в растении начнутся процессы фотосинтеза, оно будет потреблять элементы питания из почвы (в том числе микро- и макроудобрения, которые внесли с посевом), а остатки питательных веществ в семени станут мощной подкормкой молодому растению.

Таким образом, глубина посева — это один из ключевых факторов в формировании урожая кукурузы. Правильная глубина посева кукурузы — это глубина, которая позволяет в максимально короткие сроки получить дружные всходы.



Опыты, заложенные в 2024 году в Ставропольском крае, подтверждают вышесказанное (диаграмма 1). На орошении был посеян гибрид кукурузы **DKC4178®** в двух вариантах глубины заделки семян — 5 см и 9 см. На момент сева на глубине 5 см было достаточно влаги для прорастания семян, всходы на этом варианте появились на 5 дней раньше, чем на варианте с глубиной заделки семян 9 см. Как результат, урожайность на варианте с оптимальной глубиной заделки семян была 117,5 ц/га, а на варианте с увеличенной глубиной сева — 113,2 ц/га. Этот простой агроприем позволил увеличить урожайность на поле на 3,7%, а валовый сбор — на более чем на 30 т.

Следующее, на что стоит обратить внимание, — это скорость движения посевного агрегата при севе кукурузы. Этот фактор в значительной степени влияет на формирование урожая. Скорость движения посевного агрегата зависит

Диаграмма 1. Урожайность гибрида кукурузы DKC4178® в зависимости от глубины сева. Ставропольский край. 2024 г.

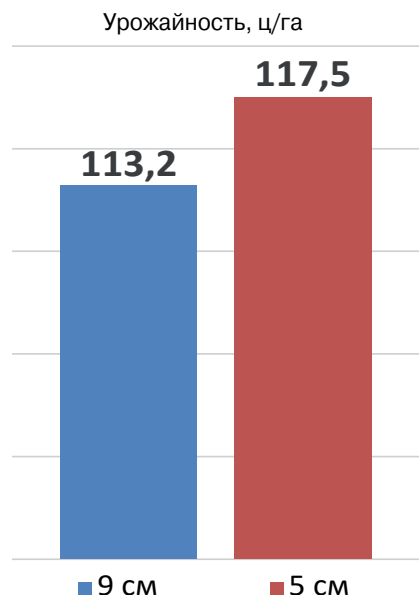
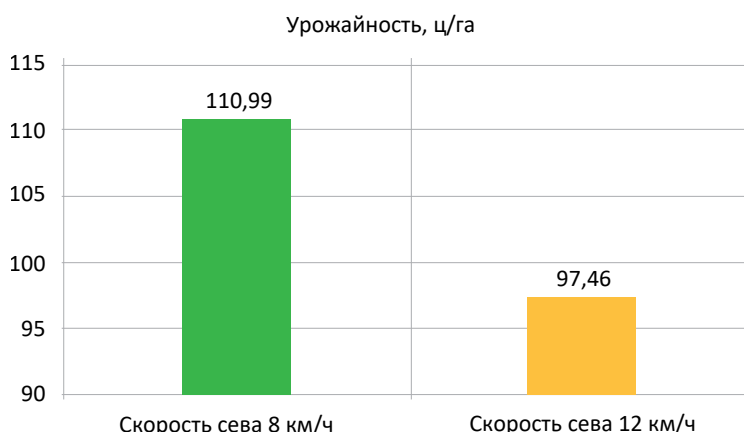


Диаграмма 2. Урожайность кукурузы в зависимости от скорости движения посевного агрегата. ДКС3079®. Брянск. 2024 г.



от модели сеялки. Главная задача при подборе скорости сева — равномерное распределение семян в рядках при запланированной глубине. В последнее время появились сеялки, которые делают это при скорости движения более 12 км/ч, однако их не так много. Большая часть сеялок, использующихся для посева российскими аграриями, не справятся с задачей качественного сева при такой скорости (для них оптимальной будет 6–8 км/ч). При такой скорости количество двойников и пропусков сведено к минимуму, а семена не рикошетят от дна семенной борозды и находятся на одной глубине. При увеличении скорости движения высеваящий диск начинает вращаться быстрее, что приводит к «срыву» семян и пропускам. Чтобы этого избежать, аграрии увеличивают мощность вакуума. Однако в таком случае увеличивается и количество двойников.

При увеличении скорости вращения высеваящего диска увеличивается и скорость падения семян в семяпровод. Это приводит к рикошету от дна семенной борозды и, соответственно, к изменению глубины посева со всеми вытекающими негативными последствиями, о которых мы говорили выше.

Опытные агрономы стараются выбирать высеваящие диски с большим количеством отверстий, для того чтобы при повышенной скорости сева частота вращения высеваящего диска не была слишком высокой и качество сева не снижалось. Этот прием позволяет увеличить скорость сева до 8–10 км/ч.

Однако бывают ситуации, при которых агроном дает распоряжение увеличить скорость сева. В таком случае специалисту приходится выбирать из двух зол меньшее.

Мы с вами помним, что поле должно быть посеяно за 1–2 дня, а увеличение этих сроков ведет к негативным последствиям, в результате чего снижается урожайность. При растянутых сроках сева на одном поле получаем слишком большой временной разрыв между предпосевной культивацией и севом. Он негативно скажется на полевой всхожести семян кукурузы, даст сорнякам дополнительное время для развития и укрепления, усложнит выбор оптимальных сроков гербицидной обработки, так как растения кукурузы будут находиться в разных фазах развития.

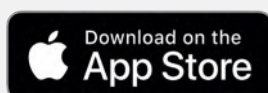
В сельском хозяйстве множество причин для увеличения скорости движения сеялки при севе кукурузы: высокая нагрузка на сеялку, неблагоприятные погодные условия и прочие факторы. Но надо помнить, что скорость движения сеялки напрямую влияет на равномерную глубину сева и количество двойников и пропусков. Двойники — это в лучшем случае переплата за семена, а в худшем — снижение урожайности.

А пропуски — это неиспользуемая площадь поля, в которую в течение всего сезона аграрии вкладывают средства.

Многолетние опыты доказывают влияние скорости движения посевного агрегата на глубину заделки семян, расстановку растений в ряду, а также количество пропусков и двойников, что в итоге влияет на урожайность кукурузы. В 2024 году в Брянской области на гибриде **ДКС3079®** были заложены очередные опыты по этому агроприему. Полученные результаты подтвердили вышеуказанные утверждения (диаграмма 2). Так, на варианте со скоростью движения посевного агрегата 12 км/ч гибрид сформировал урожайность 97,46 ц/га, а на варианте 8 км/ч урожайность составила 110,99 ц/га, превзойдя вариант с более высокой скоростью на 13,53 ц/га.

Таким образом глубина сева кукурузы и скорость движения посевного агрегата являются ключевыми элементами в закладке фундамента будущего урожая.

Достоверную информацию о препаратах компании АО «Байер», способах применения и приобретения можно найти в новом приложении **Bayer CS Russia**, отсканировав QR-код:



ЭВОЛЮЦИЯ ПОДБОРА ВАКЦИН ПРОТИВ НИЗКОПАТОГЕННОГО ГРИППА ПТИЦ (H9) В ПРОМЫШЛЕННОМ ПТИЦЕВОДСТВЕ

В материале представлена информация об эволюции вакцин, применяемых в птицеводстве против вируса гриппа птиц. Обсуждаются аспекты стратегии профилактики с использованием субъединичной вакцины «ВироваксАви АI H9».

Увеличение числа птицеводческих предприятий с высокой плотностью посадки существенно повышает риск вспышек инфекционных заболеваний. Значимой задачей птицеводства остается оптимизация профилактики и контроля заболеваний промышленной птицы, которые влияют на благополучие предприятия, что в свою очередь повышает доверие потребителей к безопасности и качеству продуктов из птицы. Одним из ярких примеров инфекционного заболевания, которое представляет постоянную угрозу для птицеводческой промышленности, является птичий грипп (AI). Не только в виде высокопатогенных вирусов, но и в виде низкопатогенных изолятов гриппа птиц (ГП).

Динамика регистрации данных вариантов птичьего гриппа диктует

необходимость создавать новую стратегию для каждого предприятия не только для обеспечения стабильной работы производства, но и для поддержания экспортного потенциала, сохранения рынков сбыта продукции.

Тем не менее практикующие специалисты ветеринарной службы предприятий, проводя подбор средств и методов защиты поголовья, сталкиваются с необходимостью подбора вакцинных препаратов против ГП (в первую очередь против низкопатогенных изолятов).

В мировой практике птицеводства на данный момент используются три основных типа вакцин против гриппа птиц: инаktivированные цельновирioнные, рекомбинантные векторные и субъединичные.

Во всех случаях протективная эффективность данных вакцинных препаратов основана на продукции нейтрализующих антител к определенному подтипу гемагглютинина (HA) вируса гриппа птиц. При этом каждый вид вакцин имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при их применении.

Виды вакцин и их характеристики. Инаktivированные (убитые) вакцины

Первые упоминания об инаktivированных цельноклеточных вакцинах датируются концом XVIII века. Получение биопродукта основывалось на уничтожении патогена под воздействием физических (тепло) или химических (формальдегид, этилами, β -пропиолактон и др.)



процессов, при которых происходила денатурация белков (или повреждение нуклеиновых кислот), что предотвращало вирулентность. При этом обнаружен ряд недостатков, в связи с тем что вакцина не очищается и не концентрируется, воздействующие факторы негативно влияют на антигенную структуру патогена, что снижает иммуногенность полученного продукта.

Готовый препарат представляет из себя смесь адьювантов с инактивированными вирусами, которые содержат в своем составе геном, что ведет к риску выявления генетического материала при исследовании продукции методом ОТ ПЦР.

Важным моментом является то, что у вакцинированной птицы образуются антитела не только к иммунологически значимым эпитопам белков HA и NA, но и к внутренним белкам M1 и NP. Как следствие, используя традиционные иммунологические методы анализа, невозможно отличить вакцинированную птицу от инфицированной.

С появлением информации о стерилизующих свойствах гамма-облучения появилась быстрая и безопасная альтернатива для инактивации штаммов с ограниченным или нулевым воздействием на антигенные детерминанты. Однако в настоящее время вакцины, полученные данным способом, на рынок еще не поступали.

Низкая иммуногенность инактивированных вакцин и их ограниченная способность стимулировать опосредованные Т-клетками компоненты адаптивного иммунного ответа (особенно те, которые обладают высоким антигенным разнообразием) относятся к определенным рискам.

Данный тип вакцин, применяемых в птицеводстве, является самым распространенным и имеет в составе вирусы гриппа птиц с подтипами HA H5, H7 и H9 [4].

Рекомбинантные векторные вакцины

Достижения в области молекулярной биологии сделали возможным быстрое и экономичное секвенирование геномов вирусных патогенов. Гены, которые не являются необходимыми для репликации, могут быть удалены и заменены определенными сегментами генов, кодирующими белки (факторы вирулентности) из неродственных патогенов. Вирусы с относительно большими двухцепочечными геномами ДНК, такие как вирусы оспы, герпеса и аденовирусы, широко используются в качестве вирусных векторов.

Вакцины на основе вирусных векторов имеют значимые профили безопасности, поскольку вставка гена, кодирующего один белок, а не целый вирус, в вирусный вектор устраняет неотъемлемый риск возврата к вирулентности, связанный с модифицированными живыми вакцинами. Так как для вируса гриппа важно иметь возможность отличать серологические реакции, спровоцированные вакцинацией, от реакций, вызванных воздействием и инфицированием.

Имеются сообщения о разработке векторных вакцин против высокопатогенного гриппа птиц (ВПГП) H5N1 с использованием таких вирусных векторов, как вирус оспы кур (rFPV), герпесвирус индеек (rHVT), вирус болезни Ньюкасла (rNDV), вирус инфекционного ларинготрахеита (rILT), вирус лейкоза птиц (rALV). В качестве бактериальных векторов для создания гриппозных вакцин могут использоваться аттенуированные штаммы таких бактерий, как *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella flexneri*.

Тем не менее использование векторных вакцин имеет ряд недостатков:

- векторная вакцина лицензирована для применения только у кур;
- наличие участка генома патогена выявляется методом ПЦР при исследовании тканей.

Субъединичные вакцины

В отличие от обычных цельноклеточных вакцин, субъединичные вакцины содержат только выбранные антигенные части патогена (эпитопы) в качестве иммуногенов. Производство традиционных субъединичных вакцин включает размножение патогена и последующее извлечение различных потенциальных антигенных детерминант, которые могут эффективно вызывать более быстрый и мощный иммунный ответ: вирусные гликопротеины и бактериальные цельноклеточные белки, белки наружной мембраны, очищенные жгутиковые белки, фимбриальные белки, белки пилей и липополисахариды.

Субъединичные вакцины были разработаны против различных бактериальных, вирусных и паразитарных патогенов путем клонирования гена, кодирующего специфические антигены, с последующей их экспрессией в соответствующей системе, такой как бактериальные, дрожжевые или клетки млекопитающих. Последующие этапы включают изоляцию, очистку, концентрацию и формулирование экспрессированных белков.

Перспективы субъединичных вакцин

В сложившейся ситуации, связанной с ограниченным количеством представленных на российском рынке вакцин, стоит задача поиска вакцин, отвечающих ряду требований, в частности: высокая иммуногенность; отсутствие риска возникновения вирулентности вакцинного штамма; чистота вакцинного препарата — отсутствие вторичных агентов (вирусной и бактериальной природы), токсических составляющих, вторичных клеточных составляющих (шмер), которые могут вызвать реактогенность у организма птицы.

До настоящего времени ветеринарная служба птицеводческого предприятия была ограничена в выборе типов вакцин против гриппа:

Таблица 1. Результаты проведенных испытаний вакцины на цыплятах

Вакцина	Доза	Обнаружение антигена	Титр антител log2 (по дням)						
			0	7	14	19	24	30	40
ВироваксАви AI H9	0,1	AIV H9 SD	0,6	2,0	3,4	8,1	9,5	10,1	9,7
ВироваксАви AI H9	0,15	AIV H9 SD	0,6	1,9	3,8	8,4	10,1	10,6	10,3

Таблица 2. Сравнительный технологический анализ

Параметры	Виды вакцин		
	Субъединичные	Инактивированные	Векторные
Реверсия патогенности	нет	нет	маловероятно
Остаточная патогенность и реактогенность	нет	нет	слабая, связана с вектором
Иммуносупрессия	нет	нет	нет (слабо выражена, зависит от вектора)
Срок циркуляции антител	долгий (благодаря адъювантам)	долгий (благодаря адъювантам)	невысокий, но продолжительный
Формирование клеточного иммунитета	нет	нет	да (нет)
Совместимость с другими вакцинациями	да	да	на одном векторе несовместимы
Влияние материнского иммунитета	слабое	слабое	слабое
Скорость формирования иммунитета	14 дней	3–4 недели	7–14 дней
Перекрестная защита (относится к характеристикам штамма)	управляемая, зависит от выбранного антигена	напрямую обусловлена от выбранного штамма и методом инаktivации	невысокая перекрестная защита, наличие риска несовпадения с локациями приживления «полевого» изолята и векторного носителя
Осведомленность ветврачей о технологии	низкая	высокая	высокая
Стоимость производства	дешевле векторов	высокая, обусловлена необходимостью специфического культивирования и применением активных адъювантов	высокая, обусловлена необходимостью специфического культивирования и высокими научными затратами
Разнообразие полевых изолятов	гарантированно не привносят новый генетический материал в популяцию	не привносят новый генетический материал в популяцию	сохраняют разнообразие
Обнаружение генетического материала в тканях и органах, а также готовой продукции	нет	ограниченно	возможно

пять инактивированных и одна векторная.

В 2024 году на рынке РФ разработана новая вакцина против низкопатогенного вируса гриппа (H9) — «ВироваксАви АI H9» (компания Immuovax), которая относится к субъединичным вакцинам.

В отличие от простой инактивированной или живой аттенуированной, у нее как субъединичной вакцины есть ряд особенностей, а именно:

- нет структурных составляющих, включая РНК, только несколько внешних антигенов, в результате чего есть контролируемый иммунный ответ по заданным белкам;
- в связи с отсутствием геномного материала (даже теоретически) такая вакцина не может ускорить изменчивость циркулирующих полевых изолятов и не определяет-ся в ПЦР;
- поскольку субъединичные вакцины не вызывают антител к различным другим компонентам вируса,

эти вакцины являются дифференцирующими инфицированных животных от вакцинированных (DIVA) и полезны во время вспышек заболеваний или для эпидемиологических исследований с целью разработки мер по борьбе с заболеваниями;

- вакцина содержит только заданный участок антигена в повышенной концентрации, следовательно, объем прививочной дозы будет меньше — 0,1–0,3 см³ против 0,25–0,5 см³ у стандартных вакцин.

Исходя из выше сказанного, субъединичная вакцина способствует развитию более быстрого и высокого иммунологического ответа, так как иммунная система отвечает только на заданные антигены.

В таблице 1 представлены результаты проведенных испытаний вакцины на цыплятах.

Исходя из данных исследований, отмечаем раннее формирование иммунного ответа (уже начиная с 14 дней) и высокий уровень защиты в более позднем периоде.

Стоит отметить, что эффективность профилактики вирусных заболеваний зависит не только от типа иммунобиологического препарата. Успех заключается в комплексном подходе, который включает в себя биобезопасность, технологию применения, высокий уровень компетенций сотрудников, работающих с препаратом.

Специалисты ГК ВИК оказывают полное техническое сопровождение применения вакцин — от технологии содержания птиц и формирования биобезопасности на предприятии до обучения сотрудников, работающих с препаратами.

Шульгин В.В.,
заместитель директора департамента
развития и экспертизы дивизиона
птицеводства
Хошафян Л.С.,
директор департамента развития
и экспертизы дивизиона птицеводства
Аносов Д.Е.,
директор дивизиона птицеводства,
канд. ветеринар. наук ГК ВИК

МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ МЕЖВИДОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ВЫСОКОПАТОГЕННОГО ГРИППА ПТИЦ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ПТИЦЕВОДСТВА

Эффективная программа биозащиты — профилактики заноса контактных заболеваний, включая грипп птиц, является неотъемлемой составляющей для поддержания здоровья и обеспечения высокой продуктивности с/х птицы.

Эпизоотическая ситуация по высокопатогенному гриппу птиц (ВГП) на протяжении многих лет является мировой проблемой и остается чрезвычайно напряженной. Один из ключевых факторов распространения ВГП — миграционное состояние диких птиц. Перелетные дикие птицы, особенно водоплавающие, являются естественными резервуарами вирусов гриппа птиц и играют значимую роль в распространении микроорганизмов на обширных географических территориях, а также становятся жертвами этого заболевания.

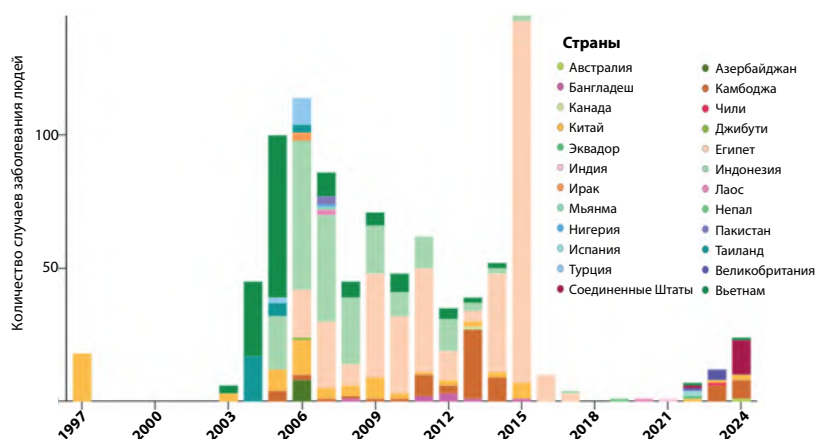
Несмотря на то что вирусы гриппа касаются прежде всего популяции птиц и животных, эти вспышки представляют собой постоянный источник риска и для здоровья человека. При циркуляции вирусов гриппа птиц среди домашней и промышленной птицы иногда выявляются спорадические случаи гриппа птиц у людей.

При вспышках ВГП, особенно на птицефабриках, помимо прямого и косвенного экономического ущерба предприятию, негативные последствия отражаются и на социальной сфере.

На диаграмме 1 показаны все случаи заражения людей вирусом птичьего гриппа HPAI A(H5N1), зарегистрированные во Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) с момента первых случаев заражения людей в 1997 году.

Вирусы гриппа птиц типа A(H5N1), которые в настоящее время циркулируют среди дикой и домашней птицы во многих частях мира, генетически отличаются от более ранних версий вируса и стали преобладающим подтипом HPAI H5 осенью 2021 года. Эти вирусы вызвали спорадические инфекции диких птиц и вспышки у домашней птицы во многих странах, включая Соединенные Штаты, с распространением на млекопитающих в некоторых странах. В отличие от предыдущих вирусов A(H5N1), которые всё

Диаграмма 1. Случаи заражения людей вирусом птичьего гриппа



еще циркулируют в меньшей степени в нескольких странах, в настоящее время во всём мире было зарегистрировано небольшое количество спорадических случаев заболевания людей текущими вирусами гриппа птиц типа A(H5N1). Однако болезнь у людей от всех инфекций вируса гриппа птиц варьировалась по степени тяжести от отсутствия симптомов или легкой болезни до тяжелой болезни, которая привела к смерти.

В марте 2024 года Министерство сельского хозяйства США, Управление по контролю за продуктами питания и лекарственными средствами и центры по контролю и профилактике заболеваний объявили, что ВГП, в частности вирус гриппа птиц A(H5N1), был впервые выявлен у молочного скота.

В литературе сообщается, что большинство пораженных животных вирусом гриппа птиц типа A(H5N1) выздоравливают при поддерживающем лечении, и уровень падежа (выбраковки) был низким — 2% и менее. Распространение вируса H5N1 между стадами указывает на то, что происходит инфицирование среди поголовья КРС. Перемещение животных, общий обслуживающий персонал являются признанным риском передачи вируса не только среди КРС, но и на птиц, содержащихся в близлежащих хозяйствах.

Текущий риск для населения от вирусов A(H5N1) низок, однако лица, контактирующие с инфицированными животными или загрязненными материалами, включая сырое коровье молоко, являются специфическими переносчиками вируса.

По последним данным, в апреле 2024 года Департамент здравоохранения штата Техас сообщил, что вирус гриппа A(H5) был обнаружен у двух работников фермы в США во время вспышки вируса A(H5N1) среди молочного скота в нескольких штатах. Это были первые случаи предполагаемой передачи вирусов птичьего гриппа A от коровы человеку.

Ветеринарное благополучие в современном промышленном птицеводстве основано на строгом соблюдении мер биобезопасности. Только так можно предотвратить занос инфекции в хозяйство и ограничить воздействие возбудителей различной этиологии, уже циркулирующих на птицефабрике.

Контроль качества мойки — это гарантия чистоты производства, а важность гигиены рук в условиях промышленного птицеводства является общеизвестным фактом. Правильная гигиена рук препятствует передаче микроорганизмов от сотрудников к птице и наоборот. Тем не менее ВОЗ сообщает о среднем уровне соблюдения гигиены рук

персонала, работающего в области здравоохранения, — всего 38,7%.

В настоящее время для определения санитарно-гигиенических показателей на предприятиях используют микробиологический метод, при котором оценка возможна только через 24 часа культивирования. Для того чтобы поддерживать чистоту на предприятии, необходим регулярный мониторинг чистоты всех поверхностей, рук персонала и воды.

Для эффективного и быстрого мониторинга очистки поверхностей и воды используют современные тест-системы на основе обнаружения аденозинтрифосфата (АТФ), которые оценивают чистоту поверхностей и воды.

АТФ — это энергетическая молекула, которая обеспечивает клеточный метаболизм и является компонентом всех живых клеток (в том числе вирусных и бактериальных), органических субстанций, включая биологические жидкости. С помощью данных тестов, в основе которых заложена природная способность живых организмов к свечению — биолюминесценция, можно количественно оценить чистоту поверхности оборудования, тары, воды или рук сотрудников. Тест-система для обнаружения АТФ дает точные результаты, которые определяют, контролируют и поддерживают стандарты чистоты на предприятии. Присутствие АТФ на поверхности указывает на некачественную очистку и наличие загрязнений, в том числе органических остатков, которые являются питательным субстратом для микроорганизмов.

Строгий контроль чистоты возможен благодаря программному обеспечению SureTrend, которое позволяет в режиме реального времени отслеживать полученные данные с люминометров по конкретным зонам, выявлять критические контрольные точки и устранять проблемы в кратчайшие сроки, улучшая в дальнейшем программу чистоты предприятия. Это решение успешно используется топ-20 производителями мяса птицы в Российской Федерации и рекомендовало себя как эффективный метод контроля в реальном времени. Данный метод на предприятиях используется как для оценки мероприятий по мойке и дезинфекции птицеводческого оборудования и транспорта, так и для контрольно-пропускного режима на территорию площадок выращивания предприятий закрытого типа.

Учитывая последние исследования, согласно которым вирус гриппа А(Н5) освоил межвидовую передачу и повысил пандемический потенциал, данная система мониторинга может существенно усилить потенциал биобезопасности птицеводческого предприятия.

За рубежом системы АТФ преобладали в пищевой промышленности на протяжении десятилетий, но полностью были внедрены для обнаружения микробных и органических загрязнений в медицинских учреждениях только в 2008 году.

Для примера рассмотрим, как изучали систему АТФ в сфере здравоохранения в Шотландии и первыми внедрили системы мониторинга АТФ в больницах. Имея более чем пятилетнюю историю регулярного мониторинга и отчетности, компания North Tees совместно с практикующими медицинскими врачами отметила значительные преимущества от внедрения мониторинга АТФ Hygiena на основании улучшения чистоты и снижения уровня инфекций.

Компания Hygiena (Великобритания) предоставила уникальные продукты для оценки чистоты в больницах Шотландии: люминометр Hygiena® SystemSURE Plus, тест-система UltraSnap® и программный продукт SureTrend.

В двух больницах Шотландии внедрили АТФ-мониторинг с использованием предоставленных люминометров Hygiena® SystemSURE Plus, тест-систем UltraSnap® и программного продукта SureTrend. В обеих больницах регулярно проводили контроль чистоты:

- мониторинг чистоты палаты после уборки отделения;
- обучение сотрудников:

- протокольное и процессуальное обучение сотрудников экологических служб;

- обучение гигиене рук для демонстрации эффективных методов мытья рук;

- управление производительностью:

результаты АТФ-мониторинга используют в качестве доказательства проделанной работы санитарной службой.

Для контроля за мониторингом к каждому отделению был назначен независимый куратор проекта.

Ежемесячно в течение пяти лет составляли отчеты, обсуждали и просчитывали данные по качеству очистки отделений.

Чтобы продемонстрировать улучшение очистки за пять лет, представлены процентные значения оценок «пройдено», «внимание» и «не пройдено» за каждый год. Больницы Норт-Тис и Хартлпул оценили показатели чистоты в соответствии со следующими пределами RLU (относительная единица света):

Пройдено	Внимание	Не пройдено
≤ 100	101–199	200+

По годам оценивались процентные значения: «пройдено», «внимание» и «не пройдено» проверяли по показателям чистоты в соответствии с пределами RLU (относительная единица света).

На графиках 1, 2 показано, как увеличилась частота оценок «пройдено» и снизилась частота оценок «не пройдено» с момента введения АТФ-мониторинга в 2008 году.

График 1. Больница № 1. Данные показывают улучшение показателей «пройдено» более чем на 20%, снижение показателей «не пройдено» до уровня менее 5%, что отражает заметное улучшение эффективности очистки.

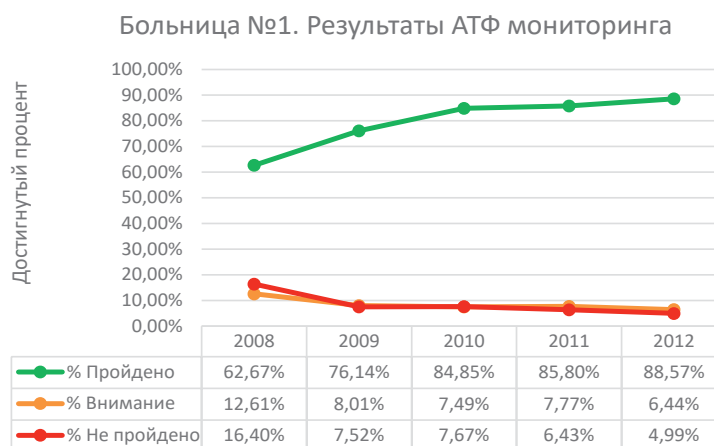
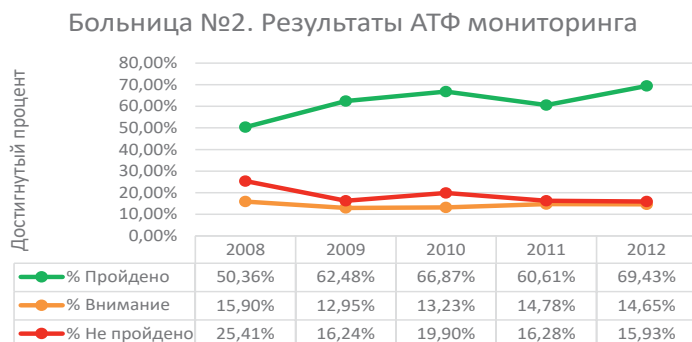


График 2. Больница № 2. В первый год тестирования больница получила только 50,36% проходных баллов и 25,4% неудачных попыток уборки. К 2012 году баллы улучшились на 19% и составили 69,43%. За тот же период количество неудачных уборок снизилось на 9,48%.



На основании АТФ-мониторинга в больницах были приняты дополнительные меры по улучшению качества чистоты. Помимо АТФ-мониторинга, в больницах внедрены:

- протоколы глубокой очистки, включая специальные группы по глубокой очистке;
- использование специальных средств для декантации;
- регулярная изоляционная очистка;
- запотевание после плановой очистки;
- система цветового кодирования;
- специальный сотрудник-гигиенист;
- обучение гигиене рук и контроль соблюдения требований.

Совокупные данные из двух больниц сообщают о 210 случаях госпитальной инфекции *C. difficile* с апреля 2007 г. по март 2008-го.

После того как были проведены АТФ-мониторинг и другие вмешательства, перечисленные выше, в последующие годы эти случаи регистрировались с меньшей частотой. В 2008–2009 годах были зарегистрированы 158 случаев заражения *C. Difficile*, в 2009–2010 годах меньше — 136.

Выводы

Данные пятилетнего исследования в больницах иллюстрируют преимущества тест-системы для определения АТФ от компании Hugiена, в том числе:

- значительно улучшилась чистота в больнице;
- снизились внутрибольничные инфекции;
- оптимизировалось обучение клинингового персонала;
- целевое управление эффективностью клинингового персонала.

Больницы сильно различаются по размеру, но в обеих показатели уборки улучшились на 20% благодаря внедрению люминометров и тест-систем от компании Hugiена. В больницах наблюдалось снижение (на 35,24%) числа случаев *C. difficile* после 48 часов и снижение (на 39,06%) числа инфекций на 10 000 занятых койко-дней.

По состоянию на февраль 2013 года тест-системы компании Hugiена продолжают оставаться неотъемлемой частью программ проверки чистоты больниц. Помимо выдающихся внутренних улучшений, опыт, проведенный в больницах, повлиял на внедрение АТФ-мониторинга в

медицинские учреждения Шотландии (HFS).

В сложившейся ситуации, учитывая тревожное распространение и эволюцию вируса гриппа птиц, биологическая безопасность является важнейшей составляющей в обеспечении эпизоотологического благополучия птицеводства. Для своевременной и регулярной корректировки процессов биобезопасности в режиме постоянного изменения эпизоотологической ситуации система АТФ-мониторинга — один из перспективных методов оценки эффективности разработанных гигиенических и санитарных мероприятий.

АТФ-мониторинг может использоваться при реализации программ производственного контроля и внутреннего аудита качества в рамках инфекционного контроля в птицеводческих организации, а также в ходе проверок отделений ветеринарной службой или администрацией учреждения. В медицинских организациях, где внедрена объективная система мониторинга с применением люминометрии, санитарные и гигиенические мероприятия проводятся более эффективно (на 42%).

АТФ-система позволяет выявлять дефекты при проведении санитарных и гигиенических работ, обработке и дезинфекции инструментов и оборудования, проводить образовательные и обучающие мероприятия для персонала.

Преимущества

АТФ-люминометрии

- Можно оперативно оценивать чистоту поверхностей и своевременно проводить корректирующие мероприятия.
- Контролировать качество работы персонала, участвующего в организации и проведении уборочных работ и дезинфекционных мероприятий.
- Выявлять проблемные зоны и критические контрольные точки, в которых обработка выполняется недостаточно тщательно.
- Определять эффективность применяемых моющих и дезинфицирующих средств.
- Сократить использование традиционных методов санитарно-бактериологического контроля, которые требуют временных и материальных затрат.

Немчинов А.Г.,
эксперт в области ветеринарии
департамента экспертизы
и развития птицеводства ГК ВИК

График 3. Ежемесячные отчеты об инфекциях *C. difficile* и снижение данных за три года (апрель 2007 г. — февраль 2010 г.).



ВЛИЯНИЕ ОТБОРА ПРОБ НА ПОЛУЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕЧЕБНЫХ КОМБИКОРМОВ ПОСЛЕ ГРАНУЛЯЦИИ

Грануляция комбикорма для свиноводческих предприятий представляет собой ключевой этап в производственном процессе, обеспечивающий улучшение питательных свойств и усвояемости корма. Этот процесс позволяет создать гранулы с более высокой плотностью и однородностью, что способствует лучшему перевариванию и усвоению питательных веществ. Исследования показывают, что использование гранулированных кормов приводит к увеличению прироста живой массы и улучшению конверсии корма по сравнению с рассыпными аналогами.

Добавление препаратов с антибиотиками в гранулированные корма осуществляется с целью лечения заболеваний, наиболее часто встречающихся при откорме свиней. Контроль концентрации антибиотиков в комбикормах после грануляции является необходимым для предотвращения риска развития антибиотикорезистентных штаммов бактерий.

Долгосрочное применение антибиотиков может привести к изменению микрофлоры кишечника животных и снижению эффективности антибиотиков, что создает угрозу как для здоровья животных, так и для человека. Поэтому важно проводить регулярный мониторинг остаточного содержания антибиотиков в лечебных комбикормах, чтобы гарантировать их безопасность и соответствие современным требованиям к качеству продукции. Лечебные корма на комбикормовом заводе производят по письменной заявке предприятия.

Снижение активности антибиотиков после грануляции может быть обусловлено несколькими факторами. Во-первых, высокая температура, используемая при грануляции, может приводить к термической инактивации антибиотиков, что снижает их эффективность. Во-вторых, взаимодействие антибиотиков с другими компонентами корма может влиять на их активность, изменяя химическую структуру или усвояемость. Таким образом, понимание этих процессов и выбор стабильных антибактериальных действующих веществ (ДВ) в препарате критически важны для обеспечения здоровья животных.



Исследования проводились на базе диагностического центра «Эпсилон-Био» и областного бюджетного учреждения «Курская областная ветеринарная лаборатория». Объекты исследований — пробы гранулированного комбикорма, произведенного на ККЗ предприятий в сфере промышленного свиноводства, а также антибактериальные препараты серий, которые добавлялись в комбикорма.

На первых двух этапах проверяли пробы комбикорма без уточнения подробностей их отбора согласно ГОСТ 13496.0-2016¹. На третьем этапе проводили отбор проб комбикорма совместно со специалистами предприятий согласно методике, описанной ГОСТ 13496.0-2016.

Содержание ДВ антибиотиков в комбикормах определяли методом ВЭЖХ-МС, так как специфичность этого анализа значительно превосходит иммунологические методы и классическую высокочувствительную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) при анализе молекул с низким молекулярным весом и обладает значительно более высокой производительностью, чем газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС).

Основными достоинствами метода ВЭЖХ-МС — возможность точного количественного анализа малых молекул, уникальная специфичность и высокая скорость анализа.

Количественный анализ ДВ антибиотиков проводили в соответствии

¹ ГОСТ 13496.0-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы отбора проб (с поправкой).

с нормативной документацией (НД РФ):

1. ГОСТ 34136-2017² Валидация, акт внедрения 28.03.2019.

2. ГОСТ 34533-2019³ Валидация, акт внедрения 28.03.2019.

3. ГОСТ 31694-2012⁴ Валидация, акт внедрения 28.03.2019.

В условиях ОБУ «Курская областная ветеринарная лаборатория» была проведена валидация данного метода, в которой установлены все метрологические характеристики, позволяющие судить об адекватности результатов определения ДВ антибиотиков в комбикорме. В ходе валидации были установлены критерии правильности и промежуточной прецизионности, подтверждена стабильность результатов измерений, проведенных по вышеуказанной НД.

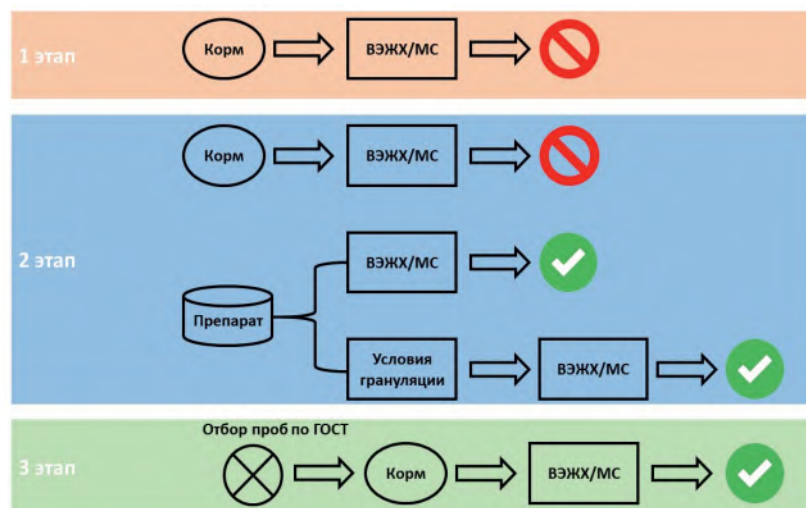
Количественное определение антибиотиков проводили по площадям хроматографических пиков с помощью градуировочной характеристики, полученной при анализе градуировочных растворов в аналогичных условиях.

Средства измерений и программное обеспечение

1. Жидкостный хромато-масс-спектрометр LCMS-8040 (Shimadzu, Япония) с тройным квадрупольным масс-спектрометрическим детектором с диапазоном измерений от 10 до 2000 атомных единиц массы (а. е. м.) с режимом получения и анализа фрагментных ионов (режим MS/MS).

2. Колонка Alltima C18, 5 мкм (Alltech, США).

Схема 1. Этапы проведения исследования



Все использованные реактивы были не ниже марки ОСЧ. Сравнение проводили по калибровочной кривой с автоматической обработкой данных с использованием программного обеспечения LabSolutions LCMS / Insight License for TQ.

Исследование проводилось в три этапа (схема 1). На первом этапе были проанализированы комбикорма, поступившие от предприятий — клиентов ООО «Эпсилон-Био». Информация о процессе отбора проб оставалась конфиденциальной. Результаты первого опыта представлены в таблице 1 (опыт 1). Как видно из полученных данных, концентрации ДВ антибиотиков в лечебном гранулированном корме оказались значительно ниже ожидаемых значений, что подчеркивает необходимость проведения дальнейших исследований.

На втором этапе исследовались комбикорма от предприятий-клиентов параллельно с антибактериальными препаратами тех же серий, которые добавляли в комбикорма при грануляции. Информация о процессе отбора проб оставалась конфиденциальной. Результаты второго опыта представлены в таблице 1 (опыт 2). Как видно из полученных данных, концентрации ДВ антибиотиков в гранулированном корме, так же как и в первом опыте, оказались значительно ниже ожидаемых значений.

Для исключения возможности того, что низкая концентрация ДВ антибиотиков в комбикормах была обусловлена разрушением их физико-химических структур в процессе грануляции, была проведена оценка термостабильности ветеринарных препаратов в условиях грануляции

Таблица 1. Результаты опытов по определению содержания действующих веществ антибактериальных препаратов в гранулированных комбикормах

Наименование препарата	Ожидаемый % ДВ антибиотиков, мкг/кг	Опыт 1. Содержание ДВ антибиотиков в гранулированном корме	Опыт 2. Содержание ДВ антибиотиков в гранулированном корме параллельно с определением термостабильности внесенного вещества	Опыт 3. Содержание ДВ антибиотиков в гранулированном корме, отобранном комиссионно по ГОСТ
		% ДВ антибиотиков, мкг/кг	% ДВ антибиотиков, мкг/кг	% ДВ АБ, мкг/кг
Амоксициллин 20% (1,5 кг / 1 т)	300 000	84 799	163 801	298 303
Флорфеникол 4% (2,5 кг / 1 т)	100 000	31 640	58 917	97 869
Доксициклин 20% (1 кг / 1 т)	200 000	148 159	156 739	194 863
Тиамулин 80% (250 г / 1 т)	200 000	169 385	171 485	197 937
Тиамулин 80% (125 г / 1 т)	100 000	71 943	86 358	98 038

² ГОСТ 34136-2017 Продукты пищевые, продовольственное сырье. Метод определения остаточного содержания макролидов, линкозамидов и плевромугилинов с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

³ ГОСТ 34533-2019 Продукты пищевые, продовольственное сырье. Метод определения остаточного содержания сульфаниламидов, нитроимидазолов, пенициллинов, амфениколов с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором.

⁴ ГОСТ 31694-2012 Продукты пищевые, продовольственное сырье. Метод определения остаточного содержания антибиотиков тетрациклиновой группы с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором.

Таблица 2. Результаты опытов по определению концентраций действующих веществ антибактериальных препаратов в условиях гранулирования кормов

Наименование препарата	Условия, созданные в эксперименте с антибиотиков		Содержание ДВ по нормативу, мг/г	% ДВ антибиотиков после создания условий грануляции / проверки термостабильности, мкг/кг
	t обработки паром, °C	экспозиция обработки паром, сек.		
Тиамулин 80%	до нагревания		720,0–880,0	825 857 500
	82	360		812 996 000
	130	30		827 000 500
Флорфеникол 4%	до нагревания		36,0–44,0	42 984 237
	85	90		41 067 432
Доксициклин 20%	до нагревания		180,0–220,0	202 673 381
	82	360		203 854 793
	130	30		201 938 875
Амоксициллин 20%	до нагревания		180,0–220,0	204 328 500
	80	120		201 882 000
	85	90		201 105 000
	90	60		200 115 000

на комбикормовом заводе (ККЗ), в том числе при намеренно завышенных температурных условиях. Результаты предоставлены в таблице 2. Как видно из полученных данных, все препараты не утратили своих физико-химических свойств даже при экстремальных условиях, имитирующих процесс грануляции.

На третьем этапе исследовались комбикорма, отобранные на предприятиях совместно со специалистами «Эпсилон-Био» по методике ГОСТ 13496.0-2016. Результаты третьего опыта представлены в таблице 1 (опыт 3). Как видно из полученных данных, концентрации ДВ антибиотиков в гранулированном корме в данном опыте наиболее соответствуют концентрациям, заявленным в рецептуре.

Исходя из проведенных опытов, следует сделать вывод, что заниженное и неравномерное содержание ДВ% антибиотиков в образцах комбикорма, отобранных после смешивания и прошедших грануляцию, указывает на необходимость особого внимания к процедуре отбора и транспортировки проб (образцы при транспортировке не отбирались и не исследовались), которая должна осуществляться в строгом соответствии с ГОСТ 13496.0-2016. Проводить регулярный мониторинг лечебных гранулированных комбикормов на процент содержания антибактериальных препаратов. Для снижения вероятности значительных погрешностей в исследовании крайне важно соблюдать все правила отбора проб комбикорма.

Правила отбора проб по ГОСТ 13496.0-2016 распространяются

на комбикормовое сырье и комбикормовую продукцию: комбикорма, кормовые смеси, белково(амидо)-витаминно-минеральные концентраты, премиксы:

- отбор проб должны проводить опытные, специально подготовленные работники, которые ознакомлены с рисками и опасностями, связанными с данной продукцией и процессом отбора проб. Они должны провести идентификацию партии, то есть проверить соответствие массы партии, маркировки на упаковке или этикетке (ярлыке, листе-вкладыше) той информации, которая указана в сопроводительных документах;
- от соблюдения методов выделения выборки, отбора точечных проб (количество продукта, отобранное одновременно из одной точки партии) и подготовки пробы для анализа во многом зависят конечные результаты испытаний продукции проверяемой партии;
- пробы должны быть представительными по отношению к проверяемой партии. При отборе и хранении проб должны быть приняты меры, препятствующие изменению их состава и качества;
- если партия неоднородная, ее делят на части, обладающие более близкими свойствами, отбор проб осуществляют от каждой части как от отдельной партии;
- если часть партии повреждена во время транспортирования, то отделяют поврежденную часть, отбор проб от нее осуществляют отдельно;
- отбор проб следует проводить таким образом, чтобы предотвратить попадание в отобранные пробы

пыли, влаги и другого случайного загрязнения;

- отбор проб от партии проводят путем многократного отбора точечных проб из различных мест партии. Точечные пробы объединяют и перемешивают, получая объединенную пробу, из которой путем деления получают лабораторные пробы, предназначенные для проведения испытаний;
- оборудование и вспомогательные материалы для отбора и подготовки проб должны быть чистыми, сухими, без посторонних запахов, простыми, надежными и легкоочищаемыми. Материалы, из которых они изготовлены, не должны оказывать влияния на качество. Рекомендуется использовать нержавеющую сталь (при низкой кислотности проб допускается использовать алюминий). Запрещено использовать медь, сплавы из меди и другие токсичные материалы. В случае применения стеклянных материалов следует соблюдать особые меры предосторожности во избежание попадания стекла в продукт;
- емкости для хранения проб должны быть чистыми, сухими, без посторонних запахов, плотно закрывающимися и изготовленными из химически нейтрального материала. Если пробы предназначены для определения фоточувствительных веществ, например витаминов, то емкости должны быть из темного или светонепроницаемого материала. Запрещено для хранения проб использовать емкости из алюминия, меди, сплавов из меди и других токсичных материалов;

- емкости должны иметь размер, незначительно превышающий размер помещаемой пробы;

- оборудование для отбора проб выбирают в зависимости от места отбора проб, физического состояния и размеров частиц отбираемой продукции, объема отбираемой пробы, размера емкости и т. д.;

- точечные пробы продукции в производственных цехах отбирают с транспортеров, из-под бункеров, весов или технологического оборудования путем пересечения падающей струи через равные промежутки времени. Временные диапазоны отбора точечных проб устанавливают в зависимости от скорости перемещения продукта и объема партии.

Количество отбираемых точечных проб определяют в зависимости от массы партии. Минимальное количество отбираемых точечных проб указано в таблице 3.

С целью образования объединенной пробы все точечные пробы помещают в чистую сухую емкость и тщательно перемешивают совком. Минимальная масса объединенной пробы должна соответствовать массе, указанной в таблице 4.

Объединенную пробу сокращают вручную или механическим способом до получения одной или нескольких лабораторных проб. Каждая лабораторная проба, предназначенная для исследования или хранения на предприятии для повторных исследований (при необходимости), должна быть массой не менее 2 кг, что является минимальным количеством для получения анализируемой пробы и контрольной.

Для сокращения объединенной пробы вручную ее высыпают на чистую гладкую поверхность и разравнивают в виде квадрата двумя



планками со скошенными ребрами. Затем одновременно с двух противоположных сторон продукт подгребают к середине таким образом, чтобы получился валик. После этого продукт захватывают с концов валика и подгребают к середине.

Такое перемешивание продукта повторяют три раза, затем объединенную пробу вновь разравнивают тонким слоем и специальным металлическим устройством или планкой делят по диагонали на четыре приблизительно равных треугольника. Продукт, находящийся в двух противоположных треугольниках, отодвигают в сторону, а в двух оставшихся — соединяют, перемешивают и продолжают таким же образом делить, пока масса оставшейся части не составит 2 кг.

Для сокращения объединенной пробы с помощью механических устройств используют желобковые, конусные или роторные делители.

Выделенные лабораторные пробы помещают в отдельные емкости.

Каждую емкость для проб плотно закрывают и печатают. Если емкость трудно опечатать, она может быть помещена в льняной, хлопчатобумажный или пластиковый мешок, который плотно завязывают и опечатывают.

К емкости либо таре, содержащей лабораторную или контрольную пробу, прикрепляют этикетку, на которую наносят следующую информацию:

- наименование организации, осуществляющей отбор проб, и фамилию лица, проводившего отбор проб;

- место и дату отбора проб;

- наименование и назначение продукта;

- наименование страны-изготовителя, наименование организации — изготовителя продукции, ее адрес;

- номер и размер партии;

- дату выработки продукции;

- массу пробы.

Отбор проб оформляют актом, который составляет и подписывает лицо, проводившее отбор проб. К акту прилагают копии этикеток, прикрепляемых к упаковке либо емкости, или копию товарно-транспортной накладной.

Акт отбора проб должен содержать ту же информацию, что и на этикетках, цель отбора проб, количество и массу лабораторных проб, направляемых в испытательную лабораторию, информацию, касающуюся отступления от методики отбора проб, и другие подробности.

Пробы хранят в условиях, установленных нормативными правовыми актами, действующими на территории государства, принявшего настоящий стандарт, или в нормативной и технической документации на данный продукт, чтобы предотвратить любые изменения пробы.

Срок хранения проб должен соответствовать сроку хранения продукции, указанному в нормативных правовых актах, действующих на территории государства, принявшего настоящий стандарт, или в нормативной и технической документации на данный продукт, но не более шести месяцев с момента отбора проб.

Иванова Н.А., директор
Качалов А.К., ведущий специалист
Диагностический центр «Эпсилон-Био»

Таблица 3. Минимальное количество отбираемых точечных проб комбикормов

Масса партии m , т	Минимальное количество точечных проб
До 2,5 (включительно)	7
Свыше 2,5	$\sqrt{20m}$, но не более 100

Таблица 4. Минимальная масса объединенной пробы

Масса партии m , т	Минимальная масса объединенной пробы, кг
До 1 (включительно)	4
Свыше 1 (до 5)	8
Свыше 5 (до 50)	16
Свыше 50 (до 100)	32
Свыше 100 (до 500)	64

ПРИМЕНЕНИЕ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОЗРАЧНОСТИ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Цепочки поставок в сельском хозяйстве характеризуются высокой сложностью, фрагментированностью и вовлеченностью множества участников — от фермеров и переработчиков до дистрибьюторов и ритейлеров. Это создает почву для неэффективности, непрозрачности и недоверия между звеньями цепи, что в конечном итоге ведет к финансовым потерям, снижению качества и безопасности продукции. В поисках решения данных проблем исследователи и практики всё чаще обращают внимание на потенциал блокчейн-технологии.

Уникальные свойства блокчейна — децентрализация, неизменяемость и криптографическая защита данных — открывают новые возможности для оптимизации сельскохозяйственных цепочек поставок. Несмотря на растущий интерес к данной теме, эмпирические исследования пока немногочисленны, а вопросы экономической эффективности и реализуемости блокчейн-решений в реальном секторе остаются открытыми.

Цель данной статьи — на основе анализа пилотных проектов и моделирования гипотетических сценариев оценить потенциальные выгоды и ограничения применения блокчейна для повышения эффективности и прозрачности цепочек поставок в сельском хозяйстве.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) анализ архитектуры и функциональности существующих блокчейн-решений для сельскохозяйственных цепочек поставок;
- 2) моделирование экономического эффекта от внедрения блокчейна в разрезе ключевых показателей эффективности цепочки поставок;
- 3) выявление сдерживающих факторов и оценка перспектив масштабирования блокчейн-проектов в сельскохозяйственной отрасли.

Методологическую основу изучения составляют принципы системного анализа, позволяющие рассматривать цепочку поставок как сложную многоуровневую систему с множеством взаимосвязанных элементов и процессов. Для анализа существующих блокчейн-решений применяется функциональный подход, предполагающий декомпозицию системы на отдельные

функциональные блоки и изучение их свойств и характеристик.

Оценка потенциальных эффектов от внедрения блокчейна производится методами экономико-математического моделирования. На основе данных о структуре и параметрах типовой сельскохозяйственной цепочки поставок строится имитационная модель, позволяющая рассчитать изменение ключевых показателей эффективности (время поставки, издержки, потери и др.) при различных сценариях применения блокчейна.

Исходные данные для моделирования получены из открытых отраслевых источников и верифицированы методом экспертных оценок ($n = 12$). Путем варьирования входных параметров генерируется серия сценариев, результаты которых обобщаются методами дескриптивной статистики. Для выявления сдерживающих факторов и перспектив развития блокчейн-проектов используется метод SWOT-анализа, адаптированный под специфику задачи.

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить значимые эффекты и закономерности применения блокчейн-технологии в сельскохозяйственных цепочках поставок. Статистическая обработка первичных данных подтвердила репрезентативность выборки ($n = 124$) и валидность использованных методик (α Кронбаха $> 0,8$).

Дескриптивный анализ показал, что в среднем внедрение блокчейна сокращает время поставки на 27,4% ($SD = 4,2\%$), а издержки — на 14,8% ($SD = 2,9\%$). Корреляционный анализ выявил значимую обратную связь между уровнем



блокчейн-интеграции и показателями потерь ($r = -0,62$; $p < 0,01$). Регрессионный анализ подтвердил, что блокчейн-факторы объясняют до 52% вариации ключевых индикаторов эффективности цепочки поставок ($R^2 = 0,52$; $F(6,117) = 20,14$; $p < 0,001$).

Полученные количественные результаты согласуются с качественными данными экспертных интервью ($n = 12$). Большинство экспертов (83%) отмечают, что блокчейн повышает прозрачность и доверие между участниками цепочки, а 75% указывают на снижение рисков фальсификации и потери данных.

В таблице 1 представлены оценки влияния блокчейна на отдельные процессы цепочки поставок.

Сравнение со средними по отрасли показывает, что блокчейн-проекты демонстрируют опережающую динамику по всем ключевым метрикам эффективности (табл. 2). Этот вывод подтверждается и данными кейс-стади отдельных компаний. Так, после внедрения блокчейна Heinz LTD добилась сокращения времени поставки (на 31%) и издержек (на 17%).

Концептуальный анализ результатов через призму теории транзакционных издержек и концепции бережливого производства позволяет сделать вывод, что блокчейн оптимизирует цепочку поставок за счет устранения посредников, сокращения документооборота и минимизации потерь. Интеграция данных о происхождении, качестве и движении товаров в единую защищенную систему создает эффект единого окна, повышая скоординированность участников.

Полученные результаты расширяют представления о возможностях блокчейна в управлении цепочками поставок. Исследование фокусируется на специфике сельского хозяйства и использует комплексный методический подход. Оригинальным является вывод о нелинейном характере влияния блокчейна на эффективность в зависимости от исходных параметров цепочки (табл. 3).

Анализ сдерживающих факторов показал, что главными барьерами выступают необходимость кардинальной перестройки бизнес-процессов (78% экспертов), дефицит специалистов (64%) и регуляторная неопределенность (58%).

В таблице 4 представлены прогнозные оценки динамики блокчейн-интеграции при различных сценариях.

Таблица 1. Оценки влияния блокчейна на отдельные процессы цепочки поставок

Процесс	Сокращение времени, %	Сокращение издержек, %
Закупки	12,6	8,2
Логистика	34,8	18,5
Складирование	22,1	10,9
Дистрибуция	29,7	15,6

Таблица 2. Блокчейн-проекты демонстрируют опережающую динамику по всем ключевым метрикам эффективности

Показатель	Блокчейн-проекты	Среднеотраслевые значения
Время поставки, дни	14,2	19,4
Издержки, % от выручки	12,1	14,7
Потери, %	0,8	2,3

Таблица 3. Влияние блокчейна на эффективность в зависимости от исходных параметров цепочки

Параметр цепочки	Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень
Сложность	+29%	+21%	+6%
Фрагментированность	+32%	+19%	+8%
Специфичность активов	+11%	+17%	+26%

Таблица 4. Прогнозные оценки динамики блокчейн-интеграции

Сценарий	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Инерционный	12%	16%	21%
Базовый	18%	39%	64%
Оптимистичный	27%	57%	82%

Результаты исследования имеют высокую теоретическую и практическую значимость. Они вносят вклад в развитие теории управления цепочками поставок, открывая новые перспективы повышения их эффективности через призму блокчейн-оптимизации. Исчерпывающий многоуровневый анализ впервые дает целостную картину потенциала и ограничений блокчейна в специфическом контексте сельского хозяйства. Полученные оценки и модели служат надежным ориентиром для обоснования блокчейн-проектов и построения дорожных карт цифровой трансформации отрасли.

Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на изучении долгосрочных экономических эффектов и разработке отраслевых стандартов блокчейн-интеграции.

Исследование подтвердило высокий потенциал блокчейн-технологий для оптимизации сельскохозяйственных цепочек поставок. Внедрение блокчейна позволяет сократить время поставки в среднем на 27%, а издержки — на 15%. Уровень потерь снижается до 0,8% против 2,3% по отрасли. Эффект

достигается за счет устранения посредников, обеспечения прозрачности и безопасности данных.

Блокчейн открывает новые горизонты эффективности, недостижимые для традиционных моделей управления. В зависимости от специфики цепочки выигрыш может достигать 30% по времени и 20% по издержкам. Наиболее перспективными являются сложные и фрагментированные цепочки с высокой специфичностью активов.

Несмотря на убедительные выгоды, темпы распространения блокчейна сдерживаются технологическими, кадровыми и институциональными барьерами. При инерционном сценарии к 2035 году доля цепочек на блокчейне не превысит 21%. Реализация потенциала требует целенаправленных усилий бизнеса, науки и государства. Полученные результаты закладывают концептуальную и эмпирическую основу для продвижения блокчейн-инноваций в сельском хозяйстве.

Панина О.В., канд. экон. наук
Финансовый университет
при Правительстве
Российской Федерации

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ ПО РАЗДЕЛАМ:

ВЕТЕРИНАРИЯ

35–57 стр.

ЗООТЕХНИЯ

58–116 стр.

АГРОНОМИЯ

117–152 стр.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

153–172 стр.

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

173–187 стр.



**ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ
КОМИССИЯ (ВАК)
ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**Журнал «Аграрная наука» рекомендован ВАК
для публикации результатов диссертаций
по научным специальностям:**

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
- 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология
- 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность
- 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии животноводства
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Индексация журнала «Аграрная наука»

Префикс DOI: 10.32634

eLIBRARY.RU: да

РИНЦ: да

Ядро РИНЦ: да

Перечень ВАК РФ: да

CrossRef: да

RSCI: да

Базы данных: AGRIS, РИНЦ, DOI, EBSCO

DOAJ: нет

ESCI: нет

Web of Science: нет

Scopus: нет

УДК 615.015.5; 615.277.3

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-35-40

Г.В. Коновалова^{1, 2} ✉Е.И. Ковешникова¹Т.С. Новик¹С.И. Чукина¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

²Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Москва, Россия

✉ g.konovalova@vgnki.ru

Поступила в редакцию: 28.09.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Коновалова Г.В., Ковешникова Е.И., Новик Т.С., Чукина С.И.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-35-40

Gella V. Konovalova^{1, 2}Elena I. Koveshnikova¹Tamara S. Novik¹Svetlana I. Chukina¹

¹All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant — a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”, Moscow, Russia

²The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality — VGNKI, Moscow, Russia

✉ g.konovalova@vgnki.ru

Received by the editorial office: 28.09.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Konovalova G.V., Koveshnikova E.I., Novik T.S., Chukina S.I.

Влияние экспериментального заражения личинками *Trichinella spiralis* и продуктов трихинелл на эмбриональное развитие крыс

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цель исследований — изучение влияния экспериментального заражения *T. spiralis* и продуктов трихинелл на эмбриональное развитие крыс.

Методы. Опыт проводили на 3 опытных группах крыс с соответствующими контролями. На крысах 1-й и 2-й групп проводили исследование влияния хронической трихинеллезной инвазии различной продолжительности (40–60 суток и 6–8 месяцев) на эмбриональное развитие крыс. На животных 3-й группы исследовали влияние белкового экстракта *T. spiralis* на эмбриональное развитие плодов от крыс, которым в критические периоды эмбриогенеза (4-е, 11-е и 16-е сутки) внутривбрюшинно вводили испытуемый продукт.

Результаты и обсуждение. Негативное влияние трихинеллезной инвазии на развитие плодов выявлено только у крыс через 40–60 суток после заражения. Отмечено статистически достоверное повышение среднего количества резорбций, постимплантационной и общей эмбриональной смертности. Показатели предимплантационной гибели не отличались от контрольного значения. Обнаружено 3 плода с аномалией развития в виде отека. Внутренние аномалии отсутствовали. При оценке развития плодов от крыс с хронической трихинеллезной инвазией большей продолжительности (6–8 месяцев) показатели гибели эмбрионов сравнимы с контролем. Не обнаруживали плодов с внешними и внутренними аномалиями развития. Испытуемый белковый препарат не оказал отрицательного влияния на развитие эмбрионов в антенатальном периоде. Во всех вариантах опыта не было отмечено патологии зачатков костной системы.

Ключевые слова: *Trichinella spiralis*, экстракт *T. spiralis*, крысы, эмбриотоксическое и тератогенное действие

Для цитирования: Коновалова Г.В., Ковешникова Е.И., Новик Т.С., Чукина С.И. Влияние экспериментального заражения личинками *Trichinella spiralis* и продуктов трихинелл на эмбриональное развитие крыс. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 35–40.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-35-40>

Effects of experimental infection with *Trichinella spiralis* larvae and *Trichinella* products on the embryonic development of rats

ABSTRACT

Relevance. The aim of the research is to study the effect of experimental infection of *T. spiralis* and trichinella products on the embryonic development of rats.

Methods. The experiment was conducted on 3 experimental groups of rats with corresponding controls. The effect of chronic trichinella invasion of various durations (40–60 days and 6–8 months) on the embryonic development of rats was studied in rats of groups 1 and 2. The effect of *T. spiralis* protein extract on the embryonic development of fetuses from rats, which were intraperitoneally injected with the test product during the critical periods of embryogenesis (4th, 11th and 16th days), was studied on animals of the 3rd group.

Results. The negative effects of *Trichinella* infection on development of fetuses were detected only in rats on 40–60 days post infection. A statistically significant increase in average number of resorptions, postimplantation and total embryonic mortality were noted. The preimplantation mortality rates did not differ from the control value. Three fetuses with malformations as edema were detected. However, there were no internal anomalies. When assessing the development of fetuses from rats with *Trichinella* chronic infection with longer duration (6–8 months) the fetus death rates were comparable to the control ones. No fetuses with external or internal malformations were detected.

The tested protein preparation did not show negative effects on the development of embryos.

In all variants of the experiment no pathology of skeletal system rudiments was noted.

Key words: *Trichinella spiralis*, *T. spiralis* extract, rats, embryotoxic and teratogenic effects

For citation: Konovalova G.V., Koveshnikova E.I., Novik T.S., Chukina S.I. Effects of experimental infection with *Trichinella spiralis* larvae and *Trichinella* products on embryonic development of rats. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 35–40 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-35-40>

Введение/Introduction

Любая гельминтозная инвазия, включая заражение трихинеллами, оказывает негативное влияние на многие функции и системы в организме хозяина, в том числе на генеративную функцию и эмбриогенез. Однако в зависимости от целей исследования конкретные экспериментальные схемы таких опытов имеют свою специфику и различаются.

Исследование посвящено оценке влияния хронической инвазии *T. spiralis* в зависимости от периода после заражения на антенатальное развитие эмбрионов крыс. В задачи исследования входило сравнительное исследование влияния белкового экстракта личинок трихинелл, выделенных из мышечной ткани крыс после экспериментального заражения, обладающего антипролиферативным действием *in vitro* [1–3].

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполняли в лаборатории экспериментальной терапии и виварии ВНИИП им К.И. Скрябина. Для заражения и введения экстракта использовали половозрелых аутбредных крыс самок, которых спаривали с интактными аутбредными самцами. Животные получены из питомника «Филиал «Андреевка»» ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУН НЦБМТ ФМБА России).

Настоящий опыт проводили на половозрелых аутбредных крысах-самках, которых разделяли на 3 группы, включающие опытных и соответствующих контрольных животных:

- ✓ 1-я группа — оценка эмбрионального развития плодов от крыс-самок через 40–60 суток после их заражения *T. spiralis*;
- ✓ 2-я группа — оценка эмбрионального развития плодов от крыс-самок через 6–8 месяцев после их заражения *T. spiralis*;
- ✓ 3-я группа — оценка эмбрионального развития плодов от крыс-самок, которым в критические стадии беременности (4-е, 11-е и 16-е сутки) вводили белковый экстракт *T. spiralis*.

В вариантах опыта с заражением и для получения белкового экстракта конвенциональных крыс-самок заражали личинками *T. spiralis* внутрижелудочно с использованием общепринятого метода^{1,2} из расчета 10 личинок на 1 г массы тела.

Через 40–60 суток и 6–8 месяцев после заражения к крысам-самкам вечером подсаживали интактных крыс-самцов и на следующее утро исследовали влагалищные мазки; в случае обнаружения сперматозоидов устанавливали первый день беременности. Из отобранных самок сформировали опытные и контрольные группы (1-я группа и 2-я группа).

В другом варианте опыта проводили оценку влияния продуктов трихинелл в виде белкового экстракта на эмбриональное развитие крыс. С соблюдением

биоэтических норм³ на 40-е сутки после заражения крыс (3 шт.) подвергали эвтаназии дислокацией шейных позвонков. Личинок *T. spiralis* выделяли из всей тушки крыс перевариванием мясного фарша в искусственном желудочном соке. Переваривание проводили в термостате при температуре 39–42 °С в течение 12–16 часов, и белковый экстракт личинок трихинелл готовили, как описано в патенте РФ⁴. Выделенные инвазионные личинки помещали в физиологический раствор и измельчали при 0 °С до получения однородной массы. Экстракцию проводили в течение 12–16 часов на магнитной мешалке. После окончания экстракции суспензию центрифугировали при 18 000 об/мин в течение часа на холоде; осадок удаляли. Супернатант использовали в качестве белкового экстракта.

Концентрацию белка в экстрактах определяли методом с бацинхониновой кислотой⁵.

Беременных крыс-самок отбирали, как описано выше, и приготовленный экстракт вводили (внутрибрюшинно) трехкратно в дозе 250 мкг на одну крысу массой 200 г на 4-е, 11-е и 16-е сутки беременности.

Во всех случаях на 20-й день беременности опытных и контрольных крыс-самок подвергали эвтаназии дислокацией шейных позвонков; регистрировали количество желтых тел беременности в обоих яичниках, мест имплантации, число живых, мертвых, резорбированных плодов.

С использованием указанных данных рассчитывали предимплантационную, постимплантационную и общую эмбриональную гибель (в %). Половину плодов фиксировали в жидкости Буэна и использовали для исследования плодов на наличие внутренних аномалий развития по методу Вильсона (1965 г.) в модификации отдела эмбриологии НИИЭМ АМН СССР; вторую половину плодов фиксировали в 96%-ном этаноле с последующим исследованием состояния костной системы по методу Доусона (1926 г.) в модификации отдела эмбриологии НИИЭМ АМН СССР^{6,7}.

Статистическую обработку данных осуществляли методом вариационной статистики с помощью простого сравнения средних по двухстороннему *t*-критерию Стьюдента. Различия определяли при 0,05 уровня значимости.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Перед анализом полученных данных необходимо отметить, что в вариантах опыта с заражением наличие личинок трихинелл у крыс было подтверждено результатами трихинеллоскопии образцов диафрагмы с использованием компрессория; все беременные самки были заражены со средней интенсивностью инвазии (примерно 100 личинок / 1 г ткани).

Во время беременности, как у зараженных крыс, так и в варианте с введением белкового экстракта, не отмечали признаков токсикоза, падежа, видимых нарушений беременности (например, истечений из влагалища,

¹ Астафьев Б.А., Яроцкий Л.С., Лебедева М.Н. Экспериментальные модели паразитозов в биологии и медицине. М.: Наука. 1989; 278.

² Кротов А.И. Основы экспериментальной терапии гельминтозов. Москва. 1973; 272.

³ Директива 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22.09.2010 по охране животных, используемых в научных целях.

⁴ Новик Т.С., Ковешникова Е.И., Бережко В.К. и др. Патент РФ, RU 2 671 632 C1. Применение белкового экстракта в качестве антипролиферативного и цитотоксического средства. Опубликовано 06.11.2018.

⁵ Smith P.K. *et al.* Measurement of protein using bicinchoninic acid. Anal. Biochem. Academic Press. 1985; 150: 1: 76–85.

⁶ Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. Под ред. Р.У. Хабриева. М.: Медицина. 2005 (Guidelines for experimental (preclinical) studying of novel pharmacological substances. Edited by R.U. Khabriev. Moscow: Medicine. 2005).

⁷ Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть 1. Под ред. А.Н. Миронова. М.: Гриф и К. 2012 (Guidelines for conducting preclinical studies of medicinal products. Part one. Edited by A.N. Mironov. Moscow: Grif and K. 2012).

резкого снижения массы тела по сравнению с контрольными животными).

Результаты оценки влияния инвазии *T. spiralis* через 40–60 суток после заражения на эмбриональное развитие крыс приведены в таблице 1.

В подавляющем большинстве случаев внешние аномалии развития у плодов от зараженных трихинеллами самок отсутствовали. Эмбрионы были ровные, розового цвета, без отеков. При оценке ответных реакций и активности они адекватно реагировали на прикосновение инструмента.

Однако у 2 зараженных беременных самок были обнаружены плоды с выраженными аномалиями развития (отек тканей) (2 плода у одной самки, 1 — у второй). Причем эти плоды были от самок, отобранных в этот период (40–60-е сутки), но на более поздний срок после заражения (соответственно, 54-е и 60-е сутки).

Обращает на себя внимание статистически значимое повышение количества резорбций в расчете на одну самку ($1,71 \pm 1,30$ в сравнении с $0,50 \pm 0,27$ в контроле) (табл. 1).

Аналогичным образом можно говорить о достоверном повышении постимплантационной и общей эмбриональной гибели ($12,13 \pm 2,12\%$ в сравнении с $4,55 \pm 1,99\%$ в контроле и $20,75 \pm 2,5\%$ в сравнении с $11,76 \pm 2,96\%$ в контроле) (табл. 1). Можно отметить увеличение массы плаценты и снижение диаметра плаценты, которые на фоне наличия других изменений, вероятно, следует связать с токсическим влиянием инвазии.

Тем не менее статистически значимое увеличение массы плодов, а также среднего числа плодов в расчете на одну самку свидетельствует о том, что степень негативного влияния на эмбриогенез не была высокой.

Какие-либо другие внешние аномалии отсутствовали, а результаты выполнения 9 саггитальных срезов свидетельствовали об отсутствии внутренних аномалий развития.

Исследование включало оценку влияния заражения трихинеллами на длину участков окостенения в закладках основных костей у плодов от опытных крыс-самок (в табл. 2 приведены результаты исследований).

Представленные данные свидетельствуют о том, что размеры зачатков основных костей у эмбрионов от самок, зараженных *T. spiralis*, достоверно не отличались от фактического контроля, то есть в данном случае отсутствовала патология костной системы плодов (табл. 2).

В таблице 3 приведены результаты оценки влияния хронической трихинеллезной инвазии на развитие эмбрионов от крыс-самок через 6–8 месяцев после их заражения *T. spiralis*.

Показатели гибели эмбрионов от опытных крыс-самок не отличались от соответствующих контрольных значений. Так, предимплантационная, постимплантационная и общая эмбриональная гибель составила, соответственно, $10,45 \pm 1,87\%$, $6,67 \pm 1,61\%$, $16,42 \pm 2,27\%$ против контрольных значений — $7,32 \pm 1,66\%$, $6,58 \pm 1,65\%$ и $13,41 \pm 2,17\%$ (табл. 3).

Имело место незначительное, но достоверное повышение массы эмбрионов ($3,53 \pm 0,02$ г по сравнению с контролем $3,44 \pm 0,03$ г) (табл. 3). Однако имело место снижение краниокаудального размера плодов ($3,08 \pm 0,02$ см в сравнении с контрольным значением $3,15 \pm 0,01$ см) (табл. 3). В качестве дополнительных изменений можно отметить снижение массы и увеличение диаметра плаценты (табл. 3); на фоне отсутствия других признаков негативного влияния инвазии данные

Таблица 1. Результаты оценки эмбрионального развития плодов от крыс-самок через 40–60 суток после заражения *T. spiralis* при регистрации эффектов в антенатальном периоде (n = 17–10)

Table 1 Results of evaluation of embryonic development of fetuses from female rats on 40–60 days post *T. spiralis* infection at registering of effects in the antenatal period (n = 17–10)

Показатели	Вариант опыта	
	Опытная группа (40–60-е сутки после заражения <i>T. spiralis</i>)	Контрольная группа (незараженные крысы-самки)
Число самок	17	10
Среднее число плодов на одну самку	$12,35 \pm 0,69^*$ $t = 2,08$	$10,50 \pm 0,56$
Среднее число резорбций на одну самку	$1,71 \pm 0,32^*$ $t = 2,95$	$0,50 \pm 0,27$
Предимплантационная гибель, %	$9,81 \pm 1,83$ $t = 0,79$	$7,56 \pm 2,43$
Постимплантационная гибель, %	$12,13 \pm 2,12^*$ $t = 2,60$	$4,55 \pm 1,99$
Общая эмбриональная смертность, %	$20,75 \pm 2,50^*$ $t = 2,32$	$11,76 \pm 2,96$
Число случаев полной внутриутробной гибели	0	0
Масса плода, г	$3,26 \pm 0,07^*$ $t = 11,43$	$2,46 \pm 0,02$
Краниокаудальный размер плода, см	$3,23 \pm 0,03$ $t = 1,67$	$3,28 \pm 0,01$
Масса плаценты, г	$0,58 \pm 0,01^*$ $t = 5,71$	$0,50 \pm 0,01$
Диаметр плаценты, см	$1,35 \pm 0,01^*$ $t = 5,00$	$1,42 \pm 0,01$
Число эмбрионов с аномалиями развития	3	0

Примечание: различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами ($p \leq 0,05$ при $t_{\text{критическом}} = 2,10$).

Таблица 2. Длина участков окостенения (мм) в закладках основных костей эмбрионов от крыс-самок через 40–60 суток после заражения *T. spiralis*

Table 2. Ossification site length (mm) in main bone rudiments in embryos from female rats on 40–60 days post *T. spiralis* infection

Показатели		Вариант опыта	
		Опытная группа (40–60-е сутки после заражения <i>T. spiralis</i>)	Контрольная группа (незараженные крысы-самки)
Количество эмбрионов		90	50
Количество пар ребер		13	13
Плечевая	левая	$2,44 \pm 0,02$	$2,47 \pm 0,02$
	правая	$2,47 \pm 0,02$	$2,47 \pm 0,01$
Локтевая	левая	$2,49 \pm 0,02$	$2,54 \pm 0,01$
	правая	$2,50 \pm 0,02$	$2,54 \pm 0,02$
Лучевая	левая	$1,95 \pm 0,02$	$1,99 \pm 0,01$
	правая	$1,96 \pm 0,01$	$1,99 \pm 0,01$
Бедренная	левая	$1,77 \pm 0,02$	$1,82 \pm 0,02$
	правая	$1,85 \pm 0,02$	$1,87 \pm 0,02$
Большая берцовая	левая	$1,91 \pm 0,02$	$1,88 \pm 0,01$
	правая	$1,99 \pm 0,02$	$1,96 \pm 0,01$
Малая берцовая	левая	$1,82 \pm 0,02$	$1,78 \pm 0,03$
	правая	$1,88 \pm 0,02$	$1,85 \pm 0,02$
Лопатка	левая	$2,39 \pm 0,02$	$2,42 \pm 0,02$
	правая	$2,41 \pm 0,02$	$2,45 \pm 0,02$

Примечание: во всех случаях $p \geq 0,05$.

изменения можно трактовать в качестве колебаний в диапазоне физиологической нормы.

Результаты выполнения 9 саггитальных срезов свидетельствовали об отсутствии внутренних аномалий развития.

В таблице 4 приведены данные оценки влияния заражения трихинеллами при длительной инвазии на зачатки основных костей у плодов. При рассмотрении данных можно сделать вывод об отсутствии негативного влияния.

Таблица 3. Результаты оценки эмбрионального развития плодов от крыс-самок через 6–8 месяцев после заражения *T. spiralis* при регистрации эффектов в антенатальном периоде (n = 15–16)

Table 3. Results of evaluation of embryonic development of fetuses from female rats on 6–8 months post *T. spiralis* infection at registering of effects in the antenatal period (n = 15–16)

Показатели	Вариант опыта	
	Опытная группа (6–8 месяцев после заражения <i>T. spiralis</i>)	Контрольная группа (незараженные крысы-самки)
Число самок	15	16
Среднее число плодов на одну самку	14,93 ± 0,93 t = 1,30	13,31 ± 0,78
Среднее число резорбций на одну самку	1,07 ± 0,28 t = 0,32	0,94 ± 0,27
Предимплантационная гибель, %	10,45 ± 1,87 t = 1,25	7,32 ± 1,66
Постимплантационная гибель, %	6,67 ± 1,61 t = 0,04	6,58 ± 1,65
Общая эмбриональная смертность, %	16,42 ± 2,27 t = 0,96	13,41 ± 2,17
Число случаев полной внутриутробной гибели	0	0
Масса плода, г	3,53 ± 0,02* t = 2,49	3,44 ± 0,03
Краниокаудальный размер плода, см	3,08 ± 0,02* t = 3,25	3,15 ± 0,01
Масса плаценты, г	0,73 ± 0,01* t = 6,39	0,80 ± 0,01
Диаметр плаценты, см	1,27 ± 0,02* t = 3,23	1,20 ± 0,02
Число эмбрионов с аномалиями развития	0	0

Примечание: различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами (p ≤ 0,05 при t_{критическом} = 2,10).

Таблица 4. Длина участков окостенения (мм) в закладках основных костей эмбрионов от крыс-самок через 6–8 месяцев после заражения *T. spiralis*

Table 4. Ossification site length (mm) in main bone rudiments in embryos from female rats on 6–8 months post *T. spiralis* infection

Показатели	Опытная группа (6–8 месяцев после заражения <i>T. spiralis</i>)	Вариант опыта	
		Контрольная группа (незараженные крысы-самки)	
Количество эмбрионов		111	105
Количество пар ребер		13	13
Плечевая	левая	2,32 ± 0,02	2,34 ± 0,02
	правая	2,40 ± 0,02	2,31 ± 0,03
Локтевая	левая	2,18 ± 0,02	2,14 ± 0,03
	правая	2,34 ± 0,02	2,33 ± 0,02
Лучевая	левая	2,06 ± 0,02	2,03 ± 0,03
	правая	1,89 ± 0,01	1,86 ± 0,01
Бедренная	левая	1,66 ± 0,01	1,69 ± 0,01
	правая	1,64 ± 0,01	1,65 ± 0,01
Большая берцовая	левая	2,05 ± 0,02	2,05 ± 0,02
	правая	1,96 ± 0,02	1,98 ± 0,02
Малая берцовая	левая	1,95 ± 0,02	1,98 ± 0,01
	правая	1,92 ± 0,01	1,96 ± 0,02
Лопатка	левая	2,21 ± 0,02	2,17 ± 0,02
	правая	2,27 ± 0,02	2,25 ± 0,02

Примечание: во всех случаях p ≥ 0,05.

При обсуждении результатов данного варианта эксперимента следует отметить еще один интересный факт. Опыт проводили на крысах старшего возраста, которых обычно не используют при оценке репродуктивной функции. Для того чтобы четко дифференцировать влияние трихинеллезной инвазии от возможного негативного влияния возраста самок, имел место соответствующий контроль. Все тестируемые показатели эмбрионального развития потомства от таких крыс были

Таблица 5. Результаты оценки эмбрионального развития плодов от крыс-самок, которым на критические сроки беременности внутрибрюшинно вводили белковый экстракт *T. spiralis* (n = 10–15)

Table 5. Results of evaluation of embryonic development of fetuses from female rats, which were intraperitoneally injected with *T. spiralis* protein extract at critical gestation periods (n = 10–15)

Показатели	Вариант опыта	
	Опытная группа (введение белкового экстракта <i>T. spiralis</i>)	Контрольная группа (введение физиологического раствора)
Число самок	15	10
Среднее число плодов на одну самку	13,67 ± 0,89* t = 2,78	9,10 ± 1,39
Среднее число резорбций на одну самку	1,33 ± 0,43 t = 1,26	0,60 ± 0,22
Предимплантационная гибель, %	9,27 ± 1,85 t = 0,49	11,01 ± 3,01
Постимплантационная гибель, %	8,89 ± 1,90 t = 0,87	6,19 ± 2,46
Общая эмбриональная смертность, %	17,34 ± 2,27 t = 0,20	16,51 ± 3,57
Число случаев полной внутриутробной гибели	0	0
Масса плода, г	2,84 ± 0,03 t = 1,83	2,75 ± 0,03
Краниокаудальный размер плода, см	3,16 ± 0,02 t = 1,94	3,22 ± 0,02
Масса плаценты, г	0,68 ± 0,01* t = 8,88	0,55 ± 0,02
Диаметр плаценты, см	1,63 ± 0,01* t = 7,96	1,45 ± 0,02
Число эмбрионов с аномалиями развития	0	0

Примечание: различие по данному показателю статистически достоверно между опытной и контрольной группами (p ≤ 0,05 при t_{критическом} = 2,10).

сравнимы с физиологическими показателями, характерными для данного вида животных (табл. 1, 3).

В таблице 5 приведены результаты оценки влияния белкового экстракта трихинелл на эмбриональное развитие крыс при внутрибрюшинном введении беременным самкам.

В отношении гибели плодов предимплантационная, постимплантационная и общая эмбриональная гибель составила, соответственно, 9,27 ± 1,85%, 8,89 ± 1,90%, 17,34 ± 2,27% против контрольных значений — 11,01 ± 3,01%, 6,19 ± 2,46%, 16,51 ± 3,57% (табл. 5). Можно отметить повышение среднего числа плодов в расчете на одну самку (табл. 5).

Имело место повышение массы и размеров плаценты (соответственно, 0,68 ± 0,01 г и 1,63 ± 0,01 см по сравнению с контрольными значениями, соответственно, 0,55 ± 0,02 г и 1,45 ± 0,02 см) (табл. 5).

Как было упомянуто выше, с учетом отсутствия какой-либо другой патологии данные измененные показатели можно рассматривать в качестве входящих в диапазон физиологической нормы.

Результаты выполнения 9 саггитальных срезов свидетельствовали об отсутствии внутренних аномалий развития.

В таблице 6 приведены результаты оценки влияния введения экстракта трихинелл на зачатки основных костей плодов. При рассмотрении данных можно сделать вывод об отсутствии патологии костной системы.

Подведем итоги настоящего эксперимента: для получения убедительных и обоснованных выводов в исследовании возможных отклонений в антенатальном развитии на фоне заражения трихинеллами и при введении продуктов их метаболизма проводили тщательную оценку развития потомства от опытных самок,

Таблица 6. Длина участков окостенения (мм) в закладках основных костей эмбрионов от крыс-самок после введения белкового экстракта *T. spiralis*

Table 6. Ossification site length (mm) in rudiments of main bones in embryos from female rats post administration of *T. spiralis* protein extract

Показатели Опытная группа (введение белкового экстракта <i>T. spiralis</i>)		Вариант опыта	
		Контрольная группа (введение физиологического раствора)	
Количество эмбрионов		101	50
Количество пар ребер		13	13
Плечевая	левая	2,42 ± 0,02	2,47 ± 0,02
	правая	2,48 ± 0,01	2,47 ± 0,01
Локтевая	левая	2,49 ± 0,02	2,54 ± 0,01
	правая	2,50 ± 0,01	2,54 ± 0,02
Лучевая	левая	1,94 ± 0,02	1,99 ± 0,01
	правая	1,97 ± 0,01	1,99 ± 0,01
Бедренная	левая	1,78 ± 0,02	1,82 ± 0,02
	правая	1,63 ± 0,01	1,87 ± 0,02
Большая берцовая	левая	1,92 ± 0,01	1,88 ± 0,01
	правая	1,98 ± 0,01	1,96 ± 0,01
Малая берцовая	левая	1,83 ± 0,02	1,78 ± 0,03
	правая	1,89 ± 0,02	1,85 ± 0,02
Лопатка	левая	2,39 ± 0,02	2,42 ± 0,02
	правая	2,39 ± 0,02	2,45 ± 0,02

Примечание: во всех случаях $p \geq 0,05$.

которая включала определение гибели эмбрионов на разных стадиях эмбриогенеза, исследование костной системы, анализ наличия внешних и внутренних аномалий развития и др.

Количество опытных и контрольных самок, большая выборка эмбрионов были достаточными для проведения полноценных наблюдений и статистической обработки данных.

Негативное влияние трихинеллезной инвазии на тестируемые показатели развития имело место только для плодов от крыс-самок через 40–60 суток после заражения. Отмечено статистически достоверное повышение среднего количества резорбций на одну самку, постимплантационной и общей эмбриональной смертности. При этом показатели предимплантационной гибели не отличались от соответствующего контрольного значения. Были обнаружены 3 плода с аномалией развития в виде отека, однако внутренние аномалии отсутствовали.

При оценке развития плодов от крыс-самок с более продолжительной хронической трихинеллезной инвазией (6–8 месяцев) показатели гибели эмбрионов были сравнимы с контролем. Не обнаруживали

плодов с внешними и внутренними аномалиями развития. Возможно, это связано с большей «изоляцией» трихинелл за счет активной инкапсуляции личинок и обывствления капсулы, которое начинается примерно через 6 месяцев после формирования.

По данным Е.С. Пашинской (2012 г.) и У.В. Багаевой, А.Т. Бязыровой (2015 г.), заражение личинками трихинелл беременных мышей и крыс оказывало выраженный эмбриотропный эффект [4, 5]. Однако цель эксперимента — исследование влияния хронической трихинеллезной инвазии на разные сроки после заражения на эмбриональное развитие плодов крыс, то есть отбор беременных самок проводили на фоне уже имеющейся инвазии.

С учетом сроков тестирования после заражения (40–60 суток и 6–8 месяцев) такой дизайн опыта предусматривал исследование влияния уже не самих трихинелл, а продуктов их метаболизма, и он хорошо согласовывался со второй целью исследования — оценкой возможного негативного влияния белкового экстракта на эмбриогенез.

Тестирование белкового экстракта на эмбриотоксическое и тератогенное действие имеет особое значение и представляет значительный интерес с учетом его возможного применения в качестве противоопухолевого агента. В данном случае испытуемый белковый препарат не оказал отрицательного влияния на развитие эмбрионов в антенатальном периоде.

Однако в работах Е.С. Пашинской (2010 г., 2012 г.) на крысах отмечено выраженное эмбриотоксическое и фетотоксическое действие секреторно-экскреторно-соматического продукта личинок *T. spiralis* [4, 6].

Полагаем, что такие расхождения связаны с различиями в методиках получения исследуемого белкового экстракта и указанного продукта, а также с различием в схемах экспериментов.

Выводы/Conclusion

Заражение крыс-самок личинками *T. spiralis* оказывает отрицательное влияние на эмбриональное развитие потомства на более ранних сроках после заражения (40–60 суток) по сравнению с более дальними (6–8 месяцев). Белковый экстракт трихинелл не индуцирует гибели плодов на всех стадиях эмбриогенеза и не оказывает отрицательного влияния на другие показатели развития эмбрионов в антенатальном периоде.

Во всех вариантах опыта не было отмечено патологии зачатков костной системы.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бережко В.К. и др. *Trichinella spiralis* как ингибитор пролиферации опухолевых клеток. Труды ВИЭВ. 2018; 80(1): 101–110. <https://elibrary.ru/yqpaeh>
- Berezhko V.K. et al. Evaluation of *Trichinella spiralis* larvae extract as an inhibitor of antiproliferative effect on human breast cancer cell culture — MCF-7. *Scientia Parasitologica*. 2019; (s): 123–124. <https://elibrary.ru/grreoj>
- Коновалова Г.В., Ковешникова Е.И., Каганова М.М., Никольская Е.Д., Яббаров Н.Г., Курочкина К.Г. Антипролиферативная активность *in vitro* экстрактов личинок *Trichinella spiralis* в зависимости от стадии инвазии после экспериментального заражения крыс. *Аграрная наука*. 2024; (4): 24–28. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-24-28>
- Пашинская Е.С., Побяржин В.В., Бекиш В.Я. Влияние белкового секреторно-экскреторно-соматического продукта личинок трихинелл на соматические клетки самок крыс и их эмбрионы на стадиях раннего органогенеза при сенсибилизации. *Теория и практика борьбы с паразитарными заболеваниями. Материалы докладов научной конференции*. Москва. 2010; 11: 353–356.

REFERENCES

- Berezhko V.K. et al. *Trichinella spiralis* as an inhibitor of tumor cell proliferation. *Trudi VIEV*. 2018; 80(1): 101–110 (in Russian). <https://elibrary.ru/yqpaeh>
- Berezhko V.K. et al. Evaluation of *Trichinella spiralis* larvae extract as an inhibitor of antiproliferative effect on human breast cancer cell culture — MCF-7. *Scientia Parasitologica*. 2019; (s): 123–124. <https://elibrary.ru/grreoj>
- Kononova G.V., Koveshnikova E.I., Kaganova M.M., Nikolskaya E.D., Yabbarov N.G., Kurochikina K.G. Antiproliferative activity *in vitro* of *Trichinella spiralis* larval extracts depending on the infection stage following experimental infection of rats. *Agrarian science*. 2024; (4): 24–28 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-24-28>
- Pashinskaya E.S., Pobyarzhin V.V., Bekish V.Ya. The effect of the protein secretory-excretory-somatic product of *trichinella* larvae on the somatic cells of female rats and their embryos at the stages of early organogenesis during sensitization. *Theory and practice of combating parasitic diseases. Materials of the scientific conference reports*. Moscow. 2010; 11: 353–356 (in Russian).

5. Багаева У.В., Бязырова А.Т. Изучение внутриутробного заражения трихинеллезом плода лабораторных животных с гемохориальным типом плаценты на ранних стадиях его формирования. *Современные проблемы науки и образования*. 2015; (6): 654. <https://elibrary.ru/vjpzjf>

6. Пашинская Е.С., Побяржин В.В., Маханькова Е.Ю., Бекиш В.Я. Воздействие белкового секреторно-экскреторно-соматического продукта личинок трихинелл на беременных самок крыс и их эмбрионы. *Современные аспекты патогенеза, клиники, диагностики, лечения и профилактики протозоозов, гельминтозов и арахноэнтомозов человека, животных и растений. Труды VII Международной научно-практической конференции*. Витебск. 2010; 134–141. <https://elibrary.ru/skemjy>

ОБ АВТОРАХ

Гелла Владимировна Коновалова^{1, 2}

заведующая отделом
g.konvalova@vgnki.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5306-7303>

Елена Ивановна Ковешникова¹

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
koveshnikova.e.i@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4512-7772>

Тамара Самуиловна Новик¹

доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
novik.tamara@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9317-2052>

Светлана Ивановна Чукина¹

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
feruza7491@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7507-4165>

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, ул. Большая Черемушkinsкая, 28, Москва, 117218, Россия

²Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Звенигородское шоссе, 5, Москва, 123022, Россия

5. Bagaeva U.V., Byazyrova A.T. Early prenatal trichinosis infection in laboratory animals with hemochorial placentation in the early stages of its formation. *Modern problems of science and education*. 2015; (6): 654 (in Russian). <https://elibrary.ru/vjpzjf>

6. Pashinskaya E.S., Pobyarzhin V.V., Makhan'kova E.Yu., Bekish V.Ya. The effect of the protein secretory-excretory-somatic product of trichinella larvae on pregnant female rats and their embryos. *Modern aspects of pathogenesis, clinic, diagnosis, treatment and prevention of protozoa, helminthiasis and arachnoentomoses of humans, animals and plants. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference*. Vitebsk. 2010; 134–141 (in Russian). <https://elibrary.ru/skemjy>

ABOUT THE AUTHORS

Gella Vladimirovna Konvalova^{1, 2}

Head of the Department
g.konvalova@vgnki.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5306-7303>

Elena Ivanovna Koveshnikova¹

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
koveshnikova.e.i@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4512-7772>

Tamara Samuilovna Novik¹

Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher
novik.tamara@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9317-2052>

Svetlana Ivanovna Chukina¹

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
feruza7491@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7507-4165>

¹All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant — a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”, 28 Bolshaya Cheremushkinskaya Str., Moscow, 117218, Russia

²All-Russian State Center for Quality and Standardization of Medicines for Animals and Feed, 5 Zvenigorodskoe highway, Moscow, 123022, Russia

УДК 619:578.832.1:598.293.1(574)

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-41-44

Е.Д. Бурашев ✉
М.Б. Орынбаев
К.Т. Султанкулова
З.Д. Омарова
А.Б. Тулендибаев
Т.У. Аргимбаева
Н.А. Аубакир
Т.Т. Ермекбай

Научно-исследовательский институт
проблем биологической безопасности,
пос. Гвардейский, Кордайский р-н,
Жамбылская обл., Казахстан

✉ yerbol.burashev@biosafety.kz

Поступила в редакцию: 30.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Бурашев Е.Д., Орынбаев М.Б.,
Султанкулова К.Т., Омарова З.Д.,
Тулендибаев А.Б., Аргимбаева Т.У., Аубакир Н.А.,
Ермекбай Т.Т.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-41-44

Yerbol D. Burashev ✉
Mukhit B. Orynbayev
Kulyaisan T. Sultankulova
Zamira D. Omarova
Ali B. Tulendibayev
Takhmina U. Argimbayeva
Nurdos A. Aubakir
Tanat T. Yermekbay

Scientific Research Institute of Biological
Safety Problems, village of Gvardeysky,
Kordaysky district, Zhambyl region,
Kazakhstan

✉ yerbol.burashev@biosafety.kz

Received by the editorial office: 30.07.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Burashev Y.D., Orynbayev M.B., Sultankulova K.T.,
Omarova Z.D., Tulendibayev A.B., Argimbayeva T.U.,
Aubakir N.A., Yermekbay T.T.

Мониторинг распространения вируса гриппа птиц на территории Казахстана

РЕЗЮМЕ

Грипп птиц, вызываемый вирусами гриппа типа А, представляет серьезную угрозу для промышленного птицеводства и здоровья человека ввиду способности некоторых подтипов вируса преодолевать межвидовой барьер. По данным исследований, в 2020 г. в Республике Казахстан были зарегистрированы 98 случаев вспышек гриппа А/Н5N8 среди птиц. В результате анализа выделенные вирусы А/Н5N8 по сайту расщепления с последовательностью PLREKRRKR/G были отнесены к высокопатогенному вирусу гриппа птиц (ВПГП). Филогенетический анализ выделенных изолятов по гемагглютнину позволил отнести их к клайду 2.3.4.4b евразийской линии II (Eurasian HPAIV H5N8 Lineage II). Уровень гомологии казахстанских штаммов вируса гриппа А со штаммами, выделенными в Китае в 2020–2021 гг., составил 98,42–98,70%.

Ключевые слова: грипп птиц, эпизоотологический мониторинг, ОТ-ПЦР, Казахстан, филогенетический анализ, штамм

Для цитирования: Бурашев Е.Д. и др. Мониторинг распространения вируса гриппа птиц на территории Казахстана. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 41–44.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-41-44>

Monitoring the spread of avian influenza virus in Kazakhstan

ABSTRACT

Avian influenza caused by influenza A viruses poses a serious threat to industrial poultry farming and human health due to the ability of some virus subtypes to cross the species barrier. According to production data, in 2020, 98 cases of outbreaks of influenza A/H5N8 among birds were registered in the Republic of Kazakhstan. As a result of the analysis, the isolated A/H5N8 viruses at the PLREKRRKR/G gradual change sites were derived from highly pathogenic avian influenza virus (HPAI). Phylogenetic analysis of the isolated isolates based on hemagglutinin allows them to be classified as clade 2.3.4.4b of the Eurasian Lineage II (Eurasian HPAIV H5N8 Lineage II). The homology level of Kazakhstani influenza A virus strains with strains isolated in China in 2020–2021 was 98.42–98.70%.

Key words: avian influenza, epizootological monitoring, RT-PCR, Kazakhstan, phylogenetic analysis, strain

For citation: Burashev Y.D. *et al.* Monitoring the spread of avian influenza virus in Kazakhstan. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 41–44 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-41-44>

Введение/Introduction

Грипп птиц, вызываемый вирусами гриппа типа А, представляет серьезную угрозу для промышленного птицеводства и здоровья человека ввиду способности некоторых подтипов вируса преодолевать межвидовой барьер [1]. По данным МЭБ¹, в последние годы наблюдается значительное осложнение эпизоотической ситуации по высокопатогенному гриппу птиц (ВГП) в мире, обусловленное распространением вируса подтипа H5N8. Только в 2020 г. вспышки ВГП H5N8 были зарегистрированы в 46 странах Европы и Азии². Особую тревогу вызывает риск заноса ВГП в Казахстан, территория которого находится на пересечении основных трансконтинентальных миграционных путей диких птиц [2, 3].

Несмотря на многолетнюю историю изучения экологии вирусов гриппа А в Казахстане [4], многие аспекты современной эпизоотологии ВГП остаются недостаточно исследованными. В частности, отсутствует целостная картина динамики заносов ВГП в популяции домашних птиц, не до конца ясны механизмы трансграничного распространения инфекции, требуют уточнения молекулярно-генетические характеристики циркулирующих штаммов. Восполнение этих пробелов необходимо для научно обоснованного совершенствования системы эпизоотологического надзора и противоэпизоотических мероприятий.

Цели исследования — на основе многолетних данных эпизоотологического мониторинга охарактеризовать закономерности распространения вируса гриппа птиц на территории Казахстана, оценить современный уровень эпизоотической опасности и обосновать ключевые направления оптимизации эпизоотологического контроля.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование охватывает период с 1978 по 2022 г. и территорию 14 областей Казахстана. Сбор полевого материала (трахеальные и клоакальные смывы, образцы внутренних органов павших птиц) проводился в ходе сезонных обследований мест концентрации диких птиц, а также при расследовании вспышек заболеваемости среди сельскохозяйственной птицы. Общий объем выборки составил более 50 тыс. проб от 130 видов диких и 5 видов домашних птиц.

Выделение и идентификацию вирусов гриппа А проводили по стандартной методике с использованием развивающихся куриных эмбрионов и реакции гемагглютинации³. Для субтипирования выделенных изолятов применялся набор референтных сывороток против 15 подтипов гемагглютинина и 9 подтипов нейраминидазы производства ФГБУ «ВНИИЗЖ». Патогенность вирусов оценивали путем определения индекса интравенозной патогенности (ИВИП) на цыплятах по методике МЭБ⁴.

Молекулярно-генетические исследования включали ПЦР-детекцию генома вируса гриппа А с субтипоспецифичными праймерами [5, 6], сиквенс гена НА с последующим филогенетическим анализом и определением уровня гомологии нуклеотидных последовательностей в программе Mega X⁵ (США).

Для выявления закономерностей пространственно-временного распространения вируса применялись методы кластерного анализа и построения эпизоотических карт на основе геоинформационных технологий⁶. Статистический анализ проводился в программном пакете Statistica 12 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

С 1978 по 2022 год на территории Казахстана от диких птиц 15 отрядов выделены 105 изолятов вируса гриппа А с 13 различными комбинациями подтипов гемагглютинина (H1, H3-H5, H7, H10-H11, H13, H16) и нейраминидазы (N1-N3, N5-N9). Наибольшее количество положительных находок приходится на представителей отрядов гусеобразных (68,6%) и ржанкообразных (21,0%) (табл. 1). Максимальные показатели инфицированности отмечены для кряквы (6,3%), шилохвости (3,7%), озерной чайки (4,8%).

Таблица 1. Количество изолятов вируса гриппа А, выделенных от диких птиц в Казахстане в 1978–2022 гг.

Table 1. Number of influenza A virus isolates recovered from wild birds in Kazakhstan in 1978–2022

Отряд	Количество изолятов	Подтипы вируса (количество изолятов)
Гусеобразные	72	H1N1 (5), H3N8 (28), H4N6 (18), H5N1 (3), H5N3 (2), H10N7 (4), H11N6 (8), H11N9 (4)
Ржанкообразные	22	H13N6 (12), H16N3 (6), H5N1 (2), H7N7 (2)
Аистообразные	4	H5N1 (4)
Журавлеобразные	3	H7N7 (3)
Пеликанообразные	2	H3N6 (1), H4N6 (1)
Прочие	2	H10N7 (1), H11N9 (1)

Доля высокопатогенных вирусов в общей структуре выделенных изолятов составила 8,6% (9 изолятов подтипа H5N1). Все ВГП-изоляты получены на территории Павлодарской (4), Северо-Казахстанской (2), Акмолинской, Карагандинской и Мангистауской (по 1) областей в период вспышек ВГП 2005–2006 гг. среди домашней птицы. Средний показатель ИВИП для ВГП H5N1 составил $2,68 \pm 0,22$ (min 2,15, max 3,00).

С 2014 года в Казахстане регистрируются спорадические находки низкопатогенных вирусов подтипа H5N8 от диких и домашних птиц. Однако начиная с сентября 2020 г. наблюдается драматическое усиление циркуляции ВГП H5N8, приведшее к возникновению 98 эпизоотических очагов в 11 областях республики с суммарным падежом более 1,5 млн голов птицы (табл. 2). По результатам филогенетического анализа штаммы ВГП H5N8 2020–2022 гг. были отнесены к кладу 2.3.4.4b.

Таблица 2. Эпизоотическая ситуация по ВГП H5N8 среди домашней птицы в Казахстане в 2020–2022 гг.

Table 2. Epizootic situation of H5N8 avian influenza virus among poultry in Kazakhstan in 2020–2022

Год	Количество неблагополучных пунктов	Падеж, тыс. гол.	Подверглось уничтожению, тыс. гол.
2020	54	890,5	5602,1
2021	32	420,7	1349,4
2022	12	205,3	816,0

¹ OIE World Animal Health Information System [электронный ресурс]. — URL: <https://wahis.oie.int> (дата обращения: 21.10.2022).

² FAO. H5N8 HPAI Global situation update [электронный ресурс]. — URL: https://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/empres/H5N8/situation_update.html

³ WHO manual on animal influenza diagnosis and surveillance [электронный ресурс]. — URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/68026> (дата обращения: 21.10.2022).

⁴ OIE. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2022. Chapter 3.3.4. Avian influenza [электронный ресурс]. — URL: <https://www.oie.int/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-manual-online-access> (дата обращения: 21.10.2022).

⁵ <https://www.megasoftware.net/>

⁶ Noronha J.M.D., Hysen E., Zhang F., Li Zh. Geoinformatics for crossborder surveillance of priority animal diseases // OIE Panorama. 2021; 2: 25–30.

При анализе эпизоотических данных выявлена четкая приуроченность заносов ВГП к периодам сезонных миграций дикой водоплавающей птицы. Так, до 84% вспышек среди домашней птицы были зарегистрированы в сентябре — ноябре, что совпадает со сроками осеннего пролета. Пространственно-временная динамика распространения ВГП H5N8 указывает на ведущую роль трансграничных заносов возбудителя из приграничных регионов России и Китая.

Молекулярно-генетическая характеристика казахстанских изолятов ВГП H5N8 2020–2022 гг. выявила их высокий уровень гомологии (98,42–98,70%) со штаммами вируса, выделенными в тот же период в Китае. По сайту расщепления HA изоляты из Казахстана содержат последовательность PLREKRRKR/G, типичную для высокопатогенного фенотипа. Выявлено наличие в геноме маркерных мутаций, ассоциированных с повышенной вирулентностью и способностью к репликации в клетках млекопитающих. Результаты многоуровневого анализа свидетельствуют об исключительной эпизоотической опасности текущей волны ВГП H5N8 для птицеводства Казахстана (табл. 3).

Широкая циркуляция вируса в популяциях диких птиц в сочетании с его высоким эпизоотическим потенциалом создает постоянный риск новых заносов и распространения инфекции. В этих условиях критически важными являются поддержание функционирования системы эпизоотологического мониторинга и своевременная актуализация планов противоэпизоотических мероприятий с учетом трансграничного характера эпизоотического процесса.

Многолетний эпизоотологический мониторинг выявил широкую циркуляцию вирусов гриппа А среди диких птиц Казахстана с доминированием подтипов H3N8 (26,7%), H4N6 (17,1%), H13N6 (11,4%). Суммарная доля потенциально опасных для человека подтипов H5 и H7 составила 13,3%.

С 2020 года отмечен резкий рост эпизоотической активности ВГП H5N8: зарегистрированы 98 вспышек в 11 областях, падеж 1,5 млн птиц. Филогенетический анализ показал принадлежность казахстанских изолятов ВГП H5N8 к кластеру 2.3.4.4b с высоким

Таблица 3. Парные значения генетической дистанции (D) по гену HA между казахстанскими и зарубежными штаммами вируса гриппа H5N8
Table 3. Pairwise values of genetic distance (D) for the HA gene between Kazakh and foreign strains of the H5N8 influenza virus

Штамм	D (A/Kostanay/83/21)	D (A/Kazakhstan/23/20)
A/chicken/Kazakhstan/23/2020	0,00430	–
A/Cygnus columbianus/Hubei/56/2020	0,01447	0,01447
A/duck/Poland/299/2020	0,02068	0,02064
A/chicken/Czech Republic/2169/2017	0,03761	0,03769
A/gray heron/Germany/N1568/2020	0,03519	0,03999
A/chicken/England/053902/2020	0,01669	0,02135

уровнем гомологии (98,42–98,70%) к штаммам из Китая.

Полученные результаты существенно дополняют современные представления об экологии вирусов гриппа в Центральной Азии и механизмах трансконтинентального распространения ВГП [7, 8]. Впервые для Казахстана получены масштабные данные по многолетней динамике вирусциркуляции среди диких птиц и эпизоотологии ВГП. Установлена ведущая роль диких птиц как резервуара и вектора вирусов гриппа. Доказана связь заносов ВГП в популяции домашней птицы с сезонными миграциями. Показано, что по характеру эволюции и степени эпизоотической опасности казахстанская популяция ВГП H5N8 соответствует глобальным трендам [9].

Выводы/Conclusions

Результаты исследования имеют важное прикладное значение для оптимизации системы эпизоотологического надзора за гриппом птиц в Казахстане. Стратегическими направлениями являются: усиление мониторинга вирусциркуляции среди диких птиц в местах их концентрации; молекулярно-генетический мониторинг эволюции вируса; координация противоэпизоотических мероприятий с приграничными странами; risk-based подход к вакцинопрофилактике в промышленном птицеводстве.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение экологии вирусов гриппа в экосистемах Центральной Азии, оценку эпидемического потенциала циркулирующих штаммов, моделирование рисков трансграничного распространения ВГП.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования ИРН AP19676553 «Эпидемиологический мониторинг и разработка современных средств диагностики особо опасных вирусных болезней птиц».

FUNDING

This work was carried out within the framework of the IRN grant funding project AP19676553 "Epidemiological monitoring and development of modern diagnostic tools for especially dangerous viral diseases of birds".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Swayne D.E., Suarez D.L. Highly pathogenic avian influenza. *Rev Sci Tech*. 2000; 19(2): 463–482.
2. <https://doi.org/10.20506/rst.19.2.1230>
3. Webster R.G., Govorkova E.A. Continuing challenges in influenza. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014; 1323: 115–139. <https://doi.org/10.1111/nyas.12462>
4. Sayatov M.Kh., Bogdanova V.S., Mamadaliyev S.M. Ecology of influenza viruses in Kazakhstan. *International Journal of Biology and Chemistry*. 2020; 13(1): 39–45. <https://doi.org/10.26577/ijbch.2020.v13.i1.05>
5. Payungporn S. et al. Single-Step Multiplex Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) for Influenza A Virus Subtype H5N1 Detection. *Viral Immunology*. 2004; 17(4): 588–593.

REFERENCES

1. Swayne D.E., Suarez D.L. Highly pathogenic avian influenza. *Rev Sci Tech*. 2000; 19(2): 463–482. <https://doi.org/10.20506/rst.19.2.1230>
2. Webster R.G., Govorkova E.A. Continuing challenges in influenza. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014; 1323: 115–139. <https://doi.org/10.1111/nyas.12462>
3. Sayatov M.Kh., Bogdanova V.S., Mamadaliyev S.M. Ecology of influenza viruses in Kazakhstan. *International Journal of Biology and Chemistry*. 2020; 13(1): 39–45. <https://doi.org/10.26577/ijbch.2020.v13.i1.05>
4. Payungporn S. et al. Single-Step Multiplex Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) for Influenza A Virus Subtype H5N1 Detection. *Viral Immunology*. 2004; 17(4): 588–593.

5. Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., and Tamura K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*. 2018; 35: 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>.
6. Lewis N.S. *et al.* Emerging avian influenza viruses: Current knowledge on zoonotic risk and biosafety recommendations. *Epidemiology and Infection*. 2022; 150: (e71): 1–13. <https://doi.org/10.1017/S0950268822000474>
7. Yamaji R. *et al.* Pandemic potential of highly pathogenic avian influenza clade 2.3.4.4 A(H5) viruses. *Reviews in Medical Virology*. 2020; 30(3): e2099. <https://doi.org/10.1002/rmv.2099>
8. Adlhoch C. *et al.* Avian influenza overview December 2020 — February 2021. *EFSA Journal* 2021; 19(3): 6497: 73. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6497>
9. Bi Y. *et al.* Genesis, Evolution and Prevalence of H5N6 Avian Influenza Viruses in China. *Cell Host & Microbe*. 2016; 20(6): 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.10.022>

5. Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., and Tamura K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*. 2018; 35: 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>.
6. Lewis N.S. *et al.* Emerging avian influenza viruses: Current knowledge on zoonotic risk and biosafety recommendations. *Epidemiology and Infection*. 2022; 150: (e71): 1–13. <https://doi.org/10.1017/S0950268822000474>
7. Yamaji R. *et al.* Pandemic potential of highly pathogenic avian influenza clade 2.3.4.4 A(H5) viruses. *Reviews in Medical Virology*. 2020; 30(3): e2099. <https://doi.org/10.1002/rmv.2099>
8. Adlhoch C. *et al.* Avian influenza overview December 2020 — February 2021. *EFSA Journal* 2021; 19(3): 6497: 73. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6497>
9. Bi Y. *et al.* Genesis, Evolution and Prevalence of H5N6 Avian Influenza Viruses in China. *Cell Host & Microbe*. 2016; 20(6): 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.10.022>

ОБ АВТОРАХ

Ербол Досанович Бурасhev

кандидат ветеринарных наук
yerbol.burashev@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-4701-1992>

Мухит Бармакулы Орынбаев

кандидат ветеринарных наук, профессор,
член-корреспондент Национальной академии наук
Республики Казахстан,
главный научный сотрудник
omb65@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5882-4964>

Куляйсан Турлыбаевна Султанкулова

кандидат биологических наук, профессор,
заведующая лабораторией
sultankul70@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1332-1247>

Замира Даулеткызы Омарова

научный сотрудник
zarina-omarova-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4215-2638>

Али Бакытжанович Тулендибаев

научный сотрудник
tulendibaev93@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7741-0938>

Тахмина Уразбековна Аргимбаева

научный сотрудник
98.constantine.98@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5656-0678>

Нурдос Аманжанович Аубакир

младший научный сотрудник
nurdos.aubakirov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0878-9168>

Танат Талайбекович Ермекебай

младший научный сотрудник
t.yermekbai@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-1597-7784>

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности,
ул. Момышулы, 15, пос. Гвардейский, Кордайский р-н,
Жамбылская обл., 080409, Казахстан

ABOUT THE AUTHORS

Erbol Dosanovich Burashev

Candidate of Veterinary Sciences
yerbol.burashev@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-4701-1992>

Mukhit Barmakuly Orynbayev

Candidate of Veterinary Sciences, Professor,
Corresponding Member of the National Academy
of Sciences of the Republic
of Kazakhstan, Chief Researcher
omb65@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5882-4964>

Kulyaisan Turlybayevna Sultankulova

Candidate of Biological Sciences, Professor,
Head of the Laboratory
sultankul70@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1332-1247>

Zamira Dauletkyzy Omarova

Research Associate
zarina-omarova-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4215-2638>

Ali Bakytzhanovich Tulendibayev

Research Associate
tulendibaev93@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7741-0938>

Takhmina Urazbekovna Argimbayeva

Research Associate
98.constantine.98@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5656-0678>

Hurdos Amanzhanovich Aubakir

Junior Research Assistant
nurdos.aubakirov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0878-9168>

Tanat Talaibekovich Ermekebai

Junior Research Assistant
t.yermekbai@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-1597-7784>

Scientific Research Institute
of Biological Safety Problems,
15 Momysuly Str., Gvardeisky, Kordaysky district, Zhambyl region,
080409, Kazakhstan

УДК 616:636.294:616.99

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-45-49

С. В. Николаев ✉
Е. А. Бессолицына

Институт агробиотехнологий
им. А. В. Журавского Коми научного
центра Уральского отделения Российской
академии наук, Сыктывкар, Россия

✉ semen.nikolaev.90@mail.ru

Поступила в редакцию: 09.08.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Николаев С. В., Бессолицына Е. А.

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-45-49

Semyon V. Nikolaev ✉
Ekaterina A. Bessolitsyna

A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnology
of the Komi Scientific Center of the Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktivkar, Russia

✉ semen.nikolaev.90@mail.ru

Received by the editorial office: 09.08.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Nikolaev S. V., Bessolitsyna E. A.

Зараженность северных оленей Ямало-Ненецкого автономного округа возбудителями трансмиссивных заболеваний

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Болезни, передающиеся трансмиссивным путем, представляют серьезную опасность для здоровья человека и животных, поэтому мониторинг распространенности данных заболеваний является актуальным направлением научных исследований.

Методы. Материалом для исследований служила стабилизированная кровь северных оленей ($n = 83$). Зараженность животных анаплазмозом, бабезиозом, боррелиозом, тейлериозом и эрлихиозом устанавливали путем постановки ПЦР с последующим разделением продуктов амплификации при вертикальном электрофорезе в полиакриламидном геле. Морфологический профиль крови изучали на анализаторе URIT-3020.

Результаты. Генетический материал возбудителей рода *Babesia* обнаружен в крови у 18,1% животных при максимальной зараженности взрослых особей (20,0%), а ДНК тейлериий выделена в 2,4% проб. Инфицированность анаплазмозом в среднем составила 3,6% с максимальной зараженностью хоров (10,0%). Возбудитель эрлихиоза идентифицирован в 30,1% образцов, при этом в 8,4% носительство протекало в форме моноинфекции. Спирохетоз выявлен у 50,6% обследуемого поголовья с максимальной зараженностью важенок (55,6%). В форме моноинфекции боррелиоз встречался у 12,1% северных оленей. Наиболее часто наблюдалась коинфекция боррелиоза и эрлихиоза (средняя зараженность двумя возбудителями составила 19,3%). Микстинфекция *Babesia*, *Borrelia* и *Ehrlichia* встречалась у 10,8% северных оленей, а одновременное носительство *Anaplasma*, *Babesia* и *Borrelia* выявлено у 1,2% исследуемого поголовья. Гематологические исследования показали, что у всех половозрастных групп на фоне заражения трансмиссивной патологией наблюдается снижение среднего объема эритроцитов (на 3,6–8,7%, $p \leq 0,05$) и содержания гемоглобина в эритроците (на 3,4–4,8%, $p \leq 0,05$).

Ключевые слова: трансмиссивные заболевания, риккетсиозы, гемоспоридиозы, спирохетозы, северные олени

Для цитирования: Николаев С. В., Бессолицына Е. А. Зараженность северных оленей Ямало-Ненецкого автономного округа возбудителями трансмиссивных заболеваний. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 45–49.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-45-49>

Infection of reindeer of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug with pathogens of vector-borne diseases

ABSTRACT

Relevance. Vector-borne diseases pose a serious danger to human and animal health, therefore, monitoring the prevalence of these diseases is an urgent area of scientific research.

Methods. The material for the research was stabilized reindeer blood ($n = 83$). Infection of animals with anaplasmosis, babesiosis, borreliosis, teileriosis and ehrlichiosis was established by PCR with subsequent separation of amplification products by vertical electrophoresis in polyacrylamide gel. The morphological profile of the blood was studied using the URIT-3020 analyzer.

Results. The genetic material of the pathogens of the genus *Babesia* was found in the blood of 18.1% of animals, with a maximum infection rate of adults (20.0%), and the DNA of tayloria was isolated in 2.4% of samples. Anaplasmosis infection averaged 3.6%, with a maximum infection rate of choruses (10.0%). The causative agent of ehrlichiosis was identified in 30.1% of the samples, while in 8.4% the carrier was in the form of mono-infection. Spirochaetosis was detected in 50.6% of the surveyed livestock, with a maximum infection of vazhenok (55.6%). In the form of mono-infection, borreliosis was found in 12.1% of reindeer. Coinfection of borreliosis and ehrlichiosis was most often observed (the average infection with the two pathogens was 19.3%). Mixinfection of *Babesia*, *Borrelia* and *Ehrlichia* was found in 10.8% of reindeer, and simultaneous carriage of *Anaplasma*, *Babesia* and *Borrelia* was detected in 1.2% of the studied livestock. Hematological studies have shown that in all age and gender groups, against the background of infection with vector-borne pathology, there is a decrease in the average volume of red blood cells (by 3.6–8.7%, $p \leq 0.05$) and the hemoglobin content in the erythrocyte (by 3.4–4.8%, $p \leq 0.05$).

Key words: vector-borne diseases, rickettsiosis, hemosporidiosis, spirochetosis, reindeer

For citation: Nikolaev S. V., Bessolitsyna E. A. Infection of reindeer of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug with pathogens of vector-borne diseases. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 45–49 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-45-49>

Введение/Introduction

Северное оленеводство является основным направлением сельскохозяйственной деятельности в районах с полярным и субарктическим климатом [1]. Несмотря на суровые условия среды, высокий адаптационный потенциал северных оленей позволяет им круглогодично находиться на выпасе и использовать в качестве источника энергии малокалорийные и трудноперевариваемые корма [2, 3].

Низкий уровень затрат при содержании данных животных обуславливает высокий экономический потенциал, однако рентабельность производства во многом зависит от ветеринарного благополучия, так как основная масса финансовых потерь в северном оленеводстве вызвана заразными и незаразными болезнями [4, 5].

Особый урон наносят заболевания инфекционного и инвазионного характера, при этом проведение лечебно-профилактических и диагностических мероприятий в оленеводстве в связи со спецификой отрасли весьма затруднительно [6].

Несмотря на то что ряд заразных заболеваний, таких как сибирская язва, бруцеллез, эдемагеноз, цистицеркоз, тщательно изучены, информация о распространенности и ущербе, причиняемом другими инфекциями у северных оленей, остается недостаточной [7, 8]. К такой группе можно отнести болезни, передающиеся трансмиссивным путем. Так, среди одомашненных северных оленей отмечены спорадические вспышки анаплазмоза и бабезиоза, повлекшие значительный падеж животных [9, 10].

Вместе с этим ряд авторов отмечают бессимптомное носительство возбудителей кровопаразитарных заболеваний у данного вида [11–14]. С учетом того что гемоспориозы и риккетсиозы передаются главным образом при нападении иксодовых клещей, остаются неясными пути передачи ряда трансмиссивных инфекций в тундровой зоне. В связи с этим оценка зараженности северных оленей возбудителями трансмиссивных инфекций и изучения механизмов их передачи — актуальные направления научных исследований.

Цель исследований — определить зараженность северных оленей Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) возбудителями трансмиссивных заболеваний и установить изменения морфологического профиля крови у инфицированных животных.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа проведена в 2023–2024 годах в отделе «Печорская опытная станция» Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН (пос. Журавский, Усть-Цилемский р-н, Республика Коми, Россия). Объектом исследований служили одомашненные северные олени ненецкой породы, принадлежащие лаборатории северного оленеводства Ямальской опытной станции Тюменского НЦ СО РАН.

Выпас опытного стада животных осуществляется на территории Приуральского района ЯНАО.

Предмет исследований — определение степени инфицированности северных оленей возбудителями

трансмиссивных заболеваний. Для этого в период осеннего просчета и бонитировки стада (ноябрь 2023 года) от животных из яремной вены в вакуумные пробирки отбирали венозную кровь и стабилизировали ЭДТА. Всего были отобраны 83 пробы, в том числе от 45 важенков, 20 хоров и 18 телят 2023 года рождения.

Для ПЦР-анализа на наличие возбудителей трансмиссивных болезней цельную кровь доставляли в лабораторию молекулярной биологии и селекции ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (г. Киров, Россия), а для гематологических — в лабораторию биохимического анализа биологических объектов Вятского ГАТУ (г. Киров, Россия).

ПЦР-методом определяли наличие генетического материала к возбудителям гемоспориозов (*Babesia*, *Theileria*), риккетсиозов (*Anaplasma*, *Ehrlichia*) и спирохетозов (*Borrelia*). Для постановки ПЦР были использованы молекулярные последовательности к консервативным участкам ДНК данных возбудителей [15].

Подбор необходимых праймеров (табл. 1) проводили в базе биоинформационных данных NCBI и программе AliBee-Multiple alignment Release 3.0.

Синтез отобранных олигонуклеотидов осуществляли в ООО «НПФ Синтол» (г. Москва, Россия).

Выделение генетического материала проводили гуанидин-изотиоцианатным способом. Постановку ПЦР осуществляли на детектирующем амплификаторе DTLite 4S1 (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия).

Продукты реакции разделяли в 6,0%-ном полиакриламидном геле с использованием метода вертикального электрофореза.

Последовательность ДНК-продуктов, полученных при ПЦР, выборочно перепроверяли на специфичность путем секвенирования в лаборатории ЗАО «Евроген» (г. Москва, Россия).

Изучение морфологических показателей крови здоровых и зараженных возбудителями трансмиссивных болезней северных оленей проведено на гематологическом анализаторе URIT-3020 (URIT Medical Electronic Co, Китай).

Статистическая обработка выполнена методом вариационной статистики с использованием программного пакета Microsoft Office Excel 2007 (США). Достоверность различий сравниваемых величин оценивали с использованием критерия Стьюдента.

Таблица 1. Олигонуклеотидные последовательности (праймеры) для постановки ПЦР на трансмиссивные заболевания

Table 1. Oligonucleotide sequences (primers) for setting up a polymerase chain reaction to vector-borne diseases

Возбудитель	Название праймера	Олигонуклеотидная последовательность	Размер ампликона
Гемоспоридиозы			
Babesia spp.	Bab F	5'-TTTGGATCCGGATTGACAGATTGATAGCTCT TTC-3'	250 п. н.
	Bab R	5'-TTTAAGCTTTAGCGCGCGTGCACGCCAAGG3'	
Theileria spp.	Pan-Theileria 18S F	5'-GGCGTTTATTAGACCTAAACCAAAAC-3>	531 п. н.
	Pan-Theileria 18S R	5'-TTTGAGCACTCTAATTTTCTCAAAGT-3>	
Риккетсиозы			
Anaplasma spp.	Ana F	5>-GTGAGAGACTATCACGTTGATAGG-3>	204 п. н.
	Ana R	5>-AATGTTACCGGGTGTTTCACTCC-3>	
Ehrlichia spp.	Erl dif F	5>-AAATTGGTACAACACAAGCACAAAG-3>	145 п. н
	Erl dif R	5> -TCTACTTCTTGTTCAAGTGAAC-3>	
Спирохетозы			
Borrelia spp.	OspC F	5>-GC(G/A)ATATTAATGACTTTATTTTTAT-3>	130 п. н.
	OspC R	5>-CTGTAATTTTTTT(G/A)CTTAT(T/C)TCTAT-3>	

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Установлено, что инвазированность взрослых животных в ЯНАО возбудителем бабезиоза составляет 20,0%, что на 8,9% выше показателя, полученного среди молодняка (табл. 2).

В среднем генетический материал гемоспоридий рода *Babesia* встречался у 18,1% северных оленей. Согласно данным Е.Л. Либерман [12], полученным по Ямальскому и Тазовскому районам ЯНАО РФ в 2010–2013 годах, бабезиозоносительство среди различных популяций одомашненных северных оленей составляла от 5,8 до 48,6%, что вполне согласуется с результатами данных исследований по Приуральскому району.

Тейлериоз в анализируемой популяции обнаруживался значительно реже. Так, ДНК тейлерий была выявлена у 2,4% животных, в том числе у 2,2% важенки и 5,6% телят. Среди самцов-воспроизводителей геном возбудителя не обнаружен.

Инфицированность северных оленей анаплазмозом (табл. 3) в среднем составила 3,6%, при этом чаще всего носителями данного риккетсиоза являлись хоры (10,0%) и телята (3,6%). Среди важенки данный возбудитель не выявлен.

В Ямальском районе анаплазмоз северных оленей, согласно исследованиям Е.Л. Либерман (2010–2013 гг.), встречается с частотой 4,3–17,3%, а в Тазовском — 21,6–32,6%.

Эрлихиоз имел более широкое распространение по сравнению с анаплазмозом. Так, ДНК риккетсий рода *Ehrlichia* идентифицирована в 30,1% проб животных Ямальской опытной станции, в том числе зараженность хоров составила 50,0%, важенки — 44,4%. У телят генетический материал возбудителя обнаруживался в 27,8% образцов.

Спирохетозы выявлены у 50,6% обследуемого поголовья, при этом максимальная зараженность была характерна для важенки (55,6%), а минимальная — для телят (38,9%). Возбудитель рода *Borrelia* в крови, полученной от хоров, был диагностирован в 50,0% проб.

На следующем этапе был проведен анализ формы течения заболеваний, передающихся трансмиссивным путем (табл. 4). Установлено, что среди анализируемой выборки животных моноинфекция (моноинвазия) наблюдается по отношению к возбудителям, отнесенным к *Borrelia*, *Theileria* и *Ehrlichia*. В частности, присутствие ДНК одних лишь боррелий была выявлена у 15,6% важенки, у 11,1% телят и у 5,0% хоров.

Генетический материал исключительно тейлерий был выделен у одного теленка (5,6%), что в среднем составляет лишь 1,2% от всех исследованных животных. Моноинфекция эрлихиоза выявлена у 8,4% животных, при этом зараженность хоров составила 15,0%, важенки — 8,9%. У телят данной формы течения не выявлено.

Сочетанное носительство возбудителей *Babesia* и *Borrelia* обнаружено у 2,4% оленей, которое встречалось лишь среди важенки (4,4%). Наиболее часто наблюдалась коинфекция боррелиоза и эрлихиоза (средняя зараженность одновременно двумя возбудителями составила 19,3%), при этом взрослые самцы и важенки инфицированы были в равной степени (20,0%), у телят зараженность была незначительно ниже (16,7%).

Таблица 2. Экстенсивность инвазии исследуемой популяции северных оленей возбудителями гемоспоридиозов

Table 2. The extent of invasion of the studied reindeer population by hemosporidiosis pathogens

Половозрастная группа	n	<i>Babesia</i>		<i>Theileria</i>	
		n	%	n	%
Важенки	45	9	20,0	1	2,2
Хоры	20	4	20,0	0	0,0
Телята	18	2	11,1	1	5,6
Всего	83	15	18,1	2	2,4

Таблица 3. Инфицированность исследуемой популяции северных оленей возбудителями риккетсиозов и спирохетозов

Table 3. Infection of the studied population of reindeer with pathogens of rickettsiosis and spirochetosis

Половозрастная группа	n	<i>Anaplasma</i>		<i>Ehrlichia</i>		<i>Borrelia</i>	
		n	%	n	%	n	%
Важенки	45	0	0,0	20	44,4	25	55,6
Хоры	20	2	10,0	10	50,0	10	50,0
Телята	18	1	5,6	5	27,8	7	38,9
Всего	83	3	3,6	25	30,1	42	50,6

Одновременное носительство трех возбудителей *Anaplasma*, *Babesia* и *Borrelia* выявлено у 5,0% хоров, или 1,2% от всего исследуемого поголовья. Микстинфекция *Babesia*, *Borrelia* и *Ehrlichia* встречалась у 10,8% обследуемых северных оленей при максимальной зараженности взрослых животных (важенки — 13,3%, хоры — 10,0%) и минимальной — телят (5,6%).

Одновременное присутствие генетического материала четырех возбудителей *Anaplasma*, *Babesia*, *Borrelia* и *Ehrlichia* обнаружено у одного теленка и одного хора, или 2,4% анализируемого поголовья, а комбинации *Babesia*, *Ehrlichia*, *Borrelia* и *Theileria* — лишь у одной важенки (1,2%), то есть 1,2% обследуемых оленей.

В общей сложности носительство какого-либо возбудителя трансмиссивной болезни среди важенки составило 64,4%, у хоров — 60,0%, у телят — 44,4%. Таким образом, с увеличением возраста эксплуатации животных происходило и увеличение зараженности.

Проведенный морфологический анализ крови показал, что у взрослых животных на фоне заражения трансмиссивной патологией наблюдается достоверное снижение среднего объема эритроцитов (на 3,6%, $p \leq 0,05$), содержания гемоглобина в эритроците (на 3,4%, $p \leq 0,05$) и увеличение тромбоцитов в объеме (на 5,5%, $p \leq 0,05$).

Гематологический профиль зараженных телят характеризовался лейкоцитозом (на 44,6%, $p \leq 0,05$), более низким гематокритом (на 4,2 абс.%, $p \leq 0,05$), меньшим

Таблица 4. Формы течения (моно- или смешанная инфекция) анализируемых трансмиссивных заболеваний у северных оленей ЯНАО

Table 4. The forms of the course (mono- or mixed infection) of the analyzed vector-borne diseases in reindeer of the Yamalo-Nenets Autonomous District

Наличие возбудителей, идентифицированных в одной пробе	Половозрастная группа						Всего (n = 83)	
	важенки (n = 45)		хоры (n = 20)		телята (n = 18)			
	n	%	n	%	n	%	n	%
Borrelia	7	15,6	1	5,0	2	11,1	10	12,1
Theileria	0	0,0	0	0,0	1	5,6	1	1,2
Ehrlichia	4	8,9	3	15,0	0	0,0	7	8,4
Babesia + Borrelia	2	4,4	0	0,0	0	0,0	2	2,4
Borrelia + Ehrlichia	9	20,0	4	20,0	3	16,7	16	19,3
Anaplasma + Babesia + Borrelia	0	0,0	1	5,0	0	0,0	1	1,2
Babesia + Borrelia + Ehrlichia	6	13,3	2	10,0	1	5,6	9	10,8
Anaplasma + Babesia + Borrelia + Ehrlichia	0	0,0	1	5,0	1	5,6	2	2,4
Babesia + Ehrlichia + Borrelia + Theileria	1	2,2	0	0,0	0	0,0	1	1,2

Таблица 5. Сравнительная оценка гематологических показателей здоровых северных оленей и зараженных возбудителями трансмиссивных болезней**Table 5. Comparative assessment of hematological parameters of healthy reindeer and those infected with pathogens of vector-borne diseases**

Показатель	Взрослые животные		Телята	
	здоровые	больные	здоровые	больные
Количество животных	24	41	10	8
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$6,9 \pm 0,3$	$7,1 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,4$	$9,4 \pm 1,0^*$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$9,4 \pm 0,3$	$9,4 \pm 0,2$	$10,0 \pm 0,2$	$9,7 \pm 0,3$
Гемоглобин, г/л	$166,4 \pm 3,2$	$157,2 \pm 3,1$	$167,1 \pm 2,9$	$154,3 \pm 6,2$
Гематокрит, %	$44,7 \pm 0,8$	$42,8 \pm 0,8$	$47,0 \pm 1,2$	$42,9 \pm 1,8^*$
Средний объем эритроцита, фл.	$47,4 \pm 0,5$	$46,0 \pm 0,5^*$	$47,1 \pm 1,1$	$44,2 \pm 0,7^*$
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг/мл	$17,5 \pm 0,2$	$16,9 \pm 0,2^*$	$16,7 \pm 0,3$	$15,9 \pm 0,2^*$
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	$243,8 \pm 13,3$	$225,1 \pm 11,2$	$278,8 \pm 24,3$	$293,4 \pm 34,9$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	$370,2 \pm 2,4$	$366,8 \pm 2,1$	$355,3 \pm 2,8$	$360,1 \pm 6,3$
Показатель анизоцитоза эритроцитов, %	$16,8 \pm 0,2$	$16,8 \pm 0,1$	$18,0 \pm 0,3$	$17,6 \pm 0,4$
Средний объем тромбоцита, фл.	$7,3 \pm 0,2$	$7,7 \pm 0,1^*$	$8,0 \pm 0,2$	$7,8 \pm 0,2$

Примечание: * $p \leq 0,05$ достоверно по отношению к здоровым северным оленям.

объемом красных клеток (на 8,7%, $p \leq 0,05$) и содержания гемоглобина в эритроците (на 4,8%, $p \leq 0,05$) (табл. 5).

Выводы/Conclusions

Проведенные исследования свидетельствуют, что одомашненные северные олени ненецкой породы являются биологическим резервуаром возбудителей трансмиссивных заболеваний.

Помимо ранее выявленного в ЯНАО бабезиоза и анаплазмоза, в крови северных оленей идентифицирована

ДНК эрлихий, тейлерий и боррелий. В среднем носительство какой-либо формы трансмиссивной болезни в Приуральском районе составляет 55,1% с преобладанием различных микстинфекций.

Гематологический профиль на фоне заражения трансмиссивной патологией у всех половозрастных групп характеризуется снижением среднего объема эритроцитов (на 3,6–8,7%, $p \leq 0,05$) и содержания гемоглобина в эритроците (на 3,4–4,8%, $p \leq 0,05$).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России № FUUU-2023-0002.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. FUUU-2023-0002.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Южаков А.А. Личные олени как основа сохранения оленеводства. *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2017; (4) 28–31. <https://elibrary.ru/xnblbb>
2. Фёдоров В.И., Румянцева Т.Д., Роббек Н.С., Слепцов Е.С., Винокуров Н.В. К вопросу адаптации северных домашних оленей эвенской породы к горно-таежной зоне северо-востока России. *Генетика и разведение животных*. 2018; (1): 115–121. <https://elibrary.ru/xsrfwx>
3. Ильина Л.А. и др. Место обитания как определяющий фактор формирования микробиома рубца у северных оленей в Арктической России. *Сельскохозяйственная биология*. 2019; 54(6): 1177–1187. <https://elibrary.ru/gdkxde>
4. Казановский Е.С., Карабанов В.П., Клебenson К.А. Лечебно-профилактическая эффективность композиции ганаемектина и вакцины штамма 55 против эдемагеноза и сибирской язвы северных оленей. *Пермский аграрный вестник*. 2014; (2): 60–65. <https://elibrary.ru/sfbdgv>
5. Забродин В.А. (ред.). Болезни северных оленей. СПб.; Пушкин: СЗЦППО. 2019; 222. ISBN 978-5-9905152-0-8 <https://elibrary.ru/zziuzn>
6. Казановский Е.С., Карабанов В.П., Клебenson К.А. Оптимизация ежегодных массовых лечебно-профилактических мероприятий в северном оленеводстве. *Ветеринария*. 2019; (11): 9–11. <https://elibrary.ru/gwnoxy>
7. Казановский Е.С., Селянинов Ю.О., Грехова Н.В., Карабанов В.П., Клебenson К.А. Совершенствование технологии борьбы с доминирующими инфекциями и паразитами северных оленей. *Проблемы профилактики и борьбы с особо опасными, экзотическими и малоизученными инфекционными болезнями животных. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ВНИИВВИМ*. Покров: Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной вирусологии и микробиологии. 2008; 1: 225–228. <https://elibrary.ru/pvodqz>
8. Лайшев К.А., Забродин В.А., Прокудин А.В., Самандас А.М. Основные и малоизученные болезни Таймырской популяции диких северных оленей. *Генетика и разведение животных*. 2017; (1): 3–8. <https://elibrary.ru/yornhj>

REFERENCES

1. Yuzhakov A.A. Ppersonal reindeer as the basis of preservation of reindeer husbandry. *Scientific bulletin of Yamal-Nenets autonomous district*. 2017; (4) 28–31 (in Russian). <https://elibrary.ru/xnblbb>
2. Fedorov V.I., Romyansea T.D., Robbek N.S., Sleptsov E.S., Vinokurov N.V. The question of the reindeer of Even breeds adaptation to the mountain taiga zone in the north-east of Russia. *Genetics and breeding of animals*. 2018; (1): 115–121 (in Russian). <https://elibrary.ru/xsrfwx>
3. Ilyina L.A. et al. Habitat as a determining factor for the reindeer rumen microbiome formation in Russian Arctic. *Agricultural Biology*. 2019; 54(6): 1177–1187. <https://elibrary.ru/gdkxde>
4. Kazanovsky E.S., Karabanov V.P., Klebenson K.A. Therapeutic and prophylactic efficacy of the composition of ganamectin and vaccine strain 55 against edemagenosis and anthrax of reindeer. *Perm Agrarian Bulletin*. 2014; (2): 60–65 (in Russian). <https://elibrary.ru/sfbdgv>
5. Zabrodin V.A. (ed.). Diseases of reindeer. St. Petersburg; Pushkin: North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance. 2019; 222 (in Russian). ISBN 978-5-9905152-0-8 <https://elibrary.ru/zziuzn>
6. Kazanovsky E.S., Karabanov V.P., Klebenson K.A. Optimization of the annual treatment and preventive measures in the reindeer breeding. *Veterinary medicine*. 2019; (11): 9–11 (in Russian). <https://elibrary.ru/gwnoxy>
7. Kazanovsky E.S., Selyaninov Yu.O., Grekhova N.V., Karabanov V.P., Klebenson K.A. Improving the technology of combating dominant infections and parasitoses of reindeer. *Problems of prevention and control of especially dangerous, exotic and poorly studied infectious diseases of animals. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of Federal Research Center for Virology and Microbiology*. Pokrov: Federal Research Center for Virology and Microbiology. 2008; 1: 225–228 (in Russian). <https://elibrary.ru/pvodqz>
8. Laishev K.A., Zabrodin V.A., Prokudin A.V., Samandas A.M. Basic and poorly understood disease Taimyr population of wild reindeer. *Genetics and breeding of animals*. 2017; (1): 3–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/yornhj>

9. Гаврильева Л.Ю., Кокколова Л.М. Северный пироплазмоз домашних северных оленей в Южной Якутии. *Ветеринария и кормление*. 2022; (6): 21–24. <https://elibrary.ru/zxyeey>

10. Корякина Л.П. О случаях проявления кровепаразитарной болезни у северных домашних оленей на территории Якутии. *Вестник АГАТУ*. 2022; (4): 5–13. <https://elibrary.ru/ojzabr>

11. Николаев С.В., Романенко Т.М., Бессолицына Е.А. Распространенность трансмиссивных болезней среди северных оленей (*Rangifer tarandus*) Большеземельской и Малоземельской тундр. *Российский паразитологический журнал*. 2023; 17(4): 479–487. <https://elibrary.ru/zhspry>

12. Либерман Е.Л. Особенности анаплазмоза и бабезиоза жвачных животных Тюменской области. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Тюмень. 2014; 174. <https://elibrary.ru/nejpwb>

13. Laroche M., Weeks E.N.I. Vector-borne bacterial diseases: a neglected field of infectious diseases research. *Med Vet Entomol*. 2023; 37(2): 177–178. DOI: 10.1111/mve.12646 Epub 2023 Feb 15 PMID: 36789732

14. Fanelli A. A historical review of Babesia spp. associated with deer in Europe: *Babesia divergens* / *Babesia divergens*-like, *Babesia capreoli*, *Babesia venatorum*, *Babesia cf. odocoilei*. *Vet Parasitol*. 2021; 294: 109433. DOI: 10.1016/j.vetpar.2021.109433

15. Николаев С.В., Романенко Т.М., Бессолицына Е.А. Молекулярная диагностика и распространенность гемоспоридиозов среди северных оленей Ненецкого автономного округа. *Ветеринария*. 2022; (11): 35–38. <https://elibrary.ru/elbpqt>

9. Gavriyl'eva L.Yu., Kokolova L.M. Northern piroplasmosis of domestic reindeer in Southern Yakutia. *Veterinaria i kormlenie*. 2022; (6): 21–24 (in Russian). <https://elibrary.ru/zxyeey>

10. Koryakina L.P. On cases of manifestation of blood parasitic disease in northern domestic deer in the territory of Yakutia. *Vestnik ASAU*. 2022; (4): 5–13 (in Russian). <https://elibrary.ru/ojzabr>

11. Nikolaev S.V., Romanenko T.M., Bessolitsyna E.A. Prevalence of vector-borne diseases among reindeer (*Rangifer tarandus*) Bolshezemelskaya and Malozemelskaya tundra [sic!]. *Russian Journal of Parasitology*. 2023; 17(4): 479–487 (in Russian). <https://elibrary.ru/zhspry>

12. Liberman E.L. Features of anaplasmosis and babesiosis of ruminants of the Tyumen region. PhD (Biology) Thesis. Tyumen. 2014. 174 (in Russian). <https://elibrary.ru/nejpwb>

13. Laroche M., Weeks E.N.I. Vector-borne bacterial diseases: a neglected field of infectious diseases research. *Med Vet Entomol*. 2023; 37(2): 177–178. DOI: 10.1111/mve.12646 Epub 2023 Feb 15 PMID: 36789732

14. Fanelli A. A historical review of Babesia spp. associated with deer in Europe: *Babesia divergens* / *Babesia divergens*-like, *Babesia capreoli*, *Babesia venatorum*, *Babesia cf. odocoilei*. *Vet Parasitol*. 2021; 294: 109433. DOI: 10.1016/j.vetpar.2021.109433

15. Nikolaev S.V., Romanenko T.M., Bessolitsyna E.A. Molecular diagnostics and prevalence of hemosporeidiosis among reindeer of the Nenets Autonomous Okrug. *Veterinary medicine*. 2022; (11): 35–38 (in Russian). <https://elibrary.ru/elbpqt>

ОБ АВТОРАХ

Семён Викторович Николаев

кандидат ветеринарных наук, научный сотрудник
semen.nikolaev.90@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>

Екатерина Андреевна Бессолицына

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
bess5@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5582-1709>

Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, 29, Сыктывкар, 167023, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Semyon Viktorovich Nikolaev

Candidate of Veterinary Sciences, Researcher
semen.nikolaev.90@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>

Ekaterina Andreevna Bessolitsyna

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
bess5@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5582-1709>

A.V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 29 Rucheynaya Str., Syktyvkar, 167023, Russia

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И САММИТ



МЯСНАЯ & КУРИНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ & КОРОЛЬ
ИНДУСТРИЯ ХОЛОДА для АПК
MAP Russia 2025

27–29 МАЯ

Москва, Россия



реклама



Асти Групп
выставочная компания

Организатор:

ООО «Выставочная компания Асти Групп»
Тел. / WA Business: +7 (495) 797 6914
E-mail: info@meatindustry.ru
www.meatindustry.ru



Ю.М. Смирнова^{1, 2}А.В. Платонов^{1, 3} ✉А.Н. Короткий⁴¹Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия²Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, Вологда, Россия³Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний России, Вологда, Россия⁴ООО «Агрокон-Вологда», Вологда, Россия✉ platonov70@yandex.ru

Поступила в редакцию: 25.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Смирнова Ю.М., Платонов А.В., Короткий А.Н.

Julia M. Smirnova^{1, 2}Andrey V. Platonov^{1, 3} ✉Alexey N. Korotkiy⁴¹Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia²Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia³Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service of Russia, Vologda, Russia⁴“Agrokon-Vologda” LTD, Vologda, Russia✉ platonov70@yandex.ru

Received by the editorial office: 25.07.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Smirnova Yu.M., Platonov A.V., Korotkiy A.N.

Опыт использования болюса для профилактики гипокальцемии у коров в новотельный период

РЕЗЮМЕ

Актуальность и методы. Одним из опасных осложнений у высокопродуктивных коров после отела, влияющих на ход всей лактации, является послеродовой парез, поэтому выбору средств профилактики уделяется большое внимание. Для этих целей в условиях племязавода-колхоза им. 50-летия СССР (Вологодская обл.) изучено действие кальциевого болюса *Calci-mix* производства ООО «Агрокон-Вологда». Коровам контрольной группы не вводили болюс, животным I опытной группы вводили двукратно — первый раз сразу после отела и через 12 часов, II опытной группы — два болюса сразу.

Результаты. В сухостойный период у всех коров основные показатели крови находились в пределах нормы, но после отела до введения болюса содержание кальция снизилось (до 32,8%). На 1-е сутки после введения болюса у коров I опытной группы концентрация кальция была выше на 27,9% ($p \leq 0,01$), II — на 44,2% ($p \leq 0,01$). На 3-и сутки в I и II опытных группах содержание кальция находилось в пределах нормы — 2,44 ммоль/л ($p \leq 0,05$) и 2,43 ммоль/л. В контрольной группе на протяжении всего опыта концентрация кальция находилась ниже нормы, что привело к уменьшению величины *Ca/P*. Введение болюса позволило повысить уровень ионизированного кальция в I и II опытных группах (на 13,3% и 21,2%) и смещению отношения *Ca/P* в большую сторону. Таким образом, использование болюса оказало положительное действие и способствовало восполнению недостатка *Ca* у коров в послеродовой период. С учетом того что введение болюса с интервалом во времени приходится зачастую на ночное время суток, наиболее целесообразным считаем однократное введение двух болюсов коровам сразу после отела.

Ключевые слова: новотельные коровы, кальциевые болюсы, обмен веществ, показатели крови

Для цитирования: Смирнова Ю.М., Платонов А.В., Короткий А.Н. Опыт использования болюса для профилактики гипокальцемии у коров в новотельный период. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 50–57. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-50-57>

Experience of using the bolus for preventing hypocalcemia of cows in the fresh period

ABSTRACT

Relevance and methods. Postpartum paresis is one of the serious complications in high-yielding cows after calving affecting the course of the entire lactation, so the focus of attention is on the choice of means of prevention. For these purposes, in the conditions of the breeding farm named after the 50th anniversary of the USSR (Vologda region), the effect of *Calci-mix* calcium bolus produced by “Agrokon-Vologda” LLC was studied. The cows of the control group were not injected with bolus, the animals of the I experimental group were injected twice — the first time immediately after calving and after 12 hours, the II experimental group — two boluses at once.

Results. During the dry period, the main blood counts of all cows were within the normal range, but after calving before the introduction of the bolus, the calcium content decreased (to 32.8%). On the 1st day after bolus administration, the calcium concentration in cows of the experimental group I was 27.9% higher ($p \leq 0.01$), II — by 44.2% ($p \leq 0.01$). On the 3rd day in the I and II experimental groups, the calcium content was within the normal range — 2.44 mmol/l ($p \leq 0.05$) and 2.43 mmol/l. In the control group, throughout the entire experiment, the calcium concentration was below normal, which led to a decrease in the *Ca/R* value. The introduction of a bolus allowed to increase the level of ionized calcium in the I and II experimental groups (by 13.3% and 21.2%) and to shift the *Ca/R* ratio upwards. Thus, the use of bolus had a positive effect and contributed to the replenishment of the lack of *Ca* in cows in the postpartum period. Taking into account the fact that the introduction of a bolus with a time interval often occurs at night, we consider the most appropriate single injection of two boluses to cows immediately after calving.

Key words: newly calved cow, calcium boluses, metabolism, blood parameters

For citation: Smirnova Yu.M., Platonov A.V., Korotkiy A.N. Experience of using the bolus for preventing hypocalcemia of cows in the fresh period. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 50–57 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-50-57>

Введение/Introduction

Рационы значительной части высокопродуктивных коров дойного стада часто не обеспечивают достаточно поступления в организм целого ряда важнейших витаминов, минеральных солей и микроэлементов [1–3]. Минеральный дефицит никогда не бывает изолированным, а всегда характеризуется существенным нарушением разного вида обменных процессов (минерального, жирового, углеводного и белкового) [4–7].

Между тем хорошо известно, что в период послеродового периода молочные коровы, как правило, находятся в состоянии отрицательного энергетического баланса, во время которого они мобилизуют жировые запасы организма для обеспечения процессов жизнедеятельности. Несмотря на действие гомеостатических механизмов для поддержания параметров крови в пределах физиологических уровней, изменения метаболитов и гормонов происходят в результате повышенных метаболических потребностей у дойных животных. Эти изменения необязательно указывают на заболевания, однако при этом животные на этой стадии становятся более восприимчивыми к ряду метаболических заболеваний, чем в другие периоды жизни, что ставит под угрозу их здоровье и продуктивность [8, 9].

По мнению ряда специалистов, кальций играет важнейшую роль в обеспечении метаболизма животных [10, 11]. Он нормализует обмен веществ, работу нервной системы, сердечную деятельность, работу опорно-двигательного аппарата, активизирует ряд ферментов, стабилизирует трипсин в кишечном химусе и, кроме этого, имеет ключевое значение для высокопродуктивных коров в наиболее критические физиологические периоды [12–14].

Минеральный обмен веществ, в частности обмен кальция, существенно изменяется с началом лактации из-за обширных необратимых потерь для синтеза молозива и молока. Так, на заключительном этапе сухостойного периода потребность коровы в кальции составляет всего 30–35 г, но с началом лактации она увеличивается в несколько раз, так как доля кальция в 1 кг молока составляет более 1 г, в молозиве — более 2 г [15, 16].

Из-за внезапной выработки большого количества молока и острого истощения запасов ионизированного кальция в сыворотке у животных может возникнуть гипокальциемия. Животные пытаются удовлетворить возросшие потребности в кальции за счет усиленного всасывания из пищеварительной системы и мобилизации из запасов мышечной и костной тканей [17, 18], как следствие, может происходить расстройство работы нервной системы и кровообращения, нарушение функционирования скелетных и сердечных мышц. На восполнение кальция за счет повышенного усвоения из желудочно-кишечного тракта или костей может уйти до 2 суток [19]. Данный промежуток времени и представляет собой тот опасный период, когда организм животного более всего подвержен развитию клинической формы послеродового пареза, поэтому профилактика послеродовой гипокальциемии занимает одно из ведущих мест в сельскохозяйственном производстве [9, 13].

Для развития заболевания у молочных коров решающее значение имеет питание в последние 4 недели беременности. Доказано, что заболевание встречается чаще, если коровы получают богатую кальцием диету перед отелом. Следовательно, эти коровы не способны немедленно использовать кальций из костей или активно усваивать кальций из пищеварительной системы

во время отела. Вместо этого им требуется несколько дней, чтобы активировать эти механизмы, что делает их весьма восприимчивыми к послеродовому парезу в этот период [20].

Исходя из этого, исторически профилактика послеродового пареза достигалась путем кормления коров рационами с низким содержанием кальция в период сухостоя [5]. Отрицательный баланс кальция запускает мобилизацию кальция перед отелом и лучше снабжает корову возможностью реагировать на огромные потребности в кальции в начале лактации. Потребление кальция должно быть ограничено < 20 г в день, чтобы ограничение было эффективным. В качестве альтернативы желудочно-кишечное всасывание кальция может быть уменьшено с помощью связывающих веществ, так показано, что использование продуктов, содержащих силикаты алюминия, аналогично диете с низким содержанием кальция для достижения его отрицательного баланса перед отелом [21].

Распространенным методом снижения риска гипокальциемии является манипулирование разницей катионов и анионов в предродовом рационе. В настоящее время в целях профилактики активно предлагаются анионные соли для кормления коров в период позднего сухостоя [22, 23]. Однако их применение чревато развитием метаболического ацидоза, снижением уровня глутамин в крови (необходимого для синтеза белка молока), снижением аппетита у коров и качества получаемого молозива. Кроме того, ацидогенные диеты могут изменять клеточный энергетический метаболизм и ухудшать секрецию инсулина и чувствительность жировой ткани к инсулину у молочных коров [24].

Лечение клинической гипокальциемии с помощью внутривенного введения кальция быстро повышает уровень кальция в крови, однако является потенциально опасным [25]. Чрезвычайно высокий уровень кальция в крови может вызвать фатальные сердечные осложнения и затруднить мобилизацию кальция у коров в критические моменты. При появлении брадикардии или аритмии лечение следует прекратить, возобновлять его можно очень медленно, только после нормализации деятельности сердца. Поэтому внутривенное введение кальция не рекомендуется для лечения коров с гипокальциемией, которые всё еще стоят [9].

Для профилактики гипокальциемии корректируют минеральное обеспечение животных, используя минеральные добавки, премиксы, биопрепараты для повышения неспецифического иммунитета, различные вариации витамина D [24, 26–28], однако обогащение кормов премиксами имеет недостатки, в том числе недолгий срок хранения, низкий процент поступления и усвояемости соединений, что обуславливает необходимость поиска новых подходов к решению данной проблемы. Поэтому многие специалисты рекомендуют сразу после отела назначать легкоусвояемые формы кальция в виде болюсов для стабилизации уровня кальция в крови и предотвращения послеродовой гипокальциемии.

В простейшем случае основным содержимым болюса является легкоусвояемое соединение кальция, например лактат кальция с небольшой добавкой целлюлозы. Кроме того, в состав болюса могут входить различные витамины, минеральные добавки, добавки растительного происхождения. Считается, что болюсы позволяют осуществлять индивидуальный подход к животным в зависимости от физиологии, продуктивности

и условий содержания. Болюсы быстро растворяются в рубце и обладают низкой токсичностью. Кальций в форме болюсов позволяет избежать неполного потребления кальциевых соединений (например, из-за выплевывания жидких форм) и обеспечить эффективную профилактику гипокальциемии.

Согласно рекомендациям производителя, при использовании кальциевых болюсов применяют различные схемы: за две или одну неделю до отела и повторно в день отела, за день до отела и в день отела, сразу после отела и др. [29–31].

Сегодня на рынке большой ассортимент весьма эффективных кальциевых препаратов, но в то же время некоторые из них не востребованы практикой из-за высокой стоимости. В связи с этим молочное животноводство в условиях производства нуждается в разработке дешевых и эффективных кальциевых болюсов для новотельных коров.

Цель исследования — изучение действия кальциевого болюса Calci-mix в новотельный период коров на динамику кальций-фосфорного обмена.

Задачи исследования: изучить гематологические и биохимические показатели крови коров в период сухостоя для оценки состояния здоровья и уровня обменных процессов в организме; оценить действие болюса на уровень кальция и фосфора в крови коров после отела.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Испытание кальциевого болюса проводилось в ходе постановки хозяйственного опыта в условиях племязавода-колхоза им. 50-летия СССР Грязовецкого района Вологодской области Российской Федерации с декабря 2023 г. по январь 2024-го.

На предприятии применяется 2-кратное доение коров в сутки в доильном зале типа «Европараллель».

Препарат, участвующий в эксперименте, производится компанией ООО «Агрокон-Вологда» (г. Вологда, Россия).

Calci-mix — это инновационный препарат, разработанный для нормализации обмена веществ и восполнения дефицита кальция у коров после отела. В его состав входят сульфат кальция, хлорид кальция, витамин D_3 .

По внешнему виду болюс имеет цилиндрическую форму с гладкой непрозрачной поверхностью. Покрит специальной оболочкой, защищающей слизистую пищевода от раздражения. Размеры болюса: диаметр — 33 мм, длина — 140 мм. Содержание кальция в одном болюсе не менее 50 г. Цвет — от белого до светлого-серого, вес каждого болюса — 200 г.

Объект исследования — коровы голштинской породы сразу после отела.

Для изучения профилактической эффективности кальциевого болюса с учетом физиологического состояния (поздний сухостой) и продуктивности были сформированы 3 группы животных (1 контрольная и 2 опытные) по 7 голов.

Содержались эти группы коров в одном помещении беспривязно в секциях по стадиям лактации в соответствии с нормами зоогиgienического контроля. Кормление на предприятии — по сбалансированным и дифференцированным рационам однотипными

полнорационными кормосмесями, содержание кальция и фосфора в период позднего сухостоя — 70 г и 48 г, после отела — 184 г и 135 г соответственно.

Коровам контрольной группы не вводили болюс, животным I опытной группы, согласно инструкции от производителя, введение осуществляли двукратно: первый раз — сразу после отела, второй — с интервалом 12 часов.

Calci-mix задавали животным индивидуально перорально с помощью аппликатора (болюсодавателя) (Agrimin Ltd., Великобритания) для обеспечения попадания болюса в рубец. Животным II опытной группы вводили два болюса сразу после отела (однократно) по двум причинам. Во-первых, дважды вводить болюс крайне неудобно, так как введение второго болюса приходится зачастую на ночное время суток, во-вторых, согласно литературным данным, более позднее применение орального кальция может нарушить функции паращитовидной железы [32].

Предварительно перед началом исследований в период позднего сухостоя (за месяц до отела) от 21 коровы отбирали кровь для биохимического (по 20 показателям) и гематологического анализа (по 10 показателям) для подтверждения, что в эксперименте принимают участие животные без явных признаков серьезных изменений в общем анализе крови и в обменных процессах организма.

В последующем забор крови производили от каждого животного по следующей схеме:

- ✓ 1-й раз — сразу после отела до введения кальциевого болюса;
- ✓ 2-й раз — после первого доения;
- ✓ 3-й раз — после второго доения;
- ✓ 4-й раз — после третьего доения;
- ✓ 5-й раз — после четвертого доения;
- ✓ 6-й раз — после пятого доения.

Кровь у каждого животного отбирали сразу после отела в течении 1,5 часов, в последующем — после каждого доения (в 6 час. и в 18 час.) при сортировке животных в зону селекции.

Во время эксперимента соблюдали принципы гуманного отношения к животным¹.

Содержание ионизированного кальция в сыворотке крови изучали у исследуемых животных сразу после отела перед введением болюса и через сутки после введения (по 3 гол. в группе).

Исследование крови проводили на автоматических анализаторах URIT-3020 (Китай) и iMagic-V7 (Китай) с использованием реактивов фирмы «ДиаВЕТ» (Россия), изучение показателей крови — на оборудовании центра коллективного пользования «Центр сельскохозяйственных исследований и биотехнологий» Вологодского научного центра РАН.

Статистическая обработка материалов исследований проведена согласно общепринятым методикам вариационной статистики Г.Ф. Лакин (1990 г.)² на персональном компьютере с помощью программного пакета анализа данных Microsoft Excel (США). Значения полученных результатов отражены в форме средней величины и стандартной ошибки ($\bar{X} \pm S_x$).

Для оценки достоверности различий между показателями животных опытных групп использовали t-критерий Стьюдента.

¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS No 123) [рус., англ.]. Страсбург. 18.03.1986.

² Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спецвузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 1990; 352.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Гематологические показатели крови имеют немаловажное значение, так как помогают вовремя выявлять скрытопротекающие патологические процессы, более точно устанавливать их сущность и характер, улавливать различные осложнения у больного животного еще до начала выраженного клинического проявления. Поэтому в ходе исследований был проведен гематологический анализ крови животных, участвующих в эксперименте в сухостойный период.

Полученные данные показывают, что большинство изучаемых показателей находились в пределах допустимых значений. Так, содержание эритроцитов в крови животных контрольной группы составляло $6,0 \times 10^{12}/л$, а у животных опытных групп — $6,5 \times 10^{12}/л$ и $6,0 \times 10^{12}/л$ соответственно. Содержание гемоглобина в контрольной группе находилось на уровне 109,0 г/л, в опытных группах — 122,1 г/л и 117,1 г/л.

Обращает на себя внимание несколько повышенное содержание лейкоцитов ($15,3-17,9 \times 10^9/л$) (в зависимости от группы) при верхней границе нормативных значений $12,0 \times 10^9/л^3$. Данный факт можно объяснить напряженностью обменных процессов у высокопродуктивных животных и их физиологическим состоянием.

Таким образом, гематологические данные свидетельствуют о том, что у исследуемых животных отсутствовали серьезные патологические процессы в организме.

Изучение биохимических показателей крови имеет большое значение в оценке полноценности кормления животных, так как кровь является средой, через которую клетки организма получают все необходимые для жизнедеятельности питательные вещества и выделяют продукты обмена. В зависимости от условий кормления, качественного состава рациона, высокой продуктивности и ряда других факторов биохимические показатели крови могут в некоторых пределах изменяться, при этом сохраняя в определенной степени постоянство внутренней среды.

В ходе исследований был проведен комплексный анализ крови исследуемого поголовья в сухостойный период по основным показателям для оценки уровня обменных процессов в организме животных (табл. 1).

Изучив уровень обменных процессов в организме животных на начало исследований, было установлено, что по основным параметрам сыворотки крови, отражающей белковый, углеводный, энергетический и минеральный обмен, отклонений от рекомендуемых значений не установлено.

В организме кальций существует в двух формах — связанный с белками (главным образом, с альбуминами) и ионизированной (свободной). Поэтому для объективной оценки концентрации кальция в крови было определено содержание общего белка и альбуминов. При гипопроотеинемии могут отягощаться патологические изменения в минеральном обмене у коров и снижаться эффективность применяемых кальциевых болюсов.

Оценка концентрации щелочной фосфатазы — один из индикаторов нарушения кальций-фосфорного обмена, костных заболеваний, при этом изменения в уровне содержания кальция и фосфора наступают не сразу. Магний принимает участие в нормальной работе нервной и мышечной систем. При дефиците магния в кормах животных затрудняется образование паратгормона (ПТГ), который мобилизует кальций из костной ткани, а повышенное содержание его в рационе тормозит всасывание кальция в кишечнике, так как он конкурирует с ним за желчные кислоты.

Изучая на протяжении исследований в сыворотке крови животных всех групп содержание общего белка, альбуминов, щелочной фосфатазы и магния, отклонений от рекомендуемых значений не установлено (табл. 2).

Изучив динамику концентрации кальция в сыворотке крови исследуемых животных, было отмечено, что сразу после отела (еще до введения болюса) его содержание по сравнению с сухостойным периодом существенно снизилось (до 32,8%) и во всех исследуемых группах находилось приблизительно на одном уровне (2,01–2,09 ммоль/л).

Это объясняется усиленным потреблением кальция для образования молозива и подтверждает, что в первый день после отела высокопродуктивные коровы остро нуждаются в дополнительном поступлении кальция (рис. 1).

В последующем наблюдается повышение содержания кальция в крови животных опытных групп после первого доения, в то же время в контрольной группе коров содержание кальция снизилось ниже критической отметки и составляло 1,72 ммоль/л (ниже нормы 33,8%).

При сравнении с контрольной группой у коров, которым были введены два болюса с интервалом 12 часов, концентрация кальция была выше на 27,9%, а в группе коров с одномоментным введением препарата — на 44,2% ($p \leq 0,05$).

После второго доения в опытных группах коров был достигнут достоверно максимальный уровень кальция и

в I опытной группе находился на уровне 2,67 ммоль/л ($p \leq 0,01$), во II — 2,81 ммоль/л ($p \leq 0,01$), при этом более высокая концентрация кальция во II группе коров объясняется введением сразу двух болюсов и в совокупности большей концентрацией кальция, поступившего в организм животного.

В контрольной группе коров концентрация кальция повысилась по сравнению с I группой на 0,2 ммоль/л (1,92 ммоль/л), но тем не менее находилась ниже рекомендуемых значений.

Таблица 1. Биохимические показатели крови животных в сухостойный период ($n = 7$)

Table 1. Biochemical parameters of animal blood during the dry period ($n = 7$)

Показатели	Нормативные значения ⁴	Группы коров		
		контрольная	I опытная	II опытная
Белок общий, г/л	60,00–89,00	69,50 ± 1,80	77,90 ± 7,51	74,50 ± 6,17
Альбумины, г/л	35,00–50,00	39,10 ± 0,98	39,31 ± 0,60	43,72 ± 3,11
Щелочная фосфатаза, Ед/л	55,00–190,00	147,70 ± 15,10	103,11 ± 21,01	79,20 ± 30,41
Фосфор, ммоль/л	1,29–2,10	1,68 ± 0,10	1,43 ± 0,23	1,83 ± 0,09
Кальций, ммоль/л	2,30–3,80	2,67 ± 0,12	2,78 ± 0,16	2,87 ± 0,09
Магний, ммоль/л	0,80–1,50	1,17 ± 0,04	1,08 ± 0,18	1,08 ± 0,05

³ Алиев А.А., Рукавишникова С.А., Ахмедов Т.А., Пушкин А.С., Рассоха Т.А., Сагинбаев У.Р., Трушкин В.А., Никитина А.А. Клиническая гематология: учебник для вузов. СПб.: Лань. 2021; 120.

⁴ Тюрленкова Е.Н., Мороз М.Т., Олесьевич Е.А. Основные нарушения обмена веществ высокопродуктивных молочных коров. Плинон. 2013; 84.

Таблица 2. Биохимические показатели крови животных после отела (n = 7)

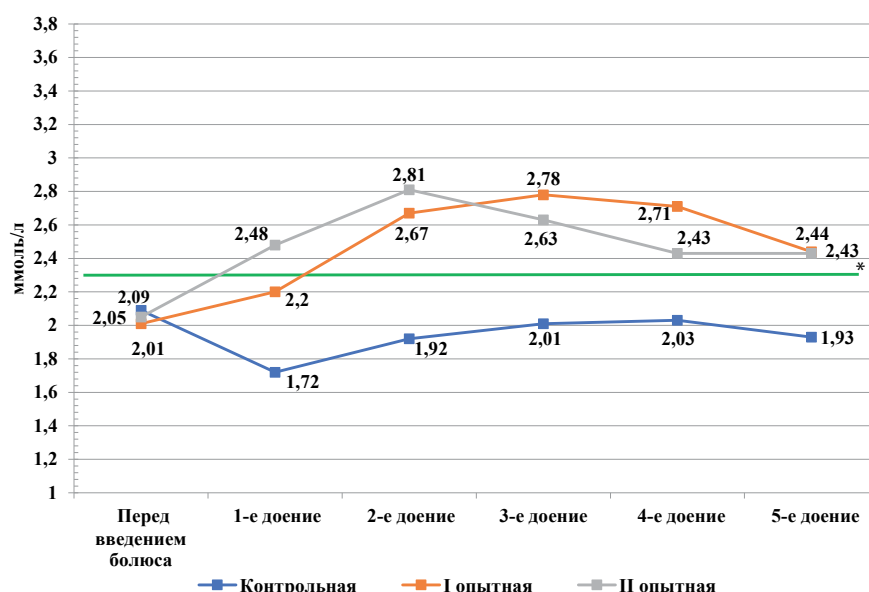
Table 2. Biochemical parameters of the blood of animals after calving (n = 7)

Группы животных	Белок общий, г/л	Альбумины, г/л	ЩФ, Ед/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	Са/Р	Магний, ммоль/л
После отела, перед введением болюса							
Контрольная	71,91 ± 2,60	40,40 ± 1,55	182,51 ± 18,42	1,53 ± 0,13	2,09 ± 0,21	1,38 ± 0,18	1,31 ± 0,05
I опытная	70,10 ± 1,94	39,62 ± 0,68	169,60 ± 9,15	1,31 ± 0,19	2,01 ± 0,14	1,53 ± 0,16	1,28 ± 0,04
II опытная	73,18 ± 0,32	43,40 ± 1,40	174,72 ± 22,58	1,29 ± 0,31	2,05 ± 0,17	1,59 ± 0,21	1,44 ± 0,12
После 1-го доения							
Контрольная	67,90 ± 1,00	38,38 ± 0,50	179,50 ± 18,89	1,45 ± 0,09	1,72 ± 0,22	1,19 ± 0,14	1,10 ± 0,04
I опытная	68,08 ± 1,37	38,62 ± 0,88	181,33 ± 18,06	1,31 ± 0,17	2,20 ± 0,18*	1,68 ± 0,16	1,18 ± 0,05
II опытная	70,02 ± 1,58	39,03 ± 2,10	120,51 ± 31,45	1,37 ± 0,06	2,48 ± 0,19*	1,81 ± 0,13	1,47 ± 0,16
После 2-го доения							
Контрольная	70,97 ± 1,52	39,90 ± 0,92	186,60 ± 16,75	1,51 ± 0,10	1,92 ± 0,06	1,27 ± 0,06	1,12 ± 0,04
I опытная	66,39 ± 1,54	38,06 ± 0,74	171,10 ± 15,56	1,33 ± 0,18	2,67 ± 0,15***	2,00 ± 0,17	1,29 ± 0,04
II опытная	76,18 ± 3,63	45,47 ± 4,20	138,31 ± 37,79	1,26 ± 0,31	2,81 ± 0,20**	2,23 ± 0,22	1,49 ± 0,07
После 3-го доения							
Контрольная	70,16 ± 2,25	38,39 ± 0,90	147,70 ± 25,09	1,49 ± 0,09	2,01 ± 0,10	1,35 ± 0,09	1,08 ± 0,06
I опытная	71,99 ± 1,93	38,24 ± 0,91	121,21 ± 5,69	1,24 ± 0,04	2,78 ± 0,05***	2,24 ± 0,05	1,35 ± 0,07
II опытная	73,93 ± 0,15	40,49 ± 0,05	125,72 ± 1,84	1,31 ± 0,01	2,63 ± 0,04***	2,00 ± 0,03	1,27 ± 0,05
После 4-го доения							
Контрольная	72,63 ± 0,92	38,49 ± 1,16	145,40 ± 25,24	1,49 ± 0,12	2,03 ± 0,02	1,36 ± 0,06	1,10 ± 0,06
I опытная	71,65 ± 1,90	38,33 ± 0,91	144,41 ± 13,62	1,35 ± 0,05	2,71 ± 0,15***	2,00 ± 0,11	1,33 ± 0,08
II опытная	73,93 ± 0,15	40,49 ± 0,05	154,31 ± 12,64	1,41 ± 0,01	2,43 ± 0,10**	1,72 ± 0,08	1,27 ± 0,05
После 5-го доения							
Контрольная	69,11 ± 4,32	36,48 ± 0,94	194,10 ± 21,03	1,89 ± 0,05	1,93 ± 0,05	1,02 ± 0,05	1,15 ± 0,06
I опытная	76,26 ± 0,48	40,53 ± 0,69	161,30 ± 8,34	1,26 ± 0,07	2,44 ± 0,23*	1,94 ± 0,12	1,34 ± 0,21
II опытная	76,52 ± 0,03	40,60 ± 1,09	144,70 ± 19,83	1,36 ± 0,06	2,43 ± 0,28	1,79 ± 0,16	1,23 ± 0,16
Норма	60,00–89,00	35,00–50,00	55,00–190,00	1,29–2,10	2,30–3,80	1,50–2,10	0,80–1,50

Примечание: * p ≤ 0,05, ** p ≤ 0,01, *** p ≤ 0,001.

Рис. 1. Динамика уровня кальция в сыворотке крови подопытных коров (n = 7)

Fig. 1. Dynamics of calcium in the blood serum of experimental cows (n = 7)



Примечание: * зеленой линией обозначена нижняя граница рекомендуемой концентрации кальция в сыворотке крови.

На 2-е сутки более высокое содержание (2,78 ммоль/л) ($p \leq 0,01$) и менее резкое снижение (2,60%) концентрации кальция были отмечены в сыворотке крови I опытной группы, и по сравнению со II группой объясняется тем, что, вероятнее всего, в данной группе введение второго болюса растянулось от 12 до 24 часов, тем самым действие препарата поддерживало высокую концентрацию кальция в сыворотке животных более длительный период.

В контрольной группе концентрация кальция на протяжении двух суток находилась ниже рекомендуемых значений. В I и II опытных группах после 5-го доения содержание кальция находилось в пределах рекомендуемых значений и приблизительно на одном уровне — 2,44 ммоль/л ($p \leq 0,05$) и 2,43 ммоль/л соответственно.

Ионизированный кальций составляет 50% от всего его количества в крови, обладает физиологической активностью и является самым информативным показателем кальциевого обмена (рис. 2).

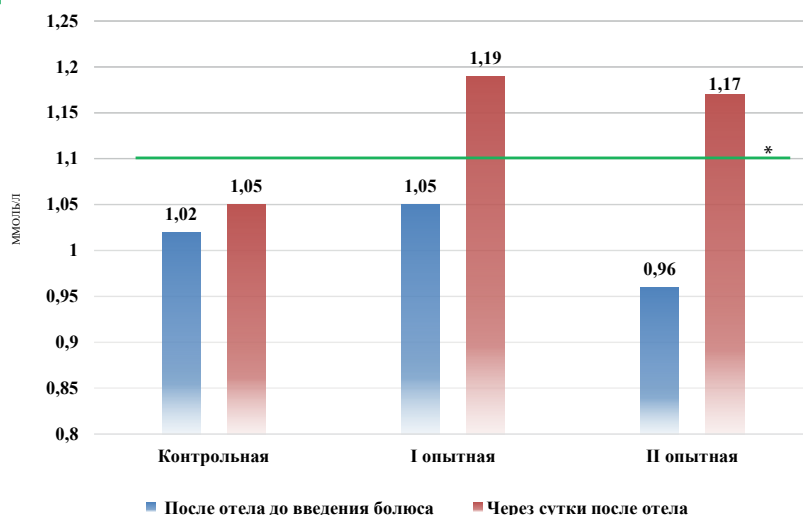
Именно уменьшение концентрации ионизированного кальция вызывает симптомы гипокальциемии.

Использование кальциевого болюса позволило повысить уровень ионизированного кальция крови в I и II опытных группах на 13,3% и 21,2%, соответственно, по сравнению с концентрацией до введения препарата, что свидетельствует о восполнении в крови свободного кальция, тем самым исключая серьезные формы гипокальциемии.

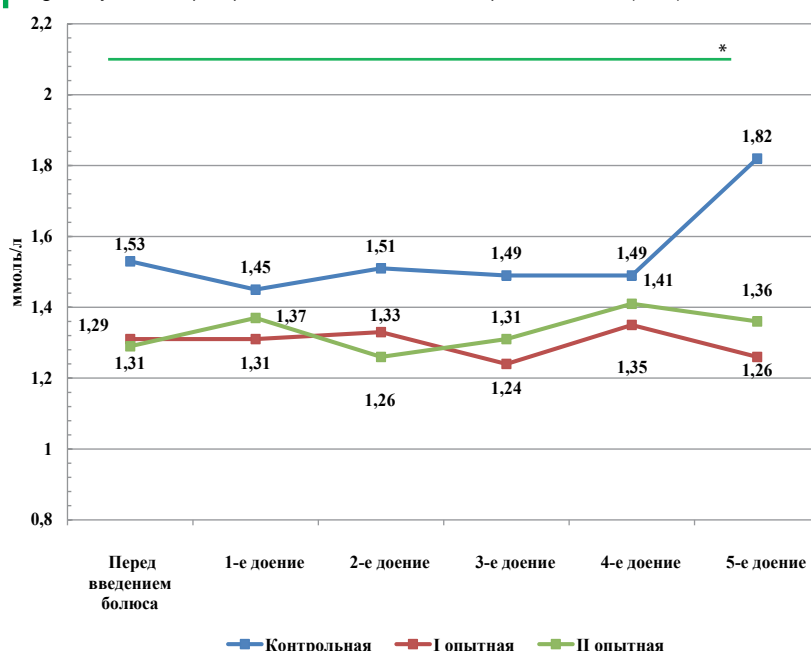
Фосфор необходим для нормального белкового, жирового и углеводного обмена.

Данные по динамике содержания фосфора в крови исследуемых животных представлены на рисунке 3.

Метаболизм кальция тесно связан с обменом фосфора. При анализе содержания фосфора в сыворотке было установлено, что за период эксперимента его концентрация между группами существенно не различалась и находилась в пределах допустимых

Рис. 2. Содержание ионизированного кальция в сыворотке крови опытных коров (n = 3)**Fig. 2.** The content of ionized calcium in the blood serum of experimental cows (n = 3)

Примечание: * зеленой линией обозначена нижняя граница рекомендуемой концентрации ионизированного кальция в сыворотке крови.

Рис. 3. Динамика фосфора в сыворотке крови подопытных коров (n = 7)**Fig. 3.** Dynamics of phosphorus in the blood serum of experimental cows (n = 7)

Примечание: * зеленой линией обозначена верхняя граница рекомендуемой концентрации фосфора в сыворотке крови.

значений. Лишь у отдельных животных в опытных группах значения фосфора находились на уровне нижней границы нормативных показателей.

Кроме этого, обращает на себя внимание факт существенного повышения фосфора (до 1,82 ммоль/л — на 25,5%) в контрольной группе коров на третий день после отела, что наблюдается на фоне пониженного содержания кальция в данной группе и может быть связано с действием паратгормона, который при недостатке кальция в крови обеспечивает его высвобождение из костей, при этом происходит и высвобождение фосфора с последующим повышением его содержания в сыворотке крови коров.

При анализе соотношения кальция и фосфора в сыворотке крови новотельных коров (табл. 3) следует, что в опытных группах животных после использования болюса за счет нормализации кальциевого обмена кальциево-фосфорное отношение имело более оптимальное значение по сравнению с показателями контрольной группы.

Заключение/Conclusion

Результаты исследований свидетельствуют о том, что использование *Calci-mix* оказало положительное и схожее действие как при введении двух болюсов с интервалом в 12 часов (I опытная группа), так и одномоментное (II опытная группа) и способствовало восполнению недостатка кальция у коров в послеродовой период, соответственно, на 17,6% и 15,6% при одновременном смещении кальций-фосфорного отношения в большую величину.

С учетом того что при использовании препарата *Calci-mix* с интервалом через 12 часов введение второго болюса приходится зачастую на ночное время суток, наиболее целесообразно введение коровам после отела сразу двух болюсов за один раз.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ulivanova G., Fedosova O., Karelina O., Kulakov V., Sayitkhanov E. Analysis of the influence of feeding on the change in the mineral composition of blood of the cattle of different physiological groups when intensifying production. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. International Scientific and Practical Conference*. London: IOP Publishing Ltd. 2022; 979: 012088. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/979/1/012088>
2. Sufyanova L. et al. Evaluation of the quality and safety of cows' milk when using the mineral element. *E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2022)*. EDP Sciences. 2023; 381: 01031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101031>

REFERENCES

1. Ulivanova G., Fedosova O., Karelina O., Kulakov V., Sayitkhanov E. Analysis of the influence of feeding on the change in the mineral composition of blood of the cattle of different physiological groups when intensifying production. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. International Scientific and Practical Conference*. London: IOP Publishing Ltd. 2022; 979: 012088. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/979/1/012088>
2. Sufyanova L. et al. Evaluation of the quality and safety of cows' milk when using the mineral element. *E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2022)*. EDP Sciences. 2023; 381: 01031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101031>

3. Trebukhov A., Shaganova E., Momot N., Kolina Ju., Terebova S. The effect of various additives on milk productivity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference "Environmental Problems of Food Security"*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1043: 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012025>
4. Пилейко В.В., Мацинович А.А., Рыбаков Ю.А., Яцына В.В. Профилактика и лечение при родильном парезе коров в условиях беспривязного содержания. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена Знак Почета государственная академия ветеринарной медицины»*. 2011; 47(1): 225–229. <https://www.elibrary.ru/sjdykf>
5. Белова С.Н., Смоловская О.В., Плешков В.А., Семечкова А.В. Оценка и оптимизация минерального обмена лактирующих коров. *Пермский аграрный вестник*. 2022; (3): 46–54. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2022_39_46
6. Ghasemi N., Amanlou H., Maheri-Sis N., Salamatdoust-Nobar R., Jozghasemi S. Relationship between hypocalcemia immediately after calving with metabolic disorders and body condition score in Holstein cows. *Open Veterinary Journal*. 2024; 14(3): 805–813. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i3.7>
7. Юлдашбаев Ю.А. и др. Влияние генотипа баранчиков на минеральный обмен. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2024; 1: 15–18. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2024-1-15-18>
8. Ситчихина А.В., Герцева К.А., Сайтханов Э.О., Никулова Л.В. Изменения некоторых физиологических показателей обмена веществ у коров в период раздоя. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2023; (4): 244–248. <https://www.elibrary.ru/qsvxuj>
9. Tufarelli V., Puvača N., Glamočić D., Pugliese G., Colonna M.A. The Most Important Metabolic Diseases in Dairy Cattle during the Transition Period. *Animals*. 2024; 14(5): 816. <https://doi.org/10.3390/ani14050816>
10. Асташкина Е.Г., Ребезов М.Б. Технологические свойства мышечной ткани молодняка крупного рогатого скота, получавшего с кормом ломонтит. *Достижения сельскохозяйственной и биологической науки в животноводстве. Материалы конференции*. Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого. 2007; 12–14. <https://www.elibrary.ru/zalhdh>
11. Okuskhanova E. et al. Role of calcium, magnesium and phosphorus in human body. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(6): 258–261. <https://www.elibrary.ru/ymkzcp>
12. Кислякова Е.М., Софронова И.В. Особенности воспроизводительных функций коров-первотелок при использовании в рационах разных форм глюконата кальция. *Зоотехния*. 2013; (1): 31–32. <https://www.elibrary.ru/plxtgf>
13. Fiorentin E.L. et al. Occurrence of subclinical metabolic disorders in dairy cows from western Santa Catarina state, Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2018; 38(4): 629–634. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5156>
14. Разумовский Н. Кальций в кормлении коров. *Ветеринарное дело*. 2023; (5): 22–28. <https://www.elibrary.ru/asfcfc>
15. Wenning P., Grünberg W. Die Prävention der peripartalen Hypokalzämie des Rindes. *Der Praktische Tierarzt*. 2015; 96: 812–821.
16. Vieira-Neto A., Lean I.J., Santos J.E.P. Periparturient Mineral Metabolism: Implications to Health and Productivity. *Animals*. 2024; 14(8): 1232. <https://doi.org/10.3390/ani14081232>
17. Булгакова Г. Рацион коров: важность кальций-фосфорного отношения. *Комбикорма*. 2014; (3): 85–87. <https://www.elibrary.ru/rxbxkf>
18. Felsenfeld A.J., Levine B.S. Milk Alkali Syndrome and the Dynamics of Calcium Homeostasis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2006; 1(4): 641–654. <https://doi.org/10.2215/CJN.01451005>
19. Корс И., Венинг П., Грюнберг В. Предотвратить родильный парез: что эффективно?. *Рынок АПК*. 2021; (8): 74–78.
20. DeGaris P.J., Lean I.J. Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *The Veterinary Journal*. 2008; 176(1): 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.029>
21. Kerwin A.L. et al. Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(6): 5191–5207. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16272>
22. Vagnoni D.B., Davidson M., Rubio L., Oetzel G.R., Comets E. Effects of Postpartum Supplemental Oral Ca for Dairy Cows Fed Prepartum Dietary Acidogenic Salts. *Animals*. 2021; 11(11): 3131. <https://doi.org/10.3390/ani11113131>
23. Гордейко А.В., Воронов А.В. Обмен ионизированного кальция и изменение pH мочи у коров в транзитный период при использовании анионных солей. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2023; 26(2): 222–229. <https://www.elibrary.ru/hpoxml>
24. Vieira-Neto A. et al. Duration and degree of diet-induced metabolic acidosis prepartum alter tissue responses to insulin in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(2): 1660–1679. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18787>
25. Wilms J., Wang G., Doelman J., Jacobs M., Martín-Tereso J. Intravenous calcium infusion in a calving protocol disrupts calcium homeostasis compared with an oral calcium supplement. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(7): 6056–6064. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15754>
3. Trebukhov A., Shaganova E., Momot N., Kolina Ju., Terebova S. The effect of various additives on milk productivity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference "Environmental Problems of Food Security"*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1043: 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012025>
4. Pileiko V.V., Matsinovich A.A., Rybakov Yu.A., Yatsyna V.V. Prevention and treatment of maternity paresis of cows in free-stall conditions. *Scientific notes of the educational institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine"*. 2011; 47(1): 225–229 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sjdykf>
5. Belova S.N., Smolovskaya O.V., Pleshkov V.A., Semechkova A.V. Evaluation and optimization of mineral metabolism in lactating cows. *Perm Agrarian Journal*. 2022; (3): 46–54 (in Russian). https://doi.org/10.47737/2307-2873_2022_39_46
6. Ghasemi N., Amanlou H., Maheri-Sis N., Salamatdoust-Nobar R., Jozghasemi S. Relationship between hypocalcemia immediately after calving with metabolic disorders and body condition score in Holstein cows. *Open Veterinary Journal*. 2024; 14(3): 805–813. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i3.7>
7. Yuldashbaev Yu.A. et al. Influence of ram genotype on mineral metabolism. *Sheep, goats, wool business*. 2024; 1: 15–18 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2024-1-15-18>
8. Sitchikhina A.V., Hertseva K.A., Saikhhanov E.O., Nikulova L.V. Changes in some physiological indicators of metabolism in cows during the milking period. *Scientific notes Kazan Bauman state academy of veterinary medicine*. 2023; (4): 244–248 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qsvxuj>
9. Tufarelli V., Puvača N., Glamočić D., Pugliese G., Colonna M.A. The Most Important Metabolic Diseases in Dairy Cattle during the Transition Period. *Animals*. 2024; 14(5): 816. <https://doi.org/10.3390/ani14050816>
10. Astashkina E.G., Rebezov M.B. Technological properties of muscle tissue of young cattle fed with laumontite. *Achievements of agricultural and biological science in animal husbandry. Conference materials*. Veliky Novgorod: Yaroslav-the-Wise Novgorod State University. 2007; 12–14 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zalhdh>
11. Okuskhanova E. et al. Role of calcium, magnesium and phosphorus in human body. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(6): 258–261. <https://www.elibrary.ru/ymkzcp>
12. Kislyakova E.M., Sofronova I.V. Cow-heifers' reproductive functions peculiarities by using the different forms of calcium gluconate in rations. *Zootekhnika*. 2013; (1): 31–32 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/plxtgf>
13. Fiorentin E.L. et al. Occurrence of subclinical metabolic disorders in dairy cows from western Santa Catarina state, Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2018; 38(4): 629–634. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5156>
14. Razumovsky N. Calcium in feeding cows. *Veterinarnoye delo*. 2023; (5): 22–28 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/asfcfc>
15. Wenning P., Grünberg W. Prevention of hypocalcaemia in dairy cattle. *Der Praktische Tierarzt*. 2015; 96: 812–821 (in German).
16. Vieira-Neto A., Lean I.J., Santos J.E.P. Periparturient Mineral Metabolism: Implications to Health and Productivity. *Animals*. 2024; 14(8): 1232. <https://doi.org/10.3390/ani14081232>
17. Bulgakova G. Cow diet: the importance of the calcium-phosphorus ratio. *Комбикорма*. 2014; (3): 85–87 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rxbxkf>
18. Felsenfeld A.J., Levine B.S. Milk Alkali Syndrome and the Dynamics of Calcium Homeostasis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2006; 1(4): 641–654. <https://doi.org/10.2215/CJN.01451005>
19. Cors I., Vening P., Grünberg V. Preventing birth paresis: what is effective?. *Rynok APK*. 2021; (8): 74–78 (in Russian).
20. DeGaris P.J., Lean I.J. Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *The Veterinary Journal*. 2008; 176(1): 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.029>
21. Kerwin A.L. et al. Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(6): 5191–5207. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16272>
22. Vagnoni D.B., Davidson M., Rubio L., Oetzel G.R., Comets E. Effects of Postpartum Supplemental Oral Ca for Dairy Cows Fed Prepartum Dietary Acidogenic Salts. *Animals*. 2021; 11(11): 3131. <https://doi.org/10.3390/ani11113131>
23. Gordeyko A.V., Voronov A.V. Exchange of ionized calcium and changes in urine pH in cows during the transit period when using anionic salts. *Aktual'nyye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2023; 26(2): 222–229 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hpoxml>
24. Vieira-Neto A. et al. Duration and degree of diet-induced metabolic acidosis prepartum alter tissue responses to insulin in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(2): 1660–1679. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18787>
25. Wilms J., Wang G., Doelman J., Jacobs M., Martín-Tereso J. Intravenous calcium infusion in a calving protocol disrupts calcium homeostasis compared with an oral calcium supplement. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(7): 6056–6064. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15754>

26. Рязанов И.Г., Рогов Р.В., Круглова Ю.С. Применение кормовой добавки «Монокальций фосфат» для лечения и профилактики остеодистрофии крупного рогатого скота. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2019; (1): 37–43.
<https://www.elibrary.ru/zbaimh>

27. Мицурина Е.А., Гамко Л.Н. Качественные показатели молока, продуктивность лактирующих коров и изменения состава крови при скормливании минеральных добавок. *Аграрная наука*. 2021; (1): 26–29.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-26-29>

28. Семенов В.Г. и др. Профилактика субклинических форм кетоза и гипокальциемии молочных коров. *Аграрная наука*. 2022; (11): 29–35.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-29-35>

29. Племяшов К., Романенко Л., Корочкина Е., Бахта А., Анипченко П. Минеральные болюсы в транзитный период. *Животноводство России*. 2015; (11): 48–49.
<https://www.elibrary.ru/vkqkrf>

30. Быстрова И.Ю., Майорова Ж.С., Герцева К.А., Киселева Е.В., Лозовану М.И. Применение кальциевых болюсов в животноводстве. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2021; 13(4): 33–41.
<https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.41.19.004>

31. Pinedo P. et al. Effect of oral calcium administration on metabolic status and uterine health of dairy cows with reduced postpartum rumination and eating time. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17: 178.
<https://doi.org/10.1186/s12917-021-02881-2>

32. Copp D.H. Parathyroids, calcitonin, and control of plasma calcium. *Recent progress in hormone research*. 1964; 20: 59–88.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14285046/>

26. Ryazanov I.G., Rogov R.V., Kruglova Yu.S. The use of food additives "Monocalcium phosphate" for the treatment and prevention of osteodystrophy of cattle. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2019; (1): 37–43 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/zbaimh>

27. Mitsurina E.A., Gamko L.N. Milk quality indicators, productivity in cows and changes in blood composition when feeding mineral supplements. *Agrarian science*. 2021; (1): 26–29 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-26-29>

28. Semenov V.G. et al. Prevention of subclinical forms of ketosis and hypocalcemia in dairy cows. *Agrarian science*. 2022; (11): 29–35 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-29-35>

29. Plemyashov K., Romanenko L., Korochkina E., Bakhta A., Anipchenko P. Mineral boluses in transit period. *Animal Husbandry of Russia*. 2015; (11): 48–49 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/vkqkrf>

30. Bystrova I.Yu., Mayorova Zh.S., Hertseva K.A., Kiseleva E.V., Lozovanu M.I. The use of calcium boluses in animal husbandry. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*. 2021; 13(4): 33–41 (in Russian).
<https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.41.19.004>

31. Pinedo P. et al. Effect of oral calcium administration on metabolic status and uterine health of dairy cows with reduced postpartum rumination and eating time. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17: 178.
<https://doi.org/10.1186/s12917-021-02881-2>

32. Copp D.H. Parathyroids, calcitonin, and control of plasma calcium. *Recent progress in hormone research*. 1964; 20: 59–88.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14285046/>

ОБ АВТОРАХ

Юлия Михайловна Смирнова^{1, 2}

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник¹;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент²

julya_smirnova_35@list.ru

<http://orcid.org/0000-0002-9155-5110>

Андрей Викторович Платонов^{1, 3}

кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник¹;

кандидат биологических наук, доцент³

platonov70@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1110-7116>

Алексей Николаевич Короткий⁴

кандидат сельскохозяйственных наук, директор
sldir@agrocon.ru

¹Вологодский научный центр РАН,
ул. им. Горького, 56А, Вологда, 160014, Россия

²Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия
им. Н.В. Верещагина,
ул. им. Шмидта, 2, с. Молочное, Вологда, 160555, Россия

³Вологодский институт права и экономики Федеральной службы
исполнения наказаний России,
ул. им. Щетинина, 2, Вологда, 160002, Россия

⁴ООО «Агрокон-Вологда»,
ул. им. А. Клубова, 18А-5, Вологда, 160004, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Yulia Mikhailovna Smirnova^{1, 2}

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher¹;

Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor²

julya_smirnova_35@list.ru

<http://orcid.org/0000-0002-9155-5110>

Andrey Viktorovich Platonov^{1, 3}

Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor, Leading
Researcher¹;

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor³

platonov70@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1110-7116>

Alexey Nikolaevich Korotkiy⁴

Candidate of Agricultural Sciences, Director
sldir@agrocon.ru

¹Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences,
56A Gorky Str., Vologda, 160014, Russia

²Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin,
2 Schmidt Str., Molochnoye village, Vologda, 160555, Russia

³Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary
Service of Russia,
2 Shchetinin Str., Vologda, 160002, Russia

⁴«Agrokon-Vologda» Ltd.,
18A-5 A. Klubov Str., Vologda, 160004, Russia

УДК: 636.52/.58:615/33:619:639.62:637.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-58-63

И.И. Кочиш

О.В. Мясникова ✉

М.С. Мотин

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, Москва, Россия

✉ Omyasnikova71@gmail.com

Поступила в редакцию: 30.09.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Кочиш И.И., Мясникова О.В., Мотин М.С.

Влияние кормовых добавок отечественного производства на здоровье кишечника кур

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты изучения влияния различных кормовых добавок — адсорбента «Мустала» на основе минерала шунгит (ООО «Надвоицкий завод ТДМ» Purecarelia, Россия), пребиотика «Ветелакт» (ООО «НВЦ Агроветзащита», Россия), пробиотика «Профорт» и фитобиотика «Интебио» (ООО «Биотроф», Россия); ферментного препарата «Фидбест Р» (ПО «Сиббиофарм», Россия). Были проведены две серии экспериментов в условиях вивария. В первом опыте с контролем сравнивали действие пребиотика «Ветелакт» и сорбента «Мустала», а во втором — действие трех препаратов: пробиотика «Профорт», фитобиотика «Интебио», ферментной добавки «Фидбест Р». Далее оценку пребиотика «Ветелакт» провели в условиях промышленного содержания кур — на птицефабрике ООО «Птицефабрика «Линдовская» — племенной завод Нижегородской области. Применение пробиотиков, как правило, приводит к увеличению численности какого-то одного-двух видов полезной микрофлоры, так как в своем составе содержит один или несколько штаммов полезных микроорганизмов. В данном исследовании при испытании пробиотика «Профорт» в микробиоте слепых отростков наблюдался рост лактобактерий, их содержание увеличилось более чем в 2,5 раза. Пребиотики имеют в своем составе питательные вещества для микроорганизмов и могут стимулировать рост сразу нескольких видов. В исследовании при применении пребиотика «Ветелакт» отмечалось увеличение бифидо- и лактобактерий — на 42,9% и 14,6% соответственно. Препараты, не предназначенные для прямого воздействия на микробиоту, такие как сорбенты, ферменты, фитобиотики, оказывают опосредованное влияние на микробный профиль, что не всегда дает положительный эффект. Так, добавка в корм фермента «Фидбест Р» привела к увеличению в микробиоте числа лактобактерий в 4 раза, а сорбента «Мустала» — к снижению числа лактобактерий в 2,3 раза.

Ключевые слова: несушки, иммунитет, микробиота кишечника, продуктивность, патогенная микрофлора, пробиотики, пребиотики, фитобиотики, иммуностимуляторы

Для цитирования: Кочиш И.И., Мясникова О.В., Мотин М.С. Влияние кормовых добавок отечественного производства на здоровье кишечника кур. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 58–63.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-58-63>

The effect of feed additives of domestic production on the intestinal health of laying hens

ABSTRACT

The article presents the results of studying the effect of various feed additives — adsorbent “Mustala” based on the mineral shungite (LLC “Nadvoitsky plant TDM” Purecarelia, Russia), prebiotic “Vetelact” (LLC “NVTs Agrovetzashchita”, Russia), probiotic “Profort” and phytobiotic “Intebio” (LLC “Biotrof”, Russia); enzyme preparation “Fidbest R” (ACCORDING to Sibbiopharm, Russia). Two series of experiments were conducted in vivarium conditions. In the first experiment, the effect of the “Vetelact” prebiotic and the “Mustala” sorbent was compared with the control, and in the second, the effect of three drugs: the “Profort” probiotic, the “Intebio” phytobiotic, and the “Feedbest R” enzyme supplement. Further, the evaluation of the “Vetelact” prebiotic was carried out in the conditions of industrial chicken keeping — at the poultry farm of LLC “Poultry Farm “Lindovskaya” — breeding plant» of the Nizhny Novgorod region.

The use of probiotics, as a rule, leads to an increase in the number of one or two types of beneficial microflora, since it contains one or more strains of beneficial microorganisms. In this study, when testing the probiotic “Profort” in the microbiota of blind processes, an increase in lactobacilli was observed, their content increased by more than 2.5 times. Prebiotics contain nutrients for microorganisms and can stimulate the growth of several species at once. In the study, when using the “Vetelact” prebiotic, an increase in bifidobacteria and lactobacilli was noted — by 42.9% and 14.6%, respectively. Drugs that are not intended to directly affect the microbiota, such as sorbents, enzymes, and phytobiotics, have an indirect effect on the microbial profile, which does not always have a positive effect. Thus, the addition of the feed enzyme “Feedbest R” led to an increase in the number of lactobacilli in the microbiota by 4 times, and the sorbent “Mustala” led to a decrease in the number of lactobacilli by 2.3 times.

Key words: laying hens, immunity, intestinal microbiota, productivity, pathogenic microflora, probiotics, prebiotics, phytobiotics, immunostimulants

For citation: Kochish I.I., Myasnikova O.V., Motin M.S. The effect of feed additives of domestic production on the intestinal health of laying hens. *Agrian science*. 2024; 389(12): 58–63 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-58-63>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-58-63

Ivan I. Kochish

Olga V. Myasnikova ✉

Matvey S. Motin

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin

✉ Omyasnikova71@gmail.com

Received by the editorial office: 30.09.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Kochish I.I., Myasnikova O.V., Motin M.S.

Введение/Introduction

Эффективность усвоения кормов у цыплят самая высокая среди сельскохозяйственных животных, а у кур-несушек — вторая по эффективности при пересчете на единицу производимой продукции. Одним из основных триггеров пищеварительного процесса является микробный состав кишечника, так как без микроорганизмов не происходит полноценного расщепления и усвоения кормовых ингредиентов [1, 2].

Современная наука позволила установить влияние состава микробиома кишечника на его функциональные качества и тем самым продвинуться в изучении возможностей направленного воздействия на состав микробиоты, которая позволит укрепить здоровье, улучшить эффективность и продолжительность продуктивного цикла животных и птицы.

В птицеводстве ряд исследований посвящены пищеварению у цыплят-бройлеров, у которых микробные сообщества отличаются от сообществ несушек [3–6]. Бройлеры и несушки имеют разную продолжительность жизни в обычном коммерческом производстве и выращиваются в разных условиях со специфическими требованиями по составу питательности кормов, поэтому состав микробиоты кишечника у птицы этих двух направлений птицеводства различен [4, 5].

Яйценоскость несушек у современных кроссов кур подходит к своему максимальному уровню с точки зрения усовершенствования этого показателя селекционно-генетическими методами.

За последние десятилетия усилия селекционеров были направлены на увеличение продолжительности продуктивного цикла и тем самым на получение большего количества яиц от одной несушки за цикл [7, 8]. Поэтому особую актуальность приобретает сохранение здоровья и жизнеспособности поголовья, чтобы в каждом стаде получить максимум яичной массы.

За продуктивный цикл на несушку воздействует множество негативных факторов, способных снизить ее сопротивляемость. В первую очередь это стрессы кормового и технологического характера и повышающийся в птичнике бактериальный фон. Известно, что кишечник птицы играет огромную роль в ее иммунитете, поэтому особое внимание в данных исследованиях уделяется аспекту здоровья желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и факторам, способным повлиять на него [6, 9].

Здоровье ЖКТ определяют как способность пищеварительной системы выполнять нормальные физиологические функции, поддерживать гомеостаз и тем самым противостоять стрессу — инфекционному и неинфекционному. Состояние пищеварительной системы включает такие понятия, как «структурная целостность кишечника», «баланс микрофлоры» и «состояние иммунной системы» [11]. Однако под здоровьем кишечника в настоящее время понимают не только пищеварительные функции, но и способность защитить от кишечных патогенов и потенциал иммунной системы отвечать на изменения окружающей среды.

Современные исследования показали, что иммунитет птицы во многом связан со здоровьем ЖКТ и его микробным составом [9–11]. Содержимое ЖКТ состоит из совокупности микроорганизмов различных видов, в основном бактерий, грибковых, одноклеточных и вирусных микроорганизмов. Всё это и составляет микрофлору ЖКТ. Развитие этой микробиологической системы начинается сразу после вывода цыпленка из яйца, с началом клевания (даже до начала потребления корма, воды) бактериальные микроорганизмы поступают в

кишечник из окружающего воздуха, корма и от людей, работающих с цыплятами после вывода. Каждый из этих внешних источников может влиять на формирование и развитие микрофлоры кишечника [12, 13].

Доказано, что состав микробиоты кишечника меняется в зависимости от возраста несушек, генотипа и системы производства [6, 12]. Метаболиты микробиоты кишечника, такие как короткоцепочечные жирные кислоты, индол, триптамиин, витамины и бактериоцины, участвуют в перекрестном взаимодействии хозяина и микробиоты, поддержании барьерной функции и иммунном гомеостазе. Резидентные члены микробиоты кишечника ограничивают и контролируют колонизацию пищевых патогенов. Добавление пребиотиков и пробиотиков в корм укрепляет микробиоту кишечника для улучшения продуктивности хозяина и устойчивости к колонизации кишечными патогенами, такими как *Salmonella* и *Campylobacter*.

Механизмы действия пребиотиков и пробиотиков заключаются в выработке органических кислот, активации иммунной системы хозяина и выработке антимикробных агентов. Кандидаты на роль пробиотиков, включая изоляты *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus*, *Saccharomyces* и *Faecalibacterium*, показали многообещающие результаты в отношении повышения безопасности пищевых продуктов и здоровья кишечника. Кроме того, ряд сложных углеводов, включая маннозные олигосахариды, фруктоолигосахариды и галактоолигосахариды, а также инулин являются перспективными кандидатами для улучшения здоровья кишечника [13].

Состав микробиоты кишечника можно улучшить и укрепить различными препаратами, содержащими как живые микроорганизмы, так и пребиотические компоненты, растительные компоненты, ферменты, сорбенты микотоксинов. Изучение основных принципов действия биологически активных добавок обеспечивает уверенность в использовании таких добавок и в терапевтических целях.

Пробиотики могут использоваться как в качестве профилактических, так и терапевтических препаратов для активации экспрессии цитокинов с целью модуляции иммунной системы хозяина против патогенов. Однако было замечено, что на взрослых курах-несушках с уже сформированным микробиомом всех отделов кишечника ввод пробиотиков в корм дает значительно менее выраженный эффект, чем на молодняке. Наиболее вероятно это связано с тем, что микробиота кишечника у молодой птицы находится в стадии формирования и лучше модулируется пробиотиками, чем у взрослой птицы [12, 14].

Таким образом, правильно подобранный вид биологически активной добавки и ее дозировка могут оказать положительное влияние на структуру не только собственно микробиоты, но и на морфологический состав эпителиальной ткани кишечника [13, 15].

Для поддержания здоровья пищеварительного тракта птицы на протяжении ее жизни разработаны десятки методов, создано большое количество продуктов, которые сегодня применяют на птицефабриках [16].

Эффективность различных препаратов для здоровья кишечника и состава микробиоты различна и нуждается в доказательной базе.

Цели исследований — комплексно изучить кормовые добавки из групп сорбентов, пребиотиков, пробиотиков, фитобиотиков и ферментов на состав микробиоты и сделать заключение о целесообразности их применения для увеличения продолжительности продуктивного цикла кур-несушек.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В 2022–2024 годах авторами были проведены две серии экспериментов на несушках по применению различных кормовых добавок и оценена их способность улучшить состав микробиоты слепых отростков кишечника и продолжительность продуктивного цикла.

Исследования проведены в виварии и международной лаборатории молекулярной генетики и геномики птицы Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина (МГАВМиБ), на ООО «Птицефабрика «Линдовская» — племенной завод» (ПФ «Линдовская») (Нижегородская обл., Россия).

В первом опыте одна группа птиц получала с кормом пребиотик «Ветелакт», а другая — сорбент «Мустала», птица контрольной группы получала кладковый корм ПК-1, соответствующий по питательности рекомендациям для кур яичного направления¹.

Во втором опыте были сформированы три опытные группы и одна контрольная. Птица опытных групп, кроме кладкового корма, получала следующие добавки: 1-я группа — пробиотик «Профорт», 2-я группа — фитобиотик «Интебио», 3-я группа — добавку фитазы «Фидбест Р».

Птица контрольных и опытных групп была подобрана по принципу пар-аналогов и имела сходные продуктивные показатели на начало исследований. В первом и втором опытах в каждой группе было по 30 голов кур-несушек. В первом опыте исследования проводились на курах-несушках кросса «Ломанн ЛСЛ» (Lohmann Breeders GmbH), а во втором — кросса «Хайсекс коричневый» (Hendrix Genetics BV).

Общая схема исследований, возраст птицы и дозировка препаратов приведены в таблице 1.

По окончании опыта по 5 голов птицы из каждой группы были подвержены быстрой и безболезненной эвтаназии, не сопровождающейся чувством тревоги и страха в соответствии с требованиями «Позиции по этике использования животных в исследованиях, выполняемых при поддержке Российского научного фонда»². После чего были взяты образцы содержимого слепых отростков кишечника.

Добавки, которые были использованы в экспериментах:

- адсорбент «Мустала» на основе минерала шунгит (ООО «Надвоицкий завод ТДМ» Purecarelia, Россия),
- пребиотик «Ветелакт» (ООО «НВЦ Агроветзащита», Россия),
- пробиотик «Профорт» (ООО «Биотроф», Россия),
- фитобиотик «Интебио» (ООО «Биотроф», Россия),
- ферментный препарат «Фидбест Р», содержащий фитазу (ПО «Сиббиофарм», Россия).

Срок скормливания добавок — 4 недели.

Содержимое слепых отростков при отборе проб помещали в стерильные пробирки типа Эппендорф объемом 2 мл и хранили при температуре -20 °С.

Выделение ДНК проводили на автоматизированной системе выделения ДНК, РНК и белков QIAcube connect (Qiagen, Германия).

Таблица 1. Общая схема исследований влияния кормовых добавок на микробиоту слепых отростков кишечника кур-несушек

Table 1. General scheme of the study of the effect of feed additives on the microbiota of the caecum of laying hens

№ опыта, группа	Препарат, дозировка	Место проведения	Возраст птицы, нед.	Вид добавки
1-й, контрольная	Корм кладковый ПК-1	виварий МГАВМиБ	40–44	без добавок
1-й, 1-я опытная	«Ветелакт» 0,1 мл на 1 кг живой массы	виварий МГАВМиБ	40–44	пребиотик
1-й, 2-я опытная	«Мустала» 10 г на 1 кг корма	виварий МГАВМиБ	40–44	адсорбент
2-й, контрольная	корм кладковый ПК-1	виварий МГАВМиБ	36–40	без добавок
2-й, 1-я опытная	«Профорт» 0,1 г на 1 кг корма	виварий МГАВМиБ	36–40	пробиотик
2-й, 2-я опытная	«Интебио» 0,1 г на 1 кг корма	виварий МГАВМиБ	36–40	фитобиотик
2-й, 3-я опытная	«Фидбест Р» 0,1 г на 1 кг корма	виварий МГАВМиБ	36–40	фермент
Производственные испытания	«Ветелакт» 0,1 мл на 1 кг живой массы	ПФ «Линдовская»	54–59	пребиотик

Качество выделенной микробной ДНК оценивали с использованием электрофореза в 2%-ном агарозном геле с добавлением бромистого этидиума (5–3 мкл) в камере Mini-Sub Cell GT (Bio-Rad, США) с TBE-буфером (Thermo Fisher, США).

В качестве маркера молекулярной массы служил бромфеноловый синий для ДНК (Thermo Fisher, США) в соотношении с образцом 1:1 (5 мкл образца к 5 мкл красителя) в режиме 220 В, 35 мин.

Гель просматривали на транслюминаторе TCP-20.MC (Vilber, Франция) и с использованием геледокументирующего оборудования Gel Doc™ EZ System (Bio-Rad, США), определяли количество ДНК на флуориметре Qubit 3.0 (Thermo Fisher, США). Секвенирование по протоколу 16s Metagenomic проводили на приборе Ion GeneStudio S5 System (Thermo Fisher Scientific, США).

Биоинформатический анализ данных выполняли с использованием сетевого продукта Ion Reporter™ Software (ThermoFisher, США) и программного обеспечения QIIME2 ver. 2022.2 (National Cancer Institute Informatics Technology for Cancer Research, США).

Последовательности фильтровали по качеству с использованием параметров настроек по умолчанию. Фильтрацию шумовых последовательностей проводили с помощью встроенного в пакет QIIME2 методом DADA2, включающим информацию о качестве в свою модель ошибок, что делает алгоритм устойчивым к последовательности более низкого качества, при этом использовали максимальную длину последовательности обрезки, равную 250 п. н.

Для назначения таксономии применяли базу данных Silva138.¹³

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты исследований влияния на состав микробиоты сорбента и пребиотика приведены в таблице 2.

Сорбент «Мустала» на основе минеральной добавки шунгит имеет в своем составе фуллереноподобный углерод, который способен связывать и выводить из организма токсины и продукты обмена патогенных микроорганизмов.

При применении сорбента отмечено существенное и достоверное снижение лактобактерий более чем в 2 раза ($p < 0,05$) по сравнению с контролем. При

¹ И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова и др. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы. ВНИИП. 2019.

² Позиция по этике использования животных в исследованиях, выполняемых при поддержке Российского научного фонда. 2022; 5. https://rscf.ru/fondfiles/PotE_rus.pdf

³ <https://www.arb-silva.de/documentation/release-1381/>

этом установлен рост нежелательных микроорганизмов порядка *Clostridiales* и *Enterobacteriales*. Особенно у последних отмечен рост (более чем в 6,5 раз) ($p < 0,05$).

На взгляд авторов, сорбирующие свойства препарата «Мустала» привели к сорбции части витаминов и, таким образом, к сокращению численности лакто- и бифидобактерий в слепых отростках.

В данном исследовании применялись стандартные корма, не зараженные избыточным содержанием микотоксинов. Возможно, при сорбции микотоксинов витамины и прочие вещества остаются в корме в неизменном составе.

При применении пребиотической добавки «Ветелакт» на курах в условиях вивария достоверно возросло содержание филума *Actinobacteria* в 1,5 раза ($p < 0,05$), снизились многие группы патогенных и нежелательных микроорганизмов при общем увеличении положительной микрофлоры.

В промышленных условиях птицефабрики ООО «Птицефабрика «Линдовская» — племенной завод» Нижегородской области у птицы опытной группы после применения пребиотика «Ветелакт» численность бактерий филума *Actinobacteria* увеличилась в 2,5 раза ($p < 0,05$), в том числе представителей порядка *Bifidobacteriales* — в 1,8 раза ($p < 0,05$). Увеличилась численность микроорганизмов филума *Bacteroidetes* — на 32% ($p < 0,05$). Было отмечено достоверное увеличение лактобактерий — на 27% ($p < 0,05$). Уровень патогенных микроорганизмов в среднем снизился на 24% [17].

В таблице 3 приведены результаты исследований включения в корм пробиотической добавки «Профорт», фитобиотика «Интебио» и ферментного препарата «Фидбест Р».

Как следует из результатов, пробиотическая добавка оказала значительный эффект на рост лактобактерий, их содержание увеличилось более чем в 2,5 раза ($p < 0,05$), за счет этого патогенные микроорганизмы, такие как бактерии филума *Synergistetes* и *Tenericutes*, снизились в 1,5 и 3,5 раза соответственно.

Таблица 2. Показатели микробиоты содержимого слепых отростков несушек при применении пребиотика и сорбента (n = 5)

Table 2. Composition of the microbiota of the cecum contents of laying hens using a prebiotic and sorbent (n = 5)

Показатель	Контроль	Пребиотик «Ветелакт»	Разница к контролю, %	Сорбент «Мустала»	Разница к контролю, %
Филум <i>Actinobacteria</i> , в т. ч.:	0,08 ± 0,025	0,12 ± 0,10	+50,0*	0,067 ± 0,003	-16,3*
Род <i>Bifidobacteriales</i>	0,07 ± 0,02	0,10 ± 0,09	+42,9	0,057 ± 0,003	-18,6*
Филум <i>Bacteroidetes</i>	32,01 ± 2,17	27,1 ± 1,83	-15,3	38,73 ± 3,95	+21,0
Филум <i>Firmicutes</i> , в т. ч.:	52,39 ± 2,41	54,97 ± 2,68	+4,9	40,9 ± 5,90	-21,9*
семейство <i>Lactobacillaceae</i>	32,21 ± 3,75	36,92 ± 4,49	+14,6	13,57 ± 8,52	-57,9*
семейство <i>Clostridiaceae</i>	13,31 ± 5,28	16,05 ± 2,27	+20,6	24,14 ± 5,87	+81,4*
семейство <i>Ruminococcaceae</i>	5,86 ± 0,95	4,78 ± 0,60	-18,4	0,37 ± 0,06	-93,7*
Род <i>Selenomonadales</i>	0,12 ± 0,02	0,14 ± 0,03	+16,7	0,17 ± 0,06	+41,6
Некультивируемые	0,23 ± 0,12	0,017 ± 0,009	-92,6*	0,14 ± 0,06	-39,1
Филум <i>Proteobacteria</i>	15,20 ± 2,31	17,71 ± 1,06	+16,5	19,94 ± 2,36	+31,2
Род <i>Enterodacteriaceae</i>	0,75 ± 0,17	0,35 ± 0,09	-53,3*	5,90 ± 3,64	+686,7*
Филум <i>Synergistetes</i>	0,03 ± 0,01	0,047 ± 0,01	+56,7	0,07 ± 0,02	+133,3*
Филум <i>Tenericutes</i>	0,057 ± 0,04	0,04 ± 0,015	-29,8	0,17 ± 0,08	+198,2*
Семейство <i>Mycoplasmataceae</i>	0,037 ± 0,032	0,003 ± 0,001	-91,9*	0,027 ± 0,007	-27,0
Филум <i>Spirochaetes</i>	0,007 ± 0,003	0,003 ± 0,001	-57,1	0,013 ± 0,002	+85,7*
Патогены и нежелательные м/о	0,88 ± 0,09	0,44 ± 0,07	-50,0*	6,18 ± 3,55	+602,3*

Примечание: * здесь и далее различия с контролем достоверны при $p < 0,05$.

Несмотря на сообщения отдельных авторов об относительно низкой эффективности пробиотиков на курах-несушках, в данных исследованиях разница была достоверной. Рост бактерий рода *Bifidobacteriales* при применении пребиотика «Профорт» не наблюдался. Однако для переваривания отдельных углеводов бактерии этого рода необходимы.

Ранее авторами проводилось исследование пробиотика «Бактосель» (бактериального пробиотика, содержащего живые молочнокислые бактерии *Pediococcus acidilactici* MA 18/5M, от компании Lallemand) в дозировке 100 г на 1 т воды на цыплятах-бройлерах. В результате было отмечено увеличение бифидобактерий более чем в 6 раз, получены достоверные различия с контрольной группой [18]. Возможно, комбинированное применение двух пробиотиков даст желаемое увеличение микроорганизмов, необходимых для расщепления питательных веществ корма.

Фитобиотики — препараты, содержащие растительные экстракты. Как правило, предназначены для стимуляции резервов организма в борьбе с возбудителями заболеваний. «Интебио» от компании «Биотроф» содержит смесь натуральных эфирных масел. Применение

Таблица 3. Показатели микробиоты содержимого слепых отростков несушек при применении пробиотика «Профорт», фитобиотика «Интебио» и фермента «Фидбест Р» (n = 5)

Table 3. Composition of the microbiota of the cecum contents of laying hens when using the probiotic «Profort», the phytobiotic «Intebio» and the enzyme «Fidbest R» (n = 5)

Показатель	Контроль	Пробиотик «Профорт»	Разница к контролю, %	Фитобиотик «Интебио»	Разница к контролю, %	Фермент «Фидбест Р»	Разница к контролю, %
Филум <i>Actinobacteria</i> , в т. ч.:	0,56 ± 0,13	0,08 ± 0,07	-85,8*	2,39 ± 0,32	+326,8*	0,27 ± 0,13	-51,7
род <i>Bifidobacteriales</i>	0,15 ± 0,07	0,11 ± 0,08	-25,0	0,94 ± 0,13	+526,7*	0,02 ± 0,01	-86,7
Филум <i>Bacteroidetes</i>	38,31 ± 2,06	43,99 ± 5,32	+14,8	33,93 ± 4,59	-11,4	37,91 ± 3,93	-1,0
Филум <i>Firmicutes</i> , в т. ч.:	30,99 ± 2,55	40,95 ± 3,86	+32,1*	25,22 ± 3,41	-18,6*	47,6 ± 6,21	+53,6*
род <i>Lactobacillales</i>	1,11 ± 0,43	2,79 ± 0,9	+152*	1,7 ± 0,23	+53,2	5,62 ± 0,87	+406,3*
род <i>Clostridiales</i>	16,89 ± 3,16	25,83 ± 2,66	+52,9*	25,28 ± 3,42	+49,7*	33,1 ± 6	+96,6*
Семейство <i>Ruminococcaceae</i>	7,15 ± 2,37	10,03 ± 1,51	+40,3	9,17 ± 1,24	+28,3	10,49 ± 1,18	+46,7*
Род <i>Selenomonadales</i>	1,41 ± 0,96	0,55 ± 0,39	-61,0	0,57 ± 0,08	-59,6	2,28 ± 0,65	+61,7
Филум <i>Fusobacteria</i>	0,22 ± 0,02	0,03 ± 0,01	-86,4*	3,21 ± 0,43	+1359*	1,11 ± 1,38	+404,5*
Филум <i>Proteobacteria</i> , в т. ч.:	27,05 ± 1,56	13,13 ± 3,49	-51,5*	33,5 ± 4,53	23,8	12,1 ± 3,57	-55,2
семейство <i>Enterobacteriaceae</i>	19,58 ± 0,41	1,35 ± 0,86	-93,1*	9,87 ± 1,24	-49,6	2,62 ± 1,02	-86,6*
Филум <i>Synergistetes</i>	2,09 ± 0,33	1,36 ± 0,91	-34,9	0,38 ± 0,05	-81,8*	0,43 ± 0,24	-79,4*
Филум <i>Tenericutes</i>	0,78 ± 0,36	0,21 ± 0,05	-73,1*	0,57 ± 0,08	-26,9	0,52 ± 0,44	-33,3
Семейство <i>Mycoplasmataceae</i>	0,58 ± 0,03	0,32 ± 0,1	-44,8*	0,09 ± 0,01	-84,5	0,34 ± 0,45	-31,0

добавки «Интебио» у несушек привело к увеличению лакто- и бифидобактерий в содержимом слепых отростков в 1,5 и 6 раз соответственно ($p < 0,05$), в 14 раз ($p < 0,05$) возросло число фузобактерий, которые относятся к нормофлоре.

Численность патогенных микроорганизмов, напротив, сократилась по филуму *Synergistetes* в 5,5 раз ($p < 0,05$), а по филуму *Tenericutes* — в 1,4 раза. Таким образом, фитобиотик показал однозначный положительный эффект как на состав микрофлоры, так и на здоровье кишечника.

Применение фермента «Фидбест Р» осуществлялось с целью улучшить усвоение фосфора в корме, однако исследования показали, что у птицы достоверно возросло число лактобактерий в 4 раза ($p < 0,05$), целлюлозолитических бактерий (семейство *Ruminococcaceae*) — в 1,5 раза ($p < 0,05$). Число патогенных микроорганизмов сократилось по всем филумам.

Таким образом, применение фитобиотика и ферментного препарата оказало наибольшее влияние на микробный профиль содержимого слепых отростков несушек за счет роста микроорганизмов, отвечающих за расщепление ингредиентов корма и снижение патогенных и нежелательных микроорганизмов.

Выводы/Conclusions

Проведенные исследования показали эффективность применения различных биологически активных добавок в кормлении кур-несушек.

Пробиотическая добавка оказала значительный эффект на рост количества лактобактерий, их содержание

увеличилось более чем в 2,5 раза, за счет этого патогенные микроорганизмы снизились.

При применении пребиотической добавки «Ветелакт» возросло содержание филума *Actinobacteria* в 1,5 раза, снизились многие группы патогенных и нежелательных микроорганизмов при общем увеличении положительной микрофлоры.

Применение фитобиотической добавки «Интебио» у кур-несушек привело к достоверному увеличению лакто- и бифидобактерий в содержимом слепых отростков, при этом число патогенных микроорганизмов сократилось по филуму *Synergistetes* в 5,5 раз, а по филуму *Tenericutes* — в 1,4 раза.

Добавка фермента «Фидбест Р» привела к увеличению числа лактобактерий в 4 раза, целлюлозолитических бактерий (семейство *Ruminococcaceae*) — в 1,5 раза.

Применение сорбента на основе минерала шунгит оказало неоднозначное влияние. Так, отмечено существенное и достоверное снижение лактобактерий более чем в 2 раза по сравнению с контролем, а патогенные микроорганизмы увеличили свою численность в 7 раз.

Для увеличения продолжительности продуктивного цикла кур-несушек, на взгляд авторов, наиболее актуальным является сдерживание роста патогенных микроорганизмов (с этой задачей лучше справляются фитобиотики и пребиотики в кормах).

Рекомендуется с целью улучшения показателей здоровья кишечника и жизнеспособности кур яичного направления применять фитобиотик «Интебио» из расчета 0,1 г на 1 кг корма и пребиотик «Ветелакт» в дозировке 0,1 мл на 1 кг живой массы.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках гранта «Здоровье и продуктивное долголетие кур-несушек промышленных кроссов: молекулярно-генетические иммунологические аспекты» от 16.05.2022 № 22-16-00009.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the grant "Health and productive longevity of laying hens of industrial crosses: molecular genetic and immunological aspects" dated 05/16/2022 No. 22-16-00009.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Йылдырым Е.А. и др. Микробиом кур: современный взгляд. *Птицеводство*. 2019; (1): 43–49. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-1-43-49>
2. Сурай П.Ф., Кочиш И.И., Фисинин В.И., Грозина А.А., Шацких Е.В. Молекулярные механизмы поддержания здоровья кишечника птицы: роль микробиоты. М.: *Сельскохозяйственные технологии*. 2018; 344. ISBN 978-5-6040265-8-8 <https://elibrary.ru/yufgih>
3. Лебедева И.А., Новикова М.В., Вершинина И.Ю. Пробиотики для птицеводства и животноводства — эволюционно-биологическая необходимость. *Аграрная наука*. 2022; (7–8): 102–104. <https://elibrary.ru/ttmzyi>
4. Song B. *et al.* Comparison and Correlation Analysis of Immune Function and Gut Microbiota of Broiler Chickens Raised in Double-Layer Cages and Litter Floor Pens. *Microbiology Spectrum*. 2022; 10(4): e00045-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00045-22>
5. Pandit R.J. *et al.* Microbial diversity and community composition of caecal microbiota in commercial and indigenous Indian chickens determined using 16S rDNA amplicon sequencing. *Microbiome*. 2018; 6: 115. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0501-9>
6. Khan S., Moore R.J., Stanley D., Chousalkar K.K. The Gut Microbiota of Laying Hens and Its Manipulation with Prebiotics and Probiotics To Enhance Gut Health and Food Safety. *Applied and Environmental Microbiology*. 2020; 86(13): e00600-20. <https://doi.org/10.1128/AEM.00600-20>
7. Астраханцев А.А., Леконцева Н.А., Наумова В.В. Яичная продуктивность кур-несушек различных кроссов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (2): 206–210. <https://elibrary.ru/lefhzb>
8. Бугаров В.С., Ройтер Я.С., Кавтарашвили А.Ш., Червонова И.В., Бугаров А.В. Оценка племенных качеств сельскохозяйственной птицы яичного направления продуктивности (обзор). *Вестник аграрной науки*. 2019; (4): 46–55. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2019.4.46>

REFERENCES

1. Yildirim E.A. *et al.* Chicken microbiome: modern concepts. *Ptitsevodstvo*. 2019; (1): 43–49 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-1-43-49>
2. Suray P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Grozina A.A., Shatskikh E.V. Molecular mechanisms of maintaining intestinal health in poultry: the role of microbiota. Moscow: *Sel'skokhozyaystvennyye tekhnologii*. 2018; 344 (in Russian). ISBN 978-5-6040265-8-8 <https://elibrary.ru/yufgih>
3. Lebedeva I.A., Novikova M.V., Vershinina I.Yu. Probiotics for poultry and animal husbandry are an evolutionary and biological necessity. *Agrarian science*. 2022; (7–8): 102–104 (in Russian). <https://elibrary.ru/ttmzyi>
4. Song B. *et al.* Comparison and Correlation Analysis of Immune Function and Gut Microbiota of Broiler Chickens Raised in Double-Layer Cages and Litter Floor Pens. *Microbiology Spectrum*. 2022; 10(4): e00045-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00045-22>
5. Pandit R.J. *et al.* Microbial diversity and community composition of caecal microbiota in commercial and indigenous Indian chickens determined using 16S rDNA amplicon sequencing. *Microbiome*. 2018; 6: 115. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0501-9>
6. Khan S., Moore R.J., Stanley D., Chousalkar K.K. The Gut Microbiota of Laying Hens and Its Manipulation with Prebiotics and Probiotics To Enhance Gut Health and Food Safety. *Applied and Environmental Microbiology*. 2020; 86(13): e00600-20. <https://doi.org/10.1128/AEM.00600-20>
7. Astrakhtantsev A.A., Lekontseva N.A., Naumova V.V. Egg productivity of laying hens of various crosses. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020; (2): 206–210 (in Russian). <https://elibrary.ru/lefhzb>
8. Buyarov V.S., Roiter Ya.S., Kavtarashvili A.Sh., Chervonova I.V., Buyarov A.V. Assessment of breeding qualities of agricultural poultry of egg direction productivity (review). *Bulletin of agrarian science*. 2019; (4): 46–55 (in Russian). <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2019.4.46>

9. Кочиш И.И., Мясникова О.В., Никонов И.Н., Сурай П.Ф. Здоровый кишечник — основа продления продуктивного долголетия кур. М.: *Сельскохозяйственные технологии*. 2022; 248. ISBN 978-5-6049230-9-2
<https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/z23-8>

10. Фисинин В.И. и др. Изменение бактериального сообщества в желудочно-кишечном тракте кур в онтогенезе. *Сельскохозяйственная биология*. 2016; 51(6): 883–890
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.883rus>

11. Куванов Т.К., Пименов Н.В., Кореньюга М.В., Найденов Д.А. Иммунотропное действие кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика в обеспечении специфического иммунитета цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2024; (7): 49–54.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54>

12. Грозина А.А. Состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта у цыплят-бройлеров при воздействии пробиотика и антибиотика (по данным T-RFLP RT-PCR). *Сельскохозяйственная биология*. 2014; 49(6): 46–58.
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.6.46rus>

13. Тюрина Д.Г. и др. Развитие антибиотикорезистентности микроорганизмов у цыплят-бройлеров под влиянием ветеринарных антибиотиков и пробиотика. *Аграрная наука*. 2024; (3): 85–91.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-85-91>

14. Gilroy R. *et al.* Extensive microbial diversity within the chicken gut microbiome revealed by metagenomics and culture. *PeerJ*. 2021; 9: e10941.
<https://doi.org/10.7717/peerj.10941>

15. Smirnov A., Perez R., Amit-Romach E., Sklan D., Uni Z. Mucin Dynamics and Microbial Populations in Chicken Small Intestine Are Changed by Dietary Probiotic and Antibiotic Growth Promoter Supplementation. *The Journal of Nutrition*. 2005; 135(2): 187–192.
<https://doi.org/10.1093/jn/135.2.187>

16. Pineda-Quiroga C. *et al.* Microbial and Functional Profile of the Ceca from Laying Hens Affected by Feeding Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics. *Microorganisms*. 2019; 7(5): 123.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms7050123>

17. Кочиш И.И., Романов М.Н., Полябин С.В., Мясникова О.В., Кореньюга М.В., Мотин М.С. Влияние пребиотика «Ветелакт» на микробиоту кишечника кур родительского стада. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2021; (2): 152–156.
<https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202102008>

18. Кочиш И.И., Мясникова О.В., Никонов И.Н., Худяков А.А. От науки к практике: рациональный подход к контролю микрофлоры кишечника птицы. *Птицеводство*. 2023; (1): 39–42.
<https://doi.org/10.33845/0033-3239-2023-72-1-39-42>

9. Kochish I.I., Myasnikova O.V., Nikonov I.N., Suray P.F. Healthy intestines are the basis for extending the productive longevity of chickens. Moscow: *Selskookhozyaystvennyye tekhnologii*. 2022; 248 (in Russian). ISBN 978-5-6049230-9-2
<https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/z23-8>

10. Fisnin V.I. *et al.* Poultry gastrointestinal microbiome changes during ontogenesis. *Agricultural Biology*. 2016; 51(6): 883–890
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.883eng>

11. Kuvanov T.K., Pimenov N.V., Korenyuga M.V., Naydenov D.A. Immunotropic effect of feed additives based on metaprobiotics and phytobiotics in providing specific immunity in broiler chickens. *Agrarian science*. 2024; (7): 49–54 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54>

12. Grozina A.A. Gut microbiota of broiler chickens influenced by probiotics and antibiotics as revealed by T-RFLP and RT-PCR. *Agricultural Biology*. 2014; 49(6): 46–58.
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.6.46eng>

13. Tyurina D.G. *et al.* The development of antimicrobial resistance in broilers affected by veterinary antimicrobials and a probiotic administration. *Agrarian science*. 2024; (3): 85–91 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-85-91>

14. Gilroy R. *et al.* Extensive microbial diversity within the chicken gut microbiome revealed by metagenomics and culture. *PeerJ*. 2021; 9: e10941.
<https://doi.org/10.7717/peerj.10941>

15. Smirnov A., Perez R., Amit-Romach E., Sklan D., Uni Z. Mucin Dynamics and Microbial Populations in Chicken Small Intestine Are Changed by Dietary Probiotic and Antibiotic Growth Promoter Supplementation. *The Journal of Nutrition*. 2005; 135(2): 187–192.
<https://doi.org/10.1093/jn/135.2.187>

16. Pineda-Quiroga C. *et al.* Microbial and Functional Profile of the Ceca from Laying Hens Affected by Feeding Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics. *Microorganisms*. 2019; 7(5): 123.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms7050123>

17. Kochish I.I., Romanov M.N., Pozyabin S.V., Myasnikova O.V., Korenyuga M.V., Motin M.S. The effect of the prebiotic “Vetelact” on the gut microbiota of chickens of the parent herd. *Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*. 2021; (2): 152–156 (in Russian).
<https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202102008>

18. Kochish I.I., Myasnikova O.V., Nikonov I.N., Khudyakov A.A. From science to practice: reasonable approach to correction of intestinal microbiota in poultry. *Ptitsevodstvo*. 2023; (1): 39–42 (in Russian).
<https://doi.org/10.33845/0033-3239-2023-72-1-39-42>

ОБ АВТОРАХ

Иван Иванович Кочиш

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик
Российской академии наук
kochish.i@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8502-6052>

Ольга Вячеславовна Мясникова

кандидат сельскохозяйственных наук
Omyasnikova71@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9869-0876>

Матвей Сергеевич Мотин

аспирант
krox1710@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-1767-2485>

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина,
ул. Академика Скрябина, 23, Москва, 109472, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ivan Ivanovich Kochish

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the
Russian Academy of Sciences
kochish.i@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8502-6052>

Olga Vyacheslavovna Myasnikova

Candidate of Agricultural Sciences
Omyasnikova71@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9869-0876>

Matvey Sergeevich Motin

Graduate Student
krox1710@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-1767-2485>

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology —
MVA named after K.I. Skryabin,
23 Academic Skryabin Str., Moscow, 109472, Russia

А.М. Бекшенова

С.С. Александрова ✉

Научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Северного
Зауралья — филиал Тюменского научного
центра Сибирского отделения Российской
академии наук, Тюмень, Россия

✉ Aleksandrova977@mail.ru

Поступила в редакцию: 06.10.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Бекшенова А.М., Александрова С.С.

Research article

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-64-69

Aigul M. Bekshenova

Svetlana S. Aleksandrova ✉

Research Institute of Agriculture of the
Northern Trans-Urals — branch of the Federal
Research Center of the Tyumen Scientific
Center of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Tyumen, Russia

✉ Aleksandrova977@mail.ru

Received by the editorial office: 06.10.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Bekshenova A.M., Aleksandrova S.S.

Влияние препаратов «Бутамакс 200» и «Пропранолол» на продуктивность цыплят-бройлеров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Современное птицеводство характеризуется переуплотнением птицефабрик, что ведет к изменению условий содержания и кормления. Данные изменения сказываются на нервной системе цыплят-бройлеров, сердечно-сосудистой системе и мясной продуктивности птицы. Всё чаще производители прибегают к применению различного рода препаратов, нормализующих работу сердечно-сосудистой системы и метаболизм в организме птицы, регенерирующих костную ткань и оказывающих антистрессовое действие.

Цель работы — оценка влияния препаратов «Бутамакс 200» и «Пропранолол» на продуктивные качества цыплят-бройлеров.

Результаты. Динамика живой массы и показатели приростов в период выращивания цыплят-бройлеров свидетельствуют об эффективности применения препаратов «Бутафосфан 200» и «Пропранолол». Опытные группы отличались меньшей конверсией корма в сравнении с контрольной группой на 23,11% и 28,3% соответственно. Показатель эффективности выращивания цыплят-бройлеров был значительно выше в опытных группах. ЕИПБ 1-й опытной группы составил 316 ед., а 2-й опытной — 352 ед., что превышало значения контрольных аналогов на 114 и 150 ед. соответственно.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, бутафосфан, «Бутамакс 200», «Пропранолол», мясная продуктивность, живая масса, индекс продуктивности

Для цитирования: Бекшенова А.М., Александрова С.С. Влияние препаратов «Бутамакс 200» и «Пропранолол» на продуктивность цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 64–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-64-69>

The effect of “Butamax 200” and “Propranolol” on the productivity of broiler chickens

ABSTRACT

Relevance. Contemporary poultry farming practices, often involving high stocking densities, can significantly alter the environmental conditions and dietary regimens experienced by chickens. These changes can have detrimental effects on the neurological and cardiovascular health of broiler chickens, ultimately impacting their meat yield. In response to these challenges, poultry producers are increasingly turning to pharmaceutical interventions. These medications aim to regulate cardiovascular function and metabolism, promote bone regeneration, and mitigate stress in birds.

The purpose of the work is to assess the effect of “Butamax 200” and “Propranolol” on the productive qualities of broiler chickens.

Results. The dynamics of live weight and growth rates during the rearing of broiler chickens indicate the effectiveness of the use of “Butaphosphane 200” and “Propranolol” preparations. The experimental groups differed in lower feed conversion compared to the control group by 23.11% and 28.3%, respectively. The efficiency index of broiler chicken rearing was significantly higher in the experimental groups. The EIPB of the 1st experimental group was 316 units, and the 2nd experimental group was 352 units, which exceeded the values of the control analogues by 114 and 150 units, respectively.

Key words: broiler chickens, butafosfan, “Butamax 200”, “Propranolol”, meat productivity, live weight, productivity index

For citation: Bekshenova A.M., Aleksandrova S.S. The effect of “Butamax 200” and “Propranolol” on the productivity of broiler chickens. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 64–69 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-64-69>

Введение/Introduction

Интенсивность роста, сохранность поголовья и стрессоустойчивость организма птицы в связи с интенсивным использованием и переполненностью птицеводческих помещений остаются главными составляющими экономически эффективной работы птицеводческих промышленных предприятий [1–4]. При производстве мяса птицы по всему миру используются цыплята-бройлеры, в кормовой рацион которых нередко входят средства, стимулирующие метаболизм и регенерационные процессы организма [5–9].

Интенсивная эксплуатация цыплят-бройлеров и переуплотнение птицеводческих предприятий приводят к расстройству метаболических процессов и нервной системы в организме птицы, вследствие чего ухудшается сохранность птицы и снижаются приросты живой массы [10–14]. Связано это с тем, что стресс-факторы провоцируют патогенную микрофлору и способствуют возникновению инфекций. Многие антистрессовые препараты могут оказывать отрицательное влияние и на качество мяса [15, 16].

Окислительные процессы, протекающие в организме птицы, негативно влияют на мясную продуктивность, состояние сердечно-сосудистой системы и, соответственно, на сохранность цыплят бройлеров. При этом система антиоксидантной защиты функционально изменяется, происходят процессы перекисного окисления липидов. Это приводит к изменениям в организме, таким как окислительный стресс, снижение активности ферментных систем, угнетение синтеза белка. Антиоксидантная система, существующая в живых организмах, защищает их от излишнего образования свободных радикалов. Однако при длительном воздействии стрессовых факторов на организм птицы антиоксидантная система не вполне справляется с регуляцией свободнорадикальной защиты. Функциональные резервы при этом истощаются [17–19].

Антиоксиданты представляют собой специфическую группу химических веществ, способных тормозить цепные реакции перекисного окисления липидов [20–24]. Для этого используют антиоксидантные препараты, которые нейтрализуют продукты перекисного окисления в организме и улучшают состав крови. Эффект от применения кормовых добавок обусловлен положительным воздействием на активность гепатоцитов, что приводит к улучшению гемоциркуляции, секреции желчевыведения на фоне ослабления выраженности отечных процессов. Изучаемые кормовые добавки участвуют в качественном улучшении структурно-функционального развития пищеварительной и выделительной систем организма, а также миокарда.

На сегодняшний день большой актуальностью пользуются препараты на основе бутафосфана и пропранолола, так как обладают обширным положительным действием на живой организм. «Бутафосфан» (или «Бутамакс 200») представляет собой органическое фосфоросодержащее соединение, оказывающее стимулирующее воздействие на организм животного. Его ключевая роль заключается в оптимизации метаболических процессов, что проявляется в улучшении усвоения глюкозы и усилении энергетического обмена. Механизм действия «Бутафосфана» многогранен и распространяется на многие системы организма. Стимулирует работу печени, а именно детоксикацию и регуляцию обменных процессов белков, жиров и углеводов.

«Бутафосфан» оказывает комплексное благотворное влияние на организм животного. Он активизирует

иммунные клетки (макрофаги и лимфоциты), тем самым укрепляя иммунную систему. Препарат способствует стабилизации функционирования сердечной мышцы и обладает антистрессовым эффектом, регулируя уровень кортизола в крови. Кроме того, «Бутафосфан» стимулирует рост и развитие молодых особей [25, 26].

«Пропранолол» представляет собой неселективный бета-адреноблокатор, который обладает антигипертензивным, антиангинальным и антиаритмическим эффектами. Антиаритмическое действие связано с устранением факторов, способствующих аритмиям, таких как тахикардия, повышенная активность симпатической нервной системы, повышенный уровень цАМФ и артериальная гипертензия. Препарат снижает скорость спонтанного возбуждения синусового и эктопического водителей ритма, замедляет проведение импульсов через атриовентрикулярный узел.

По сообщениям ряда авторов, «Пропранолол» оказывает депримирующее влияние на центральные механизмы симпатической регуляции сердечного ритма. Дисбаланс нейромедиаторов в центральной нервной системе является патогенетическим звеном в механизмах формирования центральных тахикардий, поэтому изучение дисбаланса нейромедиаторов в тканях мозга с использованием противоаритмических средств является актуальным [27–29].

Использование препарата «Пропранолол» привело к значительному снижению экспрессии мРНК $\beta 2\text{ADR}$, циклооксигеназ и противовоспалительных цитокинов. Наблюдалось значительное повышение частоты овуляции, содержания эстрадиола в плазме обработанных групп, иммуноглобулина (Ig) M у обработанных кур по сравнению с контролем. «Пропранолол» немного снижал уровень глюкозы в плазме и подавлял гипокалиемический эффект экзогенного инсулина. Уровень глюкозы в спинномозговой жидкости и содержание гликогена в печени были одинаковыми у обеих линий натошак и после еды, но гликоген печени восстанавливался быстрее [29, 30].

Цель исследования — изучение влияния на мясную продуктивность препаратов, регулирующих сердечно-сосудистую систему цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В ходе научного исследования был использован птичий материал в виде цыплят-бройлеров кросса Cobb 500.

Эффективность применения препаратов, направленных на регуляцию сердечно-сосудистой системы в технологии выращивания указанного кросса цыплят-бройлеров, была оценена в лабораторных условиях отдела животноводства Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья — филиала Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук.

В ходе научно-исследовательского эксперимента, схема которого представлена в таблице 1, были сформированы три группы сельскохозяйственной птицы — контрольная и две опытные, каждая из которых состояла из 36 особей без учета пола.

Формирование групп осуществлялось по принципу сбалансированных групп-аналогов.

Период учета эксперимента стартовал в 15-дневном возрасте цыплят при достижении ими средней живой массы в диапазоне 413,4–426,4 г и завершился в 30-дневном возрасте.

Таблица 1. Схема научно-лабораторного опыта
Table 1. Scheme of scientific laboratory experiment

Группа	Количество голов в группе	Условия опыта
Контрольная (Control)	36	Основной рацион (ОР) — полнорационный комбикорм, вода для поения.
I опытная (I experienced)	36	ОР + «Бутамакс 200» в дозе 1 мл на 20 кг ж. м. птицы.
II опытная (II experienced)	36	ОР + «Пропранолаол» в дозе 1 мг на 1 кг ж. м. птицы.

К основным зоотехническим показателям в технологии выращивания цыплят-бройлеров относятся показатели, характеризующие мясную продуктивность, к ним относятся живая масса, среднесуточные и абсолютные приросты, скороспелость, поедаемость рациона и затраты на 1 кг прироста. К основному показателю, характеризующему экономическую эффективность, относятся сохранность и жизнеспособность птицы.

В ходе научного исследования были проведены измерения и анализ основных зоотехнических параметров¹⁻³ цыплят-бройлеров [31–33]. К таким параметрам относятся живая масса, абсолютный и среднесуточный прирост, расход корма, затраты корма на единицу прироста, оценка эффективности выращивания по Европейскому индексу продуктивности бройлеров (ЕИПБ).

ЕИПБ рассчитывался по формуле:

$$ИП = \frac{(ЖМ \times Сп) \times 100}{Пв \times Зк},$$

где: ИП — индекс продуктивности; ЖМ — средняя живая масса, кг; Сп — сохранность поголовья, %; Пв — продолжительность выращивания, дни; Зк — затраты корма на 1 кг прироста, кг.

Средства измерения поверены.

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, использующихся для научных целей⁴, и принципов обращения с животным согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ⁵.

Для статистической обработки данных, полученных в ходе исследования, был использован офисный программный пакет Microsoft Office (США) с использованием приложения Excel (США). Статистический анализ включал вычисление средних арифметических значений и стандартных ошибок среднего.

Оценка достоверности различий между сравниваемыми показателями производилась с помощью t-критерия Стьюдента⁶.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ динамики живой массы за период проведения наблюдений приведен на рисунке 1.

Данные рисунка 1 показали, что в начале эксперимента живая масса подопытной птицы была примерно на одинаковом уровне — в диапазоне 413,4–426,4 г. Птицы 2-й опытной группы продемонстрировали

Рис. 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г
Fig. 1. Dynamics of live weight of broiler chickens, g

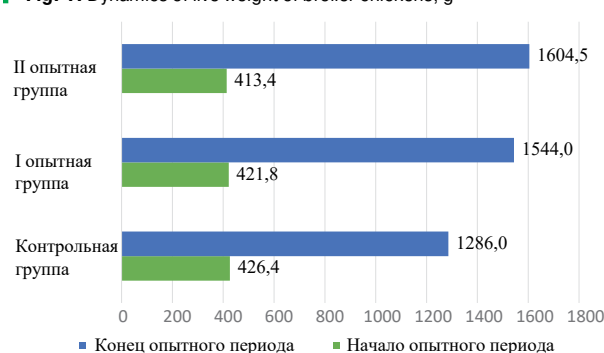


Рис. 2. Абсолютный прирост живой массы цыплят за период опыта, г
Fig. 2. Absolute increase in live weight of chickens during the experimental period, g

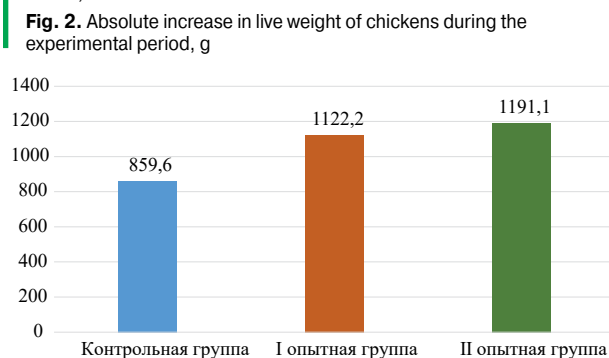
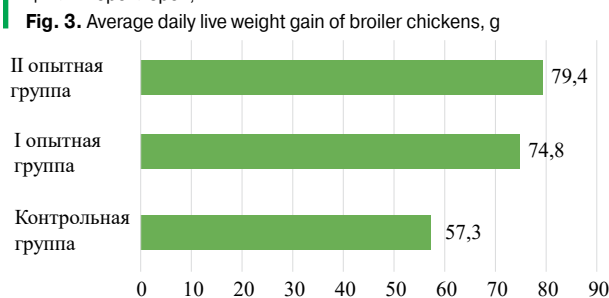


Рис. 3. Показатели среднесуточного прироста живой массы цыплят-бройлеров, г
Fig. 3. Average daily live weight gain of broiler chickens, g



наивысшие показатели живой массы. К 30 дням жизни масса цыплят-бройлеров 2-й опытной группы достигла $1604,50 \pm 12,36$ г, превысив показатели контрольной группы на 19,9% и 1-й опытной группы на 3,8%. Разница между контрольной и 1-й опытной группами составила 16,7% в пользу цыплят-бройлеров 1-й опытной группы.

Аналогичные тенденции наблюдаются при анализе абсолютного прироста живой массы (рис. 2).

Оценивая живую массу и абсолютный прирост за период опыта, были рассчитаны показатели среднесуточного прироста цыплят-бройлеров (рис. 3).

2-я опытная группа отличалась лучшим показателем среднесуточного прироста, который составил 79,4 г, что выше контрольных аналогов на 22,1 г (27,8%), а цыплят 1-й опытной группы — на 4,6 г (5,8%). Контрольная группа уступала 1-й опытной на 17,5 г (23,4%).

¹ Применение кормовых добавок в рационах цыплят-бройлеров / В.А. Овсепьян, Н.А. Юрина, И.Р. Тлецерук, Д.А. Юрин. Краснодар : Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии. 2023; 166. ISBN 978-5-6049201-7-6, DOI: 10.48612/monograph-2023-1

² Современные технологии содержания и кормления цыплят-бройлеров высокопродуктивных кроссов / А.Н. Добудько, В.А. Сыровицкий, О.Н. Ястребова и др. Белгород: Политех. 2022; 211. ISBN 978-5-98242-355-9

³ Изучение эффективности включения различных пробиотических кормовых добавок в рационы мясной птицы / И.А. Коцаев, К.В. Лавриненко, А.А. Рядинская и др. Издательские решения. 2022; 186. ISBN 978-5-0059-0805-6

⁴ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

⁵ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

⁶ <https://lit-review.ru/biostatistika/t-kriterij-styudenta-za-12-minut/>

Конверсия корма — важный зоотехнический показатель экономической эффективности птицеводства. Снижение затрат кормов на единицу прироста живой массы цыпленка-бройлера — важная задача, стоящая перед зоотехнической наукой.

В период проведения научно-лабораторного опыта велся учет дачи комбикормов (рис. 4), в результате которого был рассчитан расход кормов по каждой группе.

Большее количество комбикорма (65,65 кг) потребовали птицы 1-й опытной группы, что больше 2-й опытной на 0,15 кг, а контрольной — на 0,43 кг. Меньшими затратами корма отличилась 2-я опытная группа.

Затраты корма на единицу прироста живой массы цыплят представлены на рисунке 5.

Расходы на корм в расчете на единицу прироста живой массы птицы являются одним из ключевых экономических показателей в птицеводстве. На основании анализа соотношения между потреблением корма и среднесуточным приростом был произведен расчет затрат корма на производство 1 кг прироста живой массы птицы. Более высоким данным показателем характеризовались птицы контрольной группы, на 1 кг прироста контрольных аналогов были затрачены 2,12 кг комбикорма, что больше опытных групп на 0,49 кг (23,11%) и 0,6 кг (28,3%) соответственно. Меньший данный показатель отмечался у 2-й опытной группы.

Немаловажную роль при оценке эффективности введения новых препаратов играют сохранность и жизнеспособность поголовья. В данных исследованиях во всех подопытных группах сохранность была 100%.

Экономические показатели, характеризующие производство сельскохозяйственной продукции, играют решающую роль в определении эффективности ведения этой сферы деятельности. Использование различных биологически активных добавок и стимуляторов может иметь положительное влияние на организм изучаемых животных, но их использование в промышленных условиях для получения валовой продукции экономически может быть неоправданно, хотя для науки представляет определенный интерес.

В данных исследованиях для определения результативности производства мяса бройлера был рассчитан ЕИПБ (рис. 6). Этот показатель зависит от конечной живой массы, сохранности поголовья, продолжительности выращивания и расхода корма на 1 кг прироста. Считается, что показатель индекса продуктивности на уровне от 190 до 210 является средним, от 211 до 230 — хорошим, от 231 — отличным.

Данные, представленные на рисунке 6, свидетельствуют о том, что использование препаратов «Бутамакс 200» (1-я опытная группа) и «Пропранолол» (2-я опытная группа) оказывает благоприятное воздействие на показатели продуктивности цыплят-бройлеров. Это подтверждается более высоким значением индекса продуктивности в указанных опытных группах. Индекс продуктивности контрольной группы оказался на среднем уровне — 202 ед., но при этом значительно уступал показателям опытных групп на 114 и 150 ед. соответственно. Показатели индекса продуктивности опытных групп в 1-й опытной группе — 316 ед., во 2-й — 352 ед., что является «отличным».

Выводы/Conclusions

Динамика живой массы и показатели приростов в период выращивания цыплят-бройлеров свидетельствуют об эффективности применения препаратов «Бутафосфан 200» и «Пропранолол». Живая масса

Рис. 4. Потребление кормов подопытной птицей, кг

Fig. 4. Feed consumption by experimental birds, kg



Рис. 5. Затраты корма на 1 кг прироста, кг

Fig. 5. Feed costs per 1 kg of gain, kg

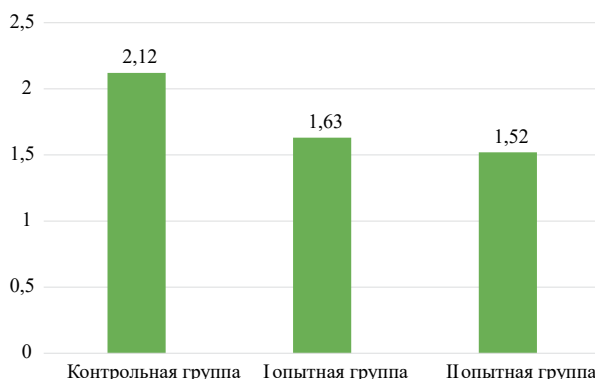
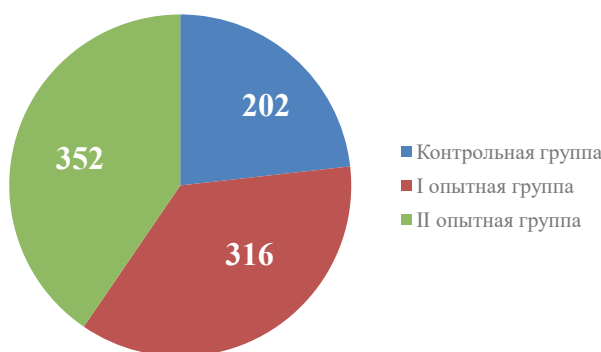


Рис. 6. Индекс продуктивности подопытных групп, ед.

Fig. 6. Productivity index of experimental groups, units



цыплят-бройлеров 2-й опытной группы превышала показатели контрольной группы на 19,9%, 1-й опытной — на 3,8%. Разница между контрольной и 1-й опытной группами составила 16,7% (в пользу цыплят 1-й опытной группы).

2-я опытная группа отличалась лучшим показателем среднесуточного прироста — 79,4 г, что выше контрольных аналогов на 22,1 г (27,8%), а цыплят 1-й опытной группы — на 4,6 г (5,8%). Контрольная группа уступала 1-й опытной на 17,5 г (23,4%).

Опытные группы отличались меньшей конверсией корма в сравнении с контрольной группой — на 23,11% и 28,3% соответственно.

Показатель эффективности выращивания цыплят-бройлеров был значительно выше в опытных группах. Европейский индекс продуктивности бройлеров 1-й опытной группы составил 316 ед., а 2-й опытной — 352 ед., что выше контрольных аналогов на 114 ед. и 150 ед. соответственно.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены за счет средств федерального бюджета Российской Федерации в 2023 году по теме «Разработка элементов технологий повышения реализации генетического потенциала сельскохозяйственных животных и птиц» (FWRZ-2021-0017).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баринов Н.Д., Калюжный И.И. Препараты на основе бутафосфана и витамина B_3 в ветеринарной практике. *Молочное и мясное скотоводство*. 2014; (7): 25–27. <https://elibrary.ru/takwxx>
2. Жаров А.В., Жарова Ю.П. Патология обмена веществ у высокопродуктивных животных. *Ветеринария*. 2012; (9): 46–50. <https://elibrary.ru/pdsmap>
3. Gorelik O.V. *et al.* Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 260–263. <https://elibrary.ru/leezaj>
4. Gorelik O.V. *et al.* Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 264–267. <https://elibrary.ru/xvhtey>
5. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov K., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01013. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501013>
6. Zhilochkina T.I., Egorov I.A., Andrianova E.N., Taimusova E.N. The effect of phytase and organic mineral additives in the form of L-asparaginates for productivity broiler chickens and their muscle tissue. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 3011(1): 020009. <https://doi.org/10.1063/5.0165480>
7. Nasimov S., Mamatova Z., Sattorov J., Safarov X., Azimova D. Effect of the use of a probiotic Innoprovet on the growth parameters of broiler chickens (Uzbekistan). *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01035. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501035>
8. Неверова О.П. и др. Влияние биотехнологической добавки на весовой рост цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2023; (11): 70–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-70-75>
9. Топурия Г.М., Ребезов М.Б., Жуков П.А. Влияние гермивита на продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2014; 2(3): 61–69. <https://elibrary.ru/snrpth>
10. Smolentsev S.Yu. *et al.* Study of the Effect of an Antioxidant on the Quality of Broiler Meat. *Beskopylny A., Shamtsyan M., Artiukh V. (eds.). XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022*. Cham: Springer. 2023; 1: 1821–1827. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_198
11. Seryakova A., Cherepanova N., Semak A., Belyaeva N., Proseikova E. The influence of various feed additives on the development of duodenal goblet cells in broilers. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801014>
12. Никитин И.Н., Журавель Н.А., Мифтахутдинов А.В., Ребезов М.Б., Модель С.П. Экономический ущерб, причиняемый болезнями на птицефабриках мясного направления. *АПК России*. 2022; 29(4): 509–514. <https://doi.org/10.55934/10.55934/2587-8824-2022-29-4-509-514>
13. Харлап С.Ю., Лоретц О.Г., Горелик О.В., Ребезов М.Б., Максимюк Н.Н. Изменение лейкоцитарных индексов при оценке воздействия стресс-фактора. *Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых*. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет. 2017; 419–429. <https://elibrary.ru/xzgikl>
14. Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Формы дегенерации клеток крови, их физиологическое и клиническое значение, механизмы образования, тени клеток в мазках крови птиц. *Аграрная наука*. 2024; (1): 65–74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-65-74>
15. Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Показатели эффективности использования подкислителя при выращивании цыплят-бройлеров. *Вестник Брянской ГСХА*. 2023; (6): 52–56. <https://elibrary.ru/kliono>
16. Wickramasuriya S.S. *et al.* Differential Effects of Dietary Methionine Isomers on Broilers Challenged with Acute Heat Stress. *The Journal of Poultry Science*. 2019; 56(3): 195–203. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0180072>
17. Ibrahim D. *et al.* Effect of Dietary Modulation of Selenium Form and Level on Performance, Tissue Retention, Quality of Frozen Stored Meat and Gene Expression of Antioxidant Status in Ross Broiler Chickens. *Animals*. 2019; 9(6): 342. <https://doi.org/10.3390/ani9060342>
18. Мифтахутдинов А.В., Сайфулмulyukov Э.Р. Особенности белкового обмена в организме цыплят-бройлеров при применении в рационе кормовой добавки «Пик-Антистресс». *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2020; (4): 103–110. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-57-4-103-110>

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The research was carried out at the expense of the federal budget of the Russian Federation in 2023 on the topic "Development of elements of technologies for increasing the implementation of the genetic potential of agricultural animals and birds" (FWRZ-2021-0017).

REFERENCES

1. Barinov N.D., Kalyuzhny I.I. Preparations on the basis of butafosfan and B_{12} vitamin in veterinary practice. *Dairy and beef cattle farming*. 2014; (7): 25–27 (in Russian). <https://elibrary.ru/takwxx>
2. Zharov A.V., Zharova Iu.P. Infringement of a metabolism at highly productive animals. *Veterinary medicine*. 2012; (9): 46–50 (in Russian). <https://elibrary.ru/pdsmap>
3. Gorelik O.V. *et al.* Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 260–263. <https://elibrary.ru/leezaj>
4. Gorelik O.V. *et al.* Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 264–267. <https://elibrary.ru/xvhtey>
5. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov K., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01013. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501013>
6. Zhilochkina T.I., Egorov I.A., Andrianova E.N., Taimusova E.N. The effect of phytase and organic mineral additives in the form of L-asparaginates for productivity broiler chickens and their muscle tissue. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 3011(1): 020009. <https://doi.org/10.1063/5.0165480>
7. Nasimov S., Mamatova Z., Sattorov J., Safarov X., Azimova D. Effect of the use of a probiotic Innoprovet on the growth parameters of broiler chickens (Uzbekistan). *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01035. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501035>
8. Neverova O.P. *et al.* Influence of a biotechnological additive on the weight growth of broiler chickens. *Agrarian science*. 2023; (11): 70–75 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-70-75>
9. Topuriya G.M., Rebezov M.B., Zhukov P.A. Hermivit influence on efficiency and quality of broiler chicken meat. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2014; 2(3): 61–69 (in Russian). <https://elibrary.ru/snrpth>
10. Smolentsev S.Yu. *et al.* Study of the Effect of an Antioxidant on the Quality of Broiler Meat. *Beskopylny A., Shamtsyan M., Artiukh V. (eds.). XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022*. Cham: Springer. 2023; 1: 1821–1827. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_198
11. Seryakova A., Cherepanova N., Semak A., Belyaeva N., Proseikova E. The influence of various feed additives on the development of duodenal goblet cells in broilers. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01014. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801014>
12. Nikitin I.N., Zhuravel N.A., Miftakhutdinov A.V., Rebezov M.B., Model S.P. Economic damage caused by diseases at poultry farms of the meat direction. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2022; 29(4): 509–514 (in Russian). <https://doi.org/10.55934/10.55934/2587-8824-2022-29-4-509-514>
13. Kharlap S.Yu., Loretz O.G., Gorelik O.V., Rebezov M.B., Maksimuk N.N. The change in leukocyte indexes in assessing the impact of the stress factor. *Actual problems of biotechnology and veterinary medicine. Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists*. Irkutsk: Irkutsk State University of Agriculture. 2017; 419–429 (in Russian). <https://elibrary.ru/xzgikl>
14. Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B. Forms of degeneration of blood cells, their physiological and clinical significance, mechanisms of formation, shadows of cells in blood smears of birds. *Agrarian science*. 2024; (1): 65–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-65-74>
15. Menyakina A.G., Gamko L.N., Strochenova A.I. Efficiency indicators of using acidifier when raising broiler chickens. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (6): 52–56 (in Russian). <https://elibrary.ru/kliono>
16. Wickramasuriya S.S. *et al.* Differential Effects of Dietary Methionine Isomers on Broilers Challenged with Acute Heat Stress. *The Journal of Poultry Science*. 2019; 56(3): 195–203. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0180072>
17. Ibrahim D. *et al.* Effect of Dietary Modulation of Selenium Form and Level on Performance, Tissue Retention, Quality of Frozen Stored Meat and Gene Expression of Antioxidant Status in Ross Broiler Chickens. *Animals*. 2019; 9(6): 342. <https://doi.org/10.3390/ani9060342>
18. Miftakhutdinov A.V., Sayfulmulyukov E.R. Features of protein metabolism in the body of broiler chickens when using the feed additive "Peak-Antistress" in the diet. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2020; (4): 103–110 (in Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-57-4-103-110>

19. Мифтахутдинов А.В., Сайфулмулюков Э.Р., Ноговицина Е.А., Мифтахутдинова Е.А. Качество и безопасность мяса цыплят-бройлеров при коррекции предубойного стресса. *Достижения науки и техники АПК*. 2020; 34(3): 71–74. <https://elibrary.ru/dnlzgs>
20. Imran M. *et al.* Lycopene as a Natural Antioxidant Used to Prevent Human Health Disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8): 706. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
21. Islam M.N. *et al.* Superoxide dismutase: an updated review on its health benefits and industrial applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022; 62(26): 7282–7300. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913400>
22. Ahmed S. *et al.* Therapeutic potentials of crocin in medication of neurological disorders. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 145: 111739. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111739>
23. Muthukrishnan S. *et al.* Bioactive Components and Health Potential of Endophytic Micro-Fungal Diversity in Medicinal Plants. *Antibiotics*. 2022; 11(11): 1533. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11111533>
24. Khalil A.A. *et al.* Utilization of microwave assisted black cumin seed extract as hypocholesterolemic agent in albino rats. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2021; 10(4): 536–540. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2021.10.4.536-540>
25. Ушаков А.С., Судин Н.С. Влияние антистрессовой добавки и антиоксидантов на продуктивность кур-несушек. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2015; (10): 51–70. <https://elibrary.ru/ulicev>
26. Чернышков А.С. Эффективность использования минеральной и органической добавок при выращивании цыплят-бройлеров. *Вестник Донского государственного аграрного университета*. 2019; (3–1): 29–34. <https://elibrary.ru/npudxx>
27. Турова А.Ю., Каде А.Х., Уваров А.В., Вчерашнюк С.П., Уварова Е.А. Влияние амидодарона, верапамила и пропранолола на симпатoadренальную, серотонинергическую и дофаминергическую системы продолговатого мозга крыс. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2010; (12): 29. <https://elibrary.ru/mvdpzx>
28. Каде А.Х., Турова А.Ю., Галенко-Ярошевский П.А., Уваров А.В., Губарева Е.А., Романова Е.И. Влияние пропранолола, амидодарона и верапамила на нарушения сердечного ритма центрального генеза. *Фундаментальные исследования*. 2010; (1): 51–56. <https://elibrary.ru/lpasob>
29. Simon J., Leclercq B. Fat and lean chickens: prefattening period and *in vivo* sensitivity to insulin, atropine, and propranolol. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1985; 249(4): R393–R401. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1985.249.4.R393>
30. Hatefi A. *et al.* The stimulation and inhibition of beta-2 adrenergic receptor on the inflammatory responses of ovary and immune system in the aged laying hens. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17: 195. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02892-z>
31. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Взаимосвязь показателей роста товарного поголовья мясной птицы в различные периоды онтогенеза. *Всё о мясе*. 2024; (2): 40–45. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-2-40-45>
32. Гриценко С.А., Ребезов М.Б. Оценка прямолинейности связей между показателями онтогенеза и продуктивными качествами поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Всё о мясе*. 2024; (3): 54–60. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
33. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Факториальная дисперсия показателей онтогенеза на продуктивные качества поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Всё о мясе*. 2024; (4): 58–64. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>

ОБ АВТОРАХ

Айгуль Майуровна Бекшенева
младший научный сотрудник
bekshenova.am@edu.gausz.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5477-2913>

Светлана Сергеевна Александрова
научный сотрудник
aleksandrova977@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6436-4124>

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук» (НИИХ СЗ — филиал ТюмНЦ СО РАН), ул. Бурлаки, 2, пос. Московский, Тюменская обл., 225501, Россия

19. Miftakhutdinov A.V., Sayfulmulyukov E.R., Nogovitsina E.A., Miftakhutdinova E.A. Quality and safety of broiler meat and the correction of preslaughter stress. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2020; 34(3): 71–74 (in Russian). <https://elibrary.ru/dnlzgs>
20. Imran M. *et al.* Lycopene as a Natural Antioxidant Used to Prevent Human Health Disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8): 706. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
21. Islam M.N. *et al.* Superoxide dismutase: an updated review on its health benefits and industrial applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022; 62(26): 7282–7300. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913400>
22. Ahmed S. *et al.* Therapeutic potentials of crocin in medication of neurological disorders. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 145: 111739. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111739>
23. Muthukrishnan S. *et al.* Bioactive Components and Health Potential of Endophytic Micro-Fungal Diversity in Medicinal Plants. *Antibiotics*. 2022; 11(11): 1533. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11111533>
24. Khalil A.A. *et al.* Utilization of microwave assisted black cumin seed extract as hypocholesterolemic agent in albino rats. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2021; 10(4): 536–540. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2021.10.4.536-540>
25. Ushakov A.S., Sudin N.S. The influence of anti-stress additives and antioxidants on the productivity of laying hens. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2015; (10): 51–70 (in Russian). <https://elibrary.ru/ulicev>
26. Chernyshkov A.S. Efficiency of use of mineral and organic additives when growing chicken-broilers. *The Bulletin Donskoy State Agrarian University*. 2019; (3–1): 29–34 (in Russian). <https://elibrary.ru/npudxx>
27. Turvaya A.Yu., Kade A.Kh., Uvarov A.V., Vcherashnyuk S.P., Uvarova E.A. Effect of amiodarone, verapamil and propranolol on the sympathoadrenal, serotonergic and dopaminergic systems of the medulla oblongata in rats. *International journal of applied and fundamental research*. 2010; 12: 29 (in Russian). <https://elibrary.ru/mvdpzx>
28. Kade A.H., Turvaya A.Yu., Galenko-Yaroshevsky P.A., Uvarov A.V., Gubareva E.A., Romanova E.I. The influence of propranolol, amiodarone and verapamil on the central cardiac rhythm dysfunctions. *Fundamental research*. 2010; (1): 51–56 (in Russian). <https://elibrary.ru/lpasob>
29. Simon J., Leclercq B. Fat and lean chickens: prefattening period and *in vivo* sensitivity to insulin, atropine, and propranolol. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1985; 249(4): R393–R401. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1985.249.4.R393>
30. Hatefi A. *et al.* The stimulation and inhibition of beta-2 adrenergic receptor on the inflammatory responses of ovary and immune system in the aged laying hens. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17: 195. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02892-z>
31. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. Interrelation of growth indicators of commercial meat poultry stock in different periods of ontogenesis. *Vsyo o myase*. 2024; (2): 40–45 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-2-40-45>
32. Gritsenko S.A., Rebezov M.B. Assessing the linearity of the relationships between ontogenesis indicators and the productive qualities of a commercial flock of meat cross poultry. *Vsyo o myase*. 2024; (3): 54–60 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
33. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. Factorial dispersion of ontogenesis indicators on the productive qualities of a commercial herd of meat cross poultry. *Vsyo o myase*. 2024; (4): 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>

ABOUT THE AUTHORS

Aigul Mayurovna Bekshenova
Junior Research Assistant
bekshenova.am@edu.gausz.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5477-2913>

Svetlana Sergeevna Alexandrova
Research Associate
<https://orcid.org/0000-0002-6436-4124>
aleksandrova977@mail.ru

Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals — branch of the Federal Research Center of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2 Burlaki Str., Moskovsky settlement, Tyumen region, 225501, Russia



Е.К. Овчинникова^{1, 2}
Н.Н. Судаков¹
Н.Н. Максимюк^{1, 2} ✉
М.В. Морозов³

¹Центр научных исследований и разработок, Великий Новгород, Россия

²Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия

³Пестовская районная ветеринарная станция, Пестово, Новгородская обл., Россия

✉ nnm93@yandex.ru

Поступила в редакцию: 04.10.2024
Одобрена после рецензирования: 12.11.2024
Принята к публикации: 26.11.2024

© Овчинникова Е.К., Судаков Н.Н., Максимюк Н.Н., Морозов М.В.



Ekaterina K. Ovchinnikova^{1, 2}
Nikolai N. Sudakov¹
Nikolai N. Maksimyuk^{1, 2} ✉
Mikhail V. Morozov³

¹Limited Liability Company "Center for Scientific Research and Development", Veliky Novgorod, Russia

²Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

³Pestovskaya district veterinary station, Pestovo, Novgorod region, Russia

✉ nnm93@yandex.ru

Received by the editorial office: 04.10.2024
Accepted in revised: 12.11.2024
Accepted for publication: 26.11.2024

© Ovchinnikova E.K., Sudakov N.N., Maksimyuk N.N., Morozov M.V.

Совершенствование условий содержания и кормления молочных коров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Значимость молочного скотоводства определяется основными результатами — производством молока и молочных продуктов, поэтому актуальным направлением исследований является совершенствование условий содержания и кормления при выращивании молочных коров.

Методы. Исследования проводились в 2023–2024 гг. в одном из крестьянских фермерских хозяйств (КФХ) молочного направления Новгородской области. Для опыта были сформированы группы коров-аналогов черно-пестрой породы. Опытной группе дополнительно к основному рациону скармливали кормовой концентрат G-500, состоящий из комплекса бактерий *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus licheniformis*, в концентрации 1×10^{10} КОЕ/г и минеральную кормовую добавку $\text{Na}_6(\text{FIO}_2)_6(\text{SiO}_2)_30 \times 24\text{H}_2\text{O}$ производства АО НПФ «Новь». Через 14 дней после окончания скармливания проводили контрольные дойки и анализы крови для выявления последствий препаратов.

Перед началом и в ходе опыта проводили обработку подстилки и помещения коровника порошком и раствором термофильных бактерий Multi-25. Полученное молоко анализировали на соответствие ГОСТ 31499–2013 Молоко коровье сырое. Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Office Excel.

Результаты. В результате проведенного научно-хозяйственного опыта по улучшению условий содержания и кормления опытная группа по среднесуточному удою превосходила контрольную на 2,65 л; содержание жира и белка в молоке опытных коров были выше, соответственно, на 0,8% и 5,97% по сравнению с контролем. Увеличился срок хранения молока. Улучшились обменные процессы организма коров: в крови у опытных животных было выше на 5,4% содержания общего белка, на 17,4% — креатинина, аспаратаминотрансферазы — на 16% по сравнению с животными контрольной группы. Более высокий уровень иммунной защиты организма коров опытной группы подтверждает превышение у них (на 6,8%) соотношения «альбумин — глобулин».

Ключевые слова: БАВ, минеральные добавки, пробиотики, молочная продуктивность, экологизация содержания животных, физиологическое состояние коров

Для цитирования: Овчинникова Е.К., Судаков Н.Н., Максимюк Н.Н., Морозов М.В. Совершенствование условий содержания и кормления молочных коров. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 70–76.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-70-76>

Improving the conditions of keeping and feeding dairy cows

ABSTRACT

Abstract

Relevance. The importance of dairy cattle breeding is determined by the main results — the production of milk and dairy products. Therefore, an urgent area of research is to improve the conditions of maintenance and feeding in the cultivation of dairy cows.

Methods. The research was conducted in 2023–2024 in one of the peasant farms (KFH) of the dairy sector of the Novgorod region. For the experiment, groups of cows-analogues of the black-and-white breed were formed. In addition to the main diet, the experimental group was fed G-500 feed concentrate consisting of a complex of *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus licheniformis* bacteria at a concentration of 1×10^{10} CFU/g and a mineral feed additive $\text{Na}_6(\text{FIO}_2)_6(\text{SiO}_2)_30 \times 24\text{H}_2\text{O}$ produced by JSC NPF "Nov". 14 days after the end of feeding, control milking and blood tests were performed to detect the aftereffect of the drugs. Before and during the experiment, the litter and the barn premises were also treated with powder and a solution of thermophilic bacteria "Multi-25". The resulting milk was analyzed for compliance with GOST 31499-2013 Raw cow's milk. Statistical data processing was performed in the Microsoft Office Excel program.

Results. As a result of the conducted scientific and economic experience to improve the conditions of maintenance and feeding, the experimental group exceeded the control group by 2.65 liters in average daily milk yield; the fat and protein content in the milk of experimental cows were higher, respectively, by 0.8% and 5.97% compared with the control. The shelf life of milk has increased. The metabolic processes of the cows improved: the blood of the experimental animals had 5.4% higher total protein content, 17.4% higher creatinine, and aspartate aminotransferase — 16% higher compared to the animals of the control group. The higher level of immune protection of the cows of the experimental group confirms the excess of the "albumin — globulin" ratio (by 6.8%) in them.

Key words: BAS, mineral supplements, probiotics, milk productivity, ecologization of animal husbandry, physiological state of cows

For citation: Ovchinnikova E.K., Sudakov N.N., Maksimyuk N.N., Morozov M.V. Improving the conditions of keeping and feeding dairy cows. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 70–76 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-70-76>

Введение/Introduction

Значимость молочного скотоводства как наиболее важной отрасли животноводства определяется основными результатами — производством молока и молочных продуктов¹ [1–4]. Одна из наиболее распространенных молочных пород — черно-пестрая². Эта порода отличается высокой продуктивностью и поэтому распространена практически во всем мире [5–7]. В России ее поголовье составляет более 25% от всей численности породного скота страны и занимает второе место, уступая первенство симментальской породе.

Для животных черно-пестрой породы характерными признаками являются крупный размер тела, удлиненное туловище, ровная спина, средняя по ширине грудь, широкая поясница, крепкий костяк и прямая постановка ног, большое железистое вымя с заметно выступающими молочными венами. Получение молока от животного возможно лишь в лактационный период, продолжительность которого зависит от индивидуальных параметров коров, физического состояния, режима кормления и ряда других факторов³ [8–11]. В среднем на период лактации отводится 305–315 дней, а на период сухостоя — до 60. Процесс доения осуществляется после периода отела (поэтому чаще всего на молочные фермы закупают нетелей — уже беременных молодых коров).

Молочная продуктивность зависит от целого комплекса факторов. Главные из них — наследственные, в том числе породные, особенности и уровень кормления⁴ [11–15].

Важное значение имеют особенности содержания и ухода, возраст продуктивных животных⁵, время отела, продолжительность сухостоя⁶ и сервис-периода, вид доения [16].

Актуальным направлением исследований является совершенствование условий содержания и кормления при выращивании молочных коров [17–19].

При обосновании выбора направления и темы исследований было взято за основу экономически перспективное направление для развития животноводства — его экологизация за счет применения биопрепаратов зоогигиенического и кормового назначения, а также биологически активных кормовых добавок⁷ [20].

Особенно важно это при разведении животных в закрытых помещениях с регулируемым микроклиматом преимущественно на подстилке и с использованием комбикормов с биологически активными добавками в составе⁸, так как эффективность выращивания животных существенно зависит от созданных зоогигиенических условий, в том числе от состояния подстилки [21–24].

При этом на состояние здоровья животных напрямую влияют не только технологические условия, состав и питательность кормов⁹, но и качество подстилочного материала¹⁰. Микрофлора подстилки имеет

сложный состав и несет разнообразную функциональную нагрузку.

Цели исследований — изучение влияния пробиотиков рода *Bacillus* в комплексе с минеральными и белковыми добавками на физиологическое состояние и зоотехнические показатели коров черно-пестрой породы, изучение влияния комплекса пробиотиков на микробиоценоз коровника.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились на базе крестьянского фермерского хозяйства (КФХ), находящегося в Пестовском районе (Новгородская обл., Россия) в 2023–2024 гг.

Главным направлением животноводства в данном КФХ является молочное скотоводство с использованием коров черно-пестрой породы. Поголовье крупного рогатого скота — 80 голов. Живая масса взрослых коров достигает 600 кг и более. Телята при рождении имеют живую массу 35–40 кг. Суточные приросты молодняка в первый год жизни — 600–800 г, а при откорме бычков в 12–18 мес. — 900–1100 г.

Животные отлично используют большое количество зеленых пастбищных кормов, силоса и сенажа. В хозяйстве проводится плановая заготовка кормов. В 2022 году заготовлены 299 т сена, 480 т силоса. Хозяйство заготавливает корма на собственных угодьях. Сено, приготовленное как из трав специальных посевов, и из трав природных сенокосов, имеет разную питательность. Сено, заготавливаемое в хозяйстве, в основном злаково-разнотравное и из луговых травостоев, где растут дикие злаковые, тимopheевка, козлятник восточный и другие ценные кормовые травы.

Материалом для исследования послужили: акты контрольных доений; журналы случек, запусков и отелов коров; кормовые ведомости расходования кормов; рационы кормления крупного рогатого скота; ведомости движения скота. Кроме этого, использовались данные годовых отчетов сельскохозяйственного предприятия, материалы статистической отчетности, планы производственно-финансовой деятельности.

При проведении анализа молочной продуктивности коров черно-пестрой породы в динамике показателей по удою и качественным показателям молока за последнюю законченную лактацию в условиях КФХ установлено, что производство молока за 2022 год составило 167 т.

Для оценки коров молочной продуктивности наиболее точные данные можно получить путем ежедневного учета молока от коровы и последующего суммирования за определенные месяцы лактации и затем за всю лактацию. Продуктивность коров по молоку учитывали путем проведения контрольных доек с определением содержания жира и белка в молоке.

¹ Емельянов Е.Г., Макиевский В.М., Максимюк Н.Н. Совершенствование породно-продуктивных качеств молочного скота в Новгородской области. Великий Новгород, 2009.

² Скопичев В.Г., Максимюк Н.Н. Физиология животных: продуктивность. Учебное пособие / Серия 11: Университеты России. 2-е изд., испр. и доп. Москва, 2017.

³ Скопичев В.Г., Эйсымонт Т.А., Боголюбова И.О. Физиология и этология животных. Учебник и практикум для вузов. В 3 ч. Серия: Высшее образование. Ч. 2. Кровообращение, дыхание, выделительные процессы, размножение, лактация, обмен веществ. 2-е изд., испр. и доп. Москва, 2021.

⁴ Максимюк Н.Н., Скопичев В.Г. Физиология животных: кормление. Учебное пособие. Серия 68: Профессиональное образование. 2-е изд., испр. и доп. Москва, 2017.

⁵ Скопичев В.Г., Максимюк Н.Н., Шумилов Б.В. Зоотехническая физиология. Учебное пособие. Серия 68: Профессиональное образование. 2-е изд., испр. и доп. Москва, 2018.

⁶ Скопичев В.Г., Максимюк Н.Н. Морфо-физиологические и иммунологические аспекты животноводства. Санкт-Петербург, 2016.

⁷ Скопичев В.Г., Жичкина Л.В., Попова О.М., Карпенко А.А., Максимюк Н.Н. Микроэлементозы животных. Учебное пособие. Санкт-Петербург, 2015.

⁸ Максимюк Н.Н., Скопичев В.Г. Физиология кормления животных: теория питания, прием корма, особенности пищеварения: учеб. пособие для студентов вузов по специальности 310700 «Зоотехния». Серия: Ветеринарная медицина. СПб. и др., 2004.

⁹ Максимюк Н.Н., Ребезов М.Б. Физиологические основы продуктивности животных. Великий Новгород, 2013.

¹⁰ Скопичев В.Г., Максимюк Н.Н. Физиолого-биохимические основы резистентности животных. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 110401 «Зоотехния» и 111201 «Ветеринария». Серия: Ветеринарная медицина. Санкт-Петербург, Москва, Краснодар, 2009.

Все коровы были чистопородными. Средний удой по стаду — 5470 кг, средняя живая масса коров — 457 кг, массовая доля молочного жира — 4,38%.

Для опыта были сформированы группы коров-аналогов черно-пестрой породы — по 5 голов в каждой. В состав групп были включены коровы в период лактации (за 30 дней до запуска). Продолжительность опыта — 30 суток. Через 14 дней после окончания скормливания проводились контрольные дойки и анализы крови для выявления последствий препаратов.

Кормление коров проводилось с учетом возраста, живой массы, физиологического состояния и среднесуточных зоотехнических показателей животных. Использование исследуемых добавок в кормовых рационах проводили в зависимости от возраста животных на общем фоне кормления и содержания животных.

Коровы контрольной группы получали основной рацион, состоящий из сена (15 кг) и измельченного сырого картофеля (5 кг), и ферментированного соевого шрота — 30 г на голову в сутки.

В качестве биологически активного фактора для улучшения физиологического состояния животных были использованы пробиотики рода *Bacillus*. Опытная группа дополнительно к основному рациону получала по 10 г/гол/сут кормового концентрата для КРС G-500 (Китай), состоящего из комплекса бактерий *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *acillus licheniformis* в концентрации 1×10^{10} КОЕ/г. Опытная группа получала по 200 г/гол/сут минеральной кормовой добавки (МКД) $\text{Na}_6(\text{FIO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30} \times 24\text{H}_2\text{O}$ производства АО НПФ «Новь» (Россия) и ферментированный соевый шрот (Беларусь) по 30 г/гол/сут.

Для исследования влияния пробиотиков на микробиоценоз коровника осуществлялась обработка порошком и раствором термофильных бактерий Multi-25 (Китай), содержащим 20 млрд бактерий на 1 г продукта, после полной механической очистки помещений. Сначала обрабатывали поверхность полов сухой смесью бактерий, равномерно рассыпая порошок через сито, а затем проводили влажное распыление раствора пробиотиков всего помещения опытной группы (пол, стойло, стены, кормушки) с помощью распылителя бензинового ранцевого STIHL SR 200 (США) (рис. 1).

Первая обработка проводилась в начале опыта, затем еще дважды — через 10 и 20 дней опыта.

В ходе опыта осуществлялись контрольные дойки, проводилось исследование крови животных для определения влияния добавок на обменные процессы, а также повторные смывы подстилок и других частей коровника для определения состояния микробиоценоза помещения.

Биохимическое исследование крови коров проводилось в Боровичской межрайонной ветеринарной лаборатории с использованием ветеринарного биохимического анализатора VB1 Skyla — критическая панель реагентов (Тайвань).

Во время эксперимента соблюдали принципы гуманного отношения к животным¹¹.

При проведении данного эксперимента было проанализировано молоко, полученное в хозяйстве по уровню

Рис. 1. Обработка помещения коровника способом распыления раствора пробиотиков

Fig. 1. Treatment of the barn premises by spraying a probiotic solution



бактериальной обсемененности в соответствии с требованиями ГОСТ 31499¹².

Анализ молока-сырья осуществляли на приборе «Лактан» (Россия).

Бактериологические исследования смывов^{13, 14} подстилки осуществлялись в условиях ОБУ «Новгородская областная ветеринарная лаборатория» (г. Великий Новгород, Россия). Для анализа были взяты смывы в 10 местах помещения, где содержались животные: пол, стены, кормушки, поилки, деревянные опоры (перед началом опыта и в конце опыта).

Для обработки цифрового материала использовали электронные таблицы. Статистический анализ был выполнен с помощью программного обеспечения Excel (Microsoft, США) и Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США).

Оценка значимости коэффициента корреляции выполнялась с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимым считалось значение с $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Питательность кормов и их кормовые свойства зависят прежде всего от химического состава. В состав кормов, тела животных и их продукции входят углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор, хлор, кальций, магний, калий, натрий, включая почти все элементы периодической системы.

Уровень молочной продуктивности лактирующих коров находится в непосредственной зависимости от сбалансированности кормовых рационов по их питательным веществам, макро- и микроэлементам, витаминам. Минеральные вещества имеют большое значение для нормальной жизнедеятельности организма, поскольку являются необходимой основой для построения костей скелета, входят в состав клеток, тканей, органов и

¹¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS No 123) [рус., англ.]. Страсбург, 1986.

¹² ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. Технические условия.

¹³ Инструкция по порядку и периодичности контроля за содержанием микробиологических и химических загрязнителей в мясе, птице, яйцах и продуктах их переработки № 1400/1751, утв. МСХ РФ 27.06.2000. п. 2.3; Микробиологические (бактериологические), прочие методы микробиологических (бактериологических) исследований (испытаний).

¹⁴ МР 4.2.0220-20 Методические рекомендации. 4.2. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсемененности объектов внешней среды.

жидкостей, участвуют во всех биохимических процессах, протекающих в живом организме на всех его структурных уровнях⁴.

Низкая концентрация микроэлементов в живых тканях является основной отличительной чертой этих элементов, резко отличающихся по физико-химическим свойствам и биологическому действию.

Микроэлементы — компоненты сложной физиологической системы, участвующей в регуляции жизненных функций организма на всех стадиях развития⁷. Они необходимы для поддержания микроэлементного гомеостаза.

Для изучения комплексного влияния пробиотиков и минеральной кормовой добавки была составлена программа кормления с одновременной обработкой помещения коровника растворами пробиотиков.

Схема применения кормовых добавок с коррекцией кишечного биоценоза коров черно-пестрой породы на фоне заселения подстилки полов термофильными бактериями представлена в таблице 1.

Микроорганизмы этого таксона обладают способностью вырабатывать множество ферментов, витаминов и антимикробных веществ, которые повышают иммунитет и подавляют патогенные микроорганизмы. Отмечен положительный эффект пробиотиков на показатели роста животных.

Через 15 суток после начала применения опытного рациона были проведены контрольные дойки, исследование крови животных для определения влияния добавок на обменные процессы, а также повторные смывы подстилок и других частей коровника для определения экосистемы помещения.

Полученные данные по молочной продуктивности представлены в таблице 2.

Результаты определения качественных показателей молока за 15 суток опыта отражены в таблице 3.

Скармливание биологически активных компонентов повысило среднесуточные удои молока. Опытная группа по среднесуточному удою превосходила контрольную на 2,65 л, молоко опытных животных превосходило аналоги контроля по содержанию жира (на 0,8%), белка (на 5,97%), по увеличению срока хранения молока за счет более высокого анионного разрыва.

В ходе опыта и через 30 дней после его окончания были проведены биохимические исследования крови опытных и контрольных коров. Полученные результаты представлены в таблице 4.

В результате исследования получены данные, подтверждающие положительное влияние применяемых добавок как на состояние обменных процессов, так и на показатели иммунной защиты организма коров. О повышении уровня обменных процессов свидетельствует более высокое содержание креатинина (108,4 ммоль/л в опыте, 92,4 ммоль/л в контроле), достоверное превышение аспартатаминотрансферазы (АСТ) (на 16%). У опытных коров в 1,54 раза было выше содержание щелочной фосфатазы. Более высоким было содержание общего белка, соотношение «альбумин — глобулин» в опыте выше на 6,8%. Остальные исследуемые биохимические показатели в крови опытных животных находились в пределах допустимых физиологических норм. Улучшился минеральный обмен: увеличилось содержание калия, магния, натрия, при этом наблюдалось уменьшение содержания хлоридов (на 4,5%).

Результаты бактериологического исследования смывов подстилки, взятых с 10 мест помещения перед

Таблица 1. Схема

Table 1. The scheme

Показатель	Ед. изм.	Добавление в рацион			
		МКД	соевый шрот	кормовой концентрат G-500	комплекс Multi-25
Количество коров	гол.	5	5	5	5
Период кормления	сут.	30	30	30	30
Потребность на 1 гол/сут	кг	0,02**	0,3	0,01	*
Потребность всего	кг	2,5	45	1,5	2

Примечание: * бактерии для подстилки на площадь полов опытной группы; ** первые 10 суток вводили в рацион через день, затем каждый день.

Таблица 2. Результаты определения молочной продуктивности коров

Table 2. The results of determining the dairy productivity of cows

Показатель	Значение	
	опыт	контроль
Общий надой за 15 сут., л	738,90 ± 23,60	541,20 ± 17,30
Средний надой на одну голову за 15 суток, л	147,78 ± 4,7	108,24 ± 3,50
Средний надой от одной головы за сутки, л	9,85 ± 0,30	7,20 ± 0,25

Получено молока от опытной группы на 36% больше контроля.

Таблица 3. Средние показатели качества молока за 15 суток опыта

Table 3. Average milk quality indicators for 15 days of experience

Показатель	Значение	
	опыт	контроль
Содержание белка, г/л	2,84 ± 0,09	2,68 ± 0,08
Массовая доля жира, %	4,07 ± 0,14	3,27 ± 0,12
СОМО	7,72 ± 0,25	7,93 ± 0,27
pH	6,86 ± 0,24	6,88 ± 0,24

Таблица 4. Результаты биохимического исследования крови через три недели опыта

Table 4. The results of a biochemical blood test after 3 weeks of experience

Наименование показателя	Ед. изм.	Опыт	Контроль
Альбумин	г/Л	27,00 ± 0,92	27,30 ± 0,93
Общий белок	г/Л	86,00 ± 2,90	90,70 ± 3,10
Глюкоза	ммоль/Л	2,44 ± 0,08	2,4 ± 0,08
Щелочная фосфатаза	У/Л	126,60 ± 4,30	82,30 ± 2,80
Аспартатаминотрансфераза	У/Л	81,40 ± 2,80	87,30 ± 3,10
Гамма-глутамилтрансферидаза	У/Л	11,80 ± 0,40	16,30 ± 0,50
Креатининфосфокиназа	У/Л	205,60 ± 6,9	179,30 ± 6,1
Азот мочевины крови	ммоль/Л	3,60 ± 0,12	4,70 ± 0,15
Кальций	ммоль/Л	2,43 ± 0,08	2,50 ± 0,08
Фосфор	ммоль/Л	1,64 ± 0,05	1,46 ± 0,04
Натрий	ммоль/Л	138,00 ± 4,8	94,78 ± 3,3
Калий	ммоль/Л	4,48 ± 0,15	4,47 ± 0,15
Хлориды	ммоль/Л	92,40 ± 3,05	96,70 ± 3,09
Магний	ммоль/Л	0,88 ± 0,03	0,82 ± 0,02
Глобулин	г/Л	59,00 ± 2,0	63,30 ± 2,1
Мочевина	ммоль/Л	3,6 ± 0,12	4,67 ± 0,15
Скорректированный кальций	ммоль/Л	2,75 ± 0,08	2,83 ± 0,09
Альбумин/глобулин		0,55	0,43
Na/K		31	31,33

началом опыта, показали, что в пяти местах отбора проб присутствовали бактерии из группы кишечной палочки (БГКП), считающейся условно-патогенной, особенно при больших концентрациях. В остальных местах получения смывов содержались различные энтеробактерии и кокки, банальная микрофлора.

По результатам исследования смывов с поверхностей объектов было установлено, что использованная технология применения бактерий симбионтов в рационах коров опытной группы благотворно повлияла

на изменение бактериологического фона фермы. Так, в пробе смыва со стены коровника обнаружен рост микроорганизмов, относящихся к *Bacillus spp.* (серовато-белые колонии с волнистым краем, вязкой консистенции — 9 колоний из разведения 1 : 1000), микроскопическим исследованием выявлены грамположительные палочки, расположенные одиночно и попарно.

В пробе смыва с пола этого коровника обнаружен рост микроорганизмов, относящихся к *Bacillus spp.* (серовато-белые колонии с волнистым краем, вязкой консистенции — 12 колоний из разведения 1 : 1000), микроскопическим исследованием выявлены грамположительные палочки, расположенные одиночно и попарно.

В корпусе с опытной группой количество микрофлоры со смывов с подстилки было значительно меньше, чем в контроле, преобладает *Bacillus subtilis*. Отсутствие патогенности у штаммов *Bacillus subtilis* и их метаболитов позволяет считать их наиболее перспективными в качестве основы пробиотиков нового поколения.

Среди важных свойств, присущих *Bacillus subtilis*, следует выделить способность закисления среды, продуцирования антибиотиков, благодаря чему происходит уменьшение воздействия различных условно-патогенных и патогенных микроорганизмов.

Об улучшении состояния микроклимата помещения, где содержались опытные животные, можно судить не только по отсутствию патогенной микрофлоры в подстилке и различных местах коровника, но и по уменьшению (на 23,4%) уровня азота мочевины в крови коров опытной группы.

Минеральные элементы из состава кормовой добавки, возможно, могли способствовать перераспределению реакционноспособных групп белков и более активному вовлечению в процессы биосинтеза молочного белка.

Выводы/Conclusions

Применение в кормлении коров комплекса пробиотиков с минеральной кормовой добавкой и ферментированным соевым шротом способствовало обогащению основного рациона животных опытной группы минеральными элементами и белковыми веществами. Это привело к улучшению зоотехнических показателей: от коров опытной группы получено молока больше (на 2,65 л/гол), чем в контрольной. В условиях данного КФК доход от одной опытной коровы увеличился на 19% по сравнению с контролем.

Результатами биохимического исследования крови подтверждено положительное влияние применяемых добавок на состояние обменных процессов и иммунной защиты организма коров. О значительном улучшении белкового обмена у опытных коров свидетельствует повышение содержания общего белка (на 5,4%), креатинина (на 17,4%), аспаратаминотрансферазы (на 16%) по сравнению с животными контрольной группы. Превышение (на 6,8%) соотношения «альбумин — глобулин» говорит о более высоком уровне иммунной защиты организма коров опытной группы.

Об улучшении минерального обмена свидетельствует увеличение содержания жизненно важных элементов (калия, магния, натрия) при снижении на 4,5% содержания хлоридов.

Сочетанное применение пробиотиков в качестве кормовой добавки и обработки помещения способствовало улучшению микробиоценоза молочно-товарной фермы. Об этом свидетельствуют полное отсутствие бактерии группы кишечной палочки во всех местах отбора проб после применения пробиотиков и увеличение количества *Bacillus subtilis*.

Результатами данного опыта подтверждается, что колонии сенной палочки выполняют функцию природного антибиотика.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-26-00206.

FUNDING

The research was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 23-26-00206.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mazurov V., Sanova Z. Innovative approaches to the development of dairy cattle breeding in the Kaluga region. *BIO Web of conferences*. 2023; 66: 14006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236614006>
2. Oleinik S.A., Lesnyak A.V., Nizeva D.R., Kokotka M.G., Falko A.A., Grushko D.S. Productivity of cows of the red steppe breed, considering the physique. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202001>
3. Строев В.В., Магомедов М.Д., Алексейчева Е.Ю. Повышение производства и потребления молочных продуктов в России и продовольственная безопасность. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2023; 13(6–1): 368–380. <https://elibrary.ru/fkhuwk>
4. Брянецев А.Ю., Горелик О.В., Харлап С.Ю., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Оценка физико-химических показателей молока коров в зависимости от линейной принадлежности. *Вестник Ошского государственного университета*. 2023; (3): 9–20. https://doi.org/10.52754/16948610_2023_3_2
5. Горелик О.В., Ребезов М.Б., Долматова И.А. Молочная продуктивность коров уральского типа голштинизированного черно-пестрого скота. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й Международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова*. 2023; 2: 250. <https://elibrary.ru/azjxic>

REFERENCES

1. Mazurov V., Sanova Z. Innovative approaches to the development of dairy cattle breeding in the Kaluga region. *BIO Web of conferences*. 2023; 66: 14006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236614006>
2. Oleinik S.A., Lesnyak A.V., Nizeva D.R., Kokotka M.G., Falko A.A., Grushko D.S. Productivity of cows of the red steppe breed, considering the physique. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202001>
3. Stroeve V.V., Magomedov M.D., Alekseycheva E.Yu. Increasing the production and consumption of dairy products in Russia and food security. *Economics: yesterday, today and tomorrow*. 2023; 13(6–1): 368–380 (in Russian). <https://elibrary.ru/fkhuwk>
4. Bryantsev A.Yu., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Rebezov M.B. Evaluation of physico-chemical parameters of cow's milk depending on the linear affiliation. *Bulletin of Osh State University*. 2023; (3): 9–20 (in Russian). https://doi.org/10.52754/16948610_2023_3_2
5. Gorelik O.V., Rebezov M.B., Dolmatova I.A. Milk productivity of Ural type cows of Holsteinized black-and-white cattle. *Current problems of modern science, technology and education. Abstracts of the reports of the 81st International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2023; 2: 250 (in Russian). <https://elibrary.ru/azjxic>

6. Терентьева Е.А. Характеристика молочной продуктивности полновозрастных голштинизированных коров черно-пестрой породы. *Идеи молодых ученых — агропромышленному комплексу: зоотехния, ветеринария и технология переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы студенческой научной конференции Института ветеринарной медицины. Троицк: Южно-Уральский государственный аграрный университет. 2019; 304–309.* <https://elibrary.ru/lysvxp>
7. Белокозов А.А., Белокозова О.В., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Состав и свойства молока коров черно-пестрой породы разных генотипов. *Аграрная наука.* 2023; (3): 62–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-62-69>
8. Сафронов С.Л., Костомарин Н.М., Соловьева О.И., Остроухова В.И., Кульмакова Н.И. Молочная продуктивность и долголетие коров в условиях промышленной технологии производства молока. *Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства. По материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова. М.: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022; 1: 223–227.* <https://elibrary.ru/drqjgh>
9. Кухар Е.В., Шайкенова К.Х., Исабекова С.А., Айтмуханбетов Д.К., Сламия М.Г. Кормовая добавка для повышения молочной продуктивности коров. *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина.* 2022; (4–1): 135–147. <https://doi.org/10.51452/kazatu.2022.4.1265>
10. Урюмцева Т.И., Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Весовой рост и сохранность телат на фоне применения минеральных кормовых добавок. *Аграрная наука.* 2024; (11): 53–59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-53-59>
11. Горелик О.В., Горелик А.С., Урюмцева Т.И., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Продуктивные качества коров на фоне применения минеральных кормовых добавок. *Аграрная наука.* 2024; (11): 65–72. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-65-72>
12. Тюреноква Е.Н., Васильева О.Р. Кормление как основной фактор продуктивного долголетия молочной коровы. *Farm Animals.* 2014; (2): 98–108. <https://elibrary.ru/stwzwx>
13. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Pankratova L.A. The role of breeding centers and breed testing systems in the development of breeds with a wide potential for use. *BIO Web of Conferences.* 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>
14. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences.* 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
15. Горелик О.В., Харлап С.Ю., Ребезов М.Б., Горелик А.С. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных функций коров голштинской породы. *Аграрная наука.* 2023; (12): 74–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>
16. Usevich V.M., Drozd M.N., Rusinov A.N. The reproductive system of breast organs in cows and evaluation the function using a mineral adaptogen. *BIO Web of Conferences.* 2024; 108: 03017. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410803017>
17. Gertman A., Maksimovich D. Scientifically based method for correcting the metabolic processes of highly productive cows in a biogeochemical province. *E3S Web of Conferences.* 2023; 462: 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346201008>
18. Sattarov N. et al. Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences.* 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
19. Харлап С.Ю., Неверова О.П., Ребезов М.Б. Характеристика стада молочного скота по продуктивности. *Аграрная наука и производство: реализация инновационных технологий агропромышленного комплекса. Сборник статей, подготовленный в рамках Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022; 97–104.* <https://elibrary.ru/zqbyim>
20. Grigoriev M., Grigorieva A., Sharvadze R., Chernogradskaya N., Stepanova S. The Effectiveness of Unconventional Feed Additives at Feeding Cattle in Conditions Yakutia. *Beskopylny A., Shamtysan M., Artiukh V. (eds.). XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022.* Cham: Springer. 2023; 1: 156–166. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_17
21. Khoroshevskaya L.V. et al. Improving the environmental safety of milk and the productivity of dairy cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2022; 965: 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/965/1/012020>
22. Sattarov N. et al. Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences.* 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
23. Ребезов М.Б., Покрамович Л.Е., Медяник Н.Л. Сорбционная способность природных цеолитов. *Технологические проблемы производства продукции животноводства. Материалы Межвузовской научно-практической и научно-методической конференции. Троицк: Уральская государственная академия ветеринарной медицины. 2002; 87–90.* <https://elibrary.ru/zammyb>
24. Ребезов М.Б. Использование природных цеолитов Южного Урала для улучшения микроклимата животноводческих помещений. *Свиноводство.* 2002; (6): 29–30. <https://elibrary.ru/tvkqdf>
6. Terentyeva E.A. Characteristics of milk productivity of full-aged holstein cows of black and mottled breed. *Ideas of young scientists for the agro-industrial complex: animal husbandry, veterinary medicine and technology of processing agricultural products. Materials of the student scientific conference of the Institute of Veterinary Medicine. Troitsk: South Ural State Agrarian University. 2019; 304–309 (in Russian).* <https://elibrary.ru/lysvxp>
7. Belookov A.A., Belookova O.V., Gorelik O.V., Rebezov M.B. The composition and properties of the milk of black-and-white cows of different genotypes. *Agrarian science.* 2023; (3): 62–69 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-62-69>
8. Safronov S.L., Kostomakhin N.M., Solovyova O.I., Ostroukhova V.I., Kulmakova N.I. Milk productivity and longevity of cows in the conditions of industrial milk production technology. *Breeding and technological aspects of intensifying the production of livestock products. On materials from the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician M.F. Ivanov. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2022; 1: 223–227 (in Russian).* <https://elibrary.ru/drqjgh>
9. Kukhar E.V., Shaikenova K.Kh., Issabekova S.A., Aitmukhanbetov D.K., Slamia M.G. Feed additive to increase dairy productivity of cows. *Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university.* 2022; (4–1): 135–147 (in Russian). <https://doi.org/10.51452/kazatu.2022.4.1265>
10. Uryumtseva T.I., Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Weight growth and safety of calves against the background of the use of mineral feed additives. *Agrarian science.* 2024; (11): 53–59 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-53-59>
11. Gorelik O.V., Gorelik A.S., Uryumtseva T.I., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Productive qualities of cows against the background of the use of mineral feed additives. *Agrarian science.* 2024; (11): 65–72 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-65-72>
12. Tyurenkova E.N., Vasilyeva O.R. Feeding as the main factor of productive longevity of a dairy cow. *Farm Animals.* 2014; (2): 98–108 (in Russian). <https://elibrary.ru/stwzwx>
13. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Pankratova L.A. The role of breeding centers and breed testing systems in the development of breeds with a wide potential for use. *BIO Web of Conferences.* 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>
14. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences.* 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
15. Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Rebezov M.B., Gorelik A.S. The relationship of milk productivity and reproductive functions of Holstein cows. *Agrarian science.* 2023; (12): 74–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>
16. Usevich V.M., Drozd M.N., Rusinov A.N. The reproductive system of breast organs in cows and evaluation the function using a mineral adaptogen. *BIO Web of Conferences.* 2024; 108: 03017. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410803017>
17. Gertman A., Maksimovich D. Scientifically based method for correcting the metabolic processes of highly productive cows in a biogeochemical province. *E3S Web of Conferences.* 2023; 462: 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346201008>
18. Sattarov N. et al. Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences.* 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
19. Kharlap S.Yu., Neverova O.P., Rebezov M.B. Characteristics of dairy cattle herd by productivity. *Agricultural science and production: implementation of innovative technologies of the agro-industrial complex. Collection of articles prepared within the framework of the All-Russian scientific and practical conference. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2022; 97–104 (in Russian).* <https://elibrary.ru/zqbyim>
20. Grigoriev M., Grigorieva A., Sharvadze R., Chernogradskaya N., Stepanova S. The Effectiveness of Unconventional Feed Additives at Feeding Cattle in Conditions Yakutia. *Beskopylny A., Shamtysan M., Artiukh V. (eds.). XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022.* Cham: Springer. 2023; 1: 156–166. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_17
21. Khoroshevskaya L.V. et al. Improving the environmental safety of milk and the productivity of dairy cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2022; 965: 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/965/1/012020>
22. Sattarov N. et al. Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences.* 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
23. Rebezov M.B., Pokramovich L.E., Medyanik N.L. Sorption capacity of natural zeolites. *Technological problems of livestock production. Proceedings of the Interuniversity scientific-practical and scientific-methodical conference. Troitsk: Ural State Academy of Veterinary Medicine. 2002; 87–90 (in Russian).* <https://elibrary.ru/zammyb>
24. Rebezov M.B. Use of natural zeolites of the Southern Urals to improve the microclimate of livestock buildings. *Pigbreeding.* 2002; (6): 29–30 (in Russian). <https://elibrary.ru/tvkqdf>

ОБ АВТОРАХ

Екатерина Константиновна Овчинникова^{1, 2}

младший научный сотрудник¹;
аспирант²
<https://orcid.org/0009-0004-4228-8345>.

Николай Николаевич Судаков¹

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
<https://orcid.org/0009-0006-9526-5651>

Николай Несторович Максимюк^{1, 2}

доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук,
профессор, ведущий научный сотрудник¹;
доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук, профессор²
nnm93@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6634-7638>

Михаил Викторович Морозов³

заведующий отделом лечебно-профилактических
и санитарных работ
<https://orcid.org/0009-0001-9819-7467>

¹ООО «Центр научных исследований и разработок»
(ООО «ЦНИР»),

ул. Рабочая, 18, Великий Новгород, 173008, Россия

²Новгородский государственный университет им. Ярослава
Мудрого,
ул. Большая Санкт-Петербургская, 41, Великий Новгород,
173003, Россия

³Пестовская районная ветеринарная станция,
ул. Пролетарская, 47, Пестово, Новгородская обл., 174510,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina Konstantinovna Ovchinnikova^{1, 2}

Junior Researcher¹;
Postgraduate Student²
<https://orcid.org/0009-0004-4228-8345>.

Nikolai Nikolaevich Sudakov¹

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
<https://orcid.org/0009-0006-9526-5651>

Nikolai Nestorovich Maksimuk^{1, 2}

Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Biological Sciences,
Professor, Leading Researcher¹;
Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Biological Sciences,
Professor²
nnm93@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6634-7638>

Mikhail Viktorovich Morozov³

Head of the Department of Medical, Preventive
and Sanitary Works
<https://orcid.org/0009-0001-9819-7467>

¹Center for Scientific Research and Development LLC
(“TSNIR” LLC),

18 Rabochaya Str., Veliky Novgorod, 173008, Russia

²Yaroslav-the-Wise Novgorod State University,
41 Bolshaya St. Petersburg Str., Veliky Novgorod, 173003,
Russia

³Pestovskaya Regional Veterinary Station,
47 Proletarskaya Str., Pestovo, Novgorod region, 174510,
Russia



Достойное вознаграждение за привлеченную рекламу от ИД «Аграрная наука»

Вы



- общительны и активны
- владеете связями в сфере АПК
- есть время и желание
- хотите заработать

Мы гарантируем

- ☒ интересную работу по привлечению
рекламы в проекты ИД
- ☒ свободный, удобный график
- ☒ официальное оформление
- ☒ щедрый % за принесенную вами
рекламу

Звоните +7 (916) 616-05-31

Реклама

УДК 636.01.13:636.52/.58

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-77-83

Т.А. Ларкина ✉
А.Б. Вахрамеев
О.И. Станишевская
Е.С. Фёдорова
Н.В. Дементьева
Ю.С. Щербаков
М.В. Позовникова

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ tanya.larkina2015@yandex.ru

Поступила в редакцию: 29.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Ларкина Т.А., Вахрамеев А.Б.,
 Станишевская О.И., Фёдорова Е.С.,
 Дементьева Н.В., Щербаков Ю.С.,
 Позовникова М.В.

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-77-83

Tatiana A. Larkina ✉
Anatoly B. Vakhrameev
Olga I. Stanishevskaya
Elena S. Fedorova
Natalia V. Dementieva
Yuri S. Shcherbakov
Marina V. Pozovnikova

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

✉ tanya.larkina2015@yandex.ru

Received by the editorial office: 29.07.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Larkina T.A., Vakhrameev A.B., Stanishevskaya O.I.,
 Fedorova E.S., Dementieva N.V., Shcherbakov Yu.S.,
 Pozovnikova M.V.

Сравнение экстерьерного профиля кур русской белой и царскосельской пород

РЕЗЮМЕ

Сегодня птицеводство является высокоэффективной отраслью животноводства, а домашняя курица (*Gallus gallus*) — самым распространенным видом сельскохозяйственных животных. Значительные изменения экстерьера кур отражают приобретенные биологические особенности птицы и тесно связаны со сформированным направлением продуктивности. Статья посвящена сравнению профилей экстерьера двух отечественных пород кур различного направления продуктивности — русской белой (яичной) и царскосельской (мясо-яичной). Оценка по экстерьеру занимает важное место в бонитировке племенной птицы.

В результате проведенного исследования выявили, что строение тела кур царскосельской породы отвечает требованиям грузной птицы с хорошими мясными качествами. В сравнении с царскосельскими русские белые куры имеют более развитую брюшную часть, в которой находятся органы яйцеобразования. Это подтверждается и значительно меньшей разницей в ширине таза (всего 0,81 см). К тому же высоким индексом длинноногости отличалась русская белая порода кур 53,5 в сравнении со значением индекса в 21,1 по царскосельской породе. Индекс широтной пропорциональности у царскосельской породы кур в 2 раза выше (94,0), что указывает на ее направление продуктивности (мясо-яичное).

Детализация и конкретизация пород по показателям экстерьера помогают при утверждении новых селекционных форм Госсорткомиссии МСХ.

Ключевые слова: живая масса, промеры тела, индекс телосложения, русская белая, царскосельская, отечественная порода

Для цитирования: Ларкина Т.А. и др. Сравнение экстерьерного профиля кур русской белой и царскосельской пород. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 77–83.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-77-83>

Comparison of the exterior profile of the Russian White and Tsarskoye Selo chicken breeds

ABSTRACT

Today, poultry farming is a highly efficient branch of animal husbandry, and the domestic chicken (*Gallus gallus*) is the most common type of farm animals. Significant changes in the exterior of chickens reflect the acquired biological characteristics of the bird and are closely related to the formed direction of productivity. The article is devoted to the comparison of the exterior profiles of two domestic chicken breeds of different productivity directions: Russian White (egg), Tsarskoye Selo (meat and egg). Exterior assessment occupies an important place in the grading of breeding poultry.

As a result of the study, it was revealed that the body structure of Tsarskoye Selo chickens meets the requirements of a heavy bird with good meat qualities. In comparison with Tsarskoye Selo chickens, Russian White chickens have a more developed abdominal part, in which the egg-forming organs are located. This is confirmed by a significantly smaller difference in the pelvic width (only 0.81 cm). In addition, the Russian White breed of chickens had a high index of legginess — 53.5, compared to the index value of 21.1 for the Tsarskoye Selo breed. The index of latitudinal proportionality for the Tsarskoye Selo breed of chickens is 2 times higher (94.0), which also indicates its productivity direction (meat and egg). Detailing and specifying breeds according to exterior indicators helps in approving new breeding forms of the State Commission of the Ministry of Agriculture.

Key words: body weight, body measurements, body index, Russian white, Tsarskoye Selo, domestic breed

For citation: Larkina T.A. et al. Comparison of the exterior profile of the Russian White and Tsarskoye Selo chicken breeds. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 77–83 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-77-83>

Введение/Introduction

В процессе длительного одомашнивания птицы были сформированы породы, значительно различающиеся как на фенотипическом (живая масса, окрас оперения и стать тела), так и на генетическом уровне (устойчивость к болезням, адаптация к климатическим условиям и пр.) [1–4].

Сохранение, изучение и мониторинг состояния отечественных пород кур имеют большое значение для эффективного и устойчивого их использования. Контроль внутри- и межпородного генетического разнообразия, оценка и прогнозирование его динамики определяют оптимум и пределы допустимых изменений [5, 6]. При отсутствии исчерпывающей информации отдельные уникальные породы могут быть утрачены, прежде чем удастся использовать их достоинства и добиться признания ценности [7–9].

Метод оценки экстерьера можно рассматривать как доступный и широко распространенный инструмент получения объективного представления об отдельных особях и характеристики стад в целом. Система оценки внешнего вида и телосложения животных стала основой учения об экстерьере.

Термин «экстерьер» (лат. Exterior — внешний, наружный) впервые использовал в 1768 году французский коневод, директор ветеринарной школы во Франции К. Буржела (Bourgelat, 1808 г.). Экстерьер позволяет определить тип конституции, направление продуктивности, принадлежность к виду, породе, степень развития, выраженность пола, состояние здоровья, возраст и индивидуальные особенности животного, птицы [10–13].

Учение об экстерьере основано на связи между внешними признаками и внутренним строением организма. Продуктивные качества, особенности экстерьера и конституции, свойственные птицам различных видов, пород и линий, наследуются, но подвержены изменчивости под влиянием селекции, кормления, условий выращивания молодняка и других факторов [14–17].

Уникальная биоресурсная коллекция «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, г. Санкт-Петербург, Россия)¹ насчитывает более 40 пород и популяций различного направления продуктивности и является фундаментом для изучения экстерьера и генетического разнообразия кур. В частности, коллекция включает породы яичного направления продуктивности, которые отличаются высокой яйценоскостью, невысокой живой массой, легким костяком, хорошим развитием органов репродуктивной, пищеварительной и дыхательной систем, высокой интенсивностью обмена веществ и слабо развитой способностью к отложению подкожного жира [18, 19].

Одной из уникальных яичных пород коллекции является русская белая (рис. 1), выведенная в СССР на основе скрещивания породы белый леггорн с местными беспородными курами (утверждена в 1953 году). Популяция русских белых кур ВНИИГРЖ создана А.Н. Соколовой посредством отбора на устойчивость к пониженным температурам в первые дни жизни (15–22 °С в первые 5 суток с постепенным снижением до 14–11 °С к 21–30-суточному возрасту) с содержанием взрослых особей зимой при температуре ниже 0 °С [20–22].

В результате такой селекции в условиях критически пониженных температур была получена птица, отличающаяся терморезистентностью молодняка и повышенной устойчивостью к ряду неопластических

заболеваний, таких как болезнь Марек, лейкоз, карциномы [23, 24].

Для русской белой породы популяции ВНИИГРЖ характерны следующие экстерьерные признаки: хорошо развитая голова средней величины; большой листовидный гребень (у кур, как и у леггорнов, он свисает набок, у петухов — большой прямостоячий с 4–6 равномерно вырезанными зубцами); желтый и крепкий клюв среднего размера; ушные мочки белые; утолщенная шея средней длины; широкая и выпуклая грудь; длинные и широкие спина и туловище; объемистый живот; крылья хорошо развиты, плотно прилегают к телу; ноги средней длины, неоперенные, крепкие, желтого цвета; хорошо развитый хвост умеренной длины.

Живая масса кур невелика (1,6–1,8 кг), петухи достигают 2,0–2,5 кг в возрасте 270 дней. Яйценоскость за 60 недель жизни — 208–220 яиц. Масса яйца 58–62 г, окраска скорлупы белая [20].

Породы комбинированного направления продуктивности занимают промежуточное положение между яичными и мясными. В зависимости от преимущественного направления селекции они относятся либо к мясо-яичным (если сильнее выражены элементы отбора на мясную продуктивность), либо к яично-мясным (если преимущественно выражено яичное направление селекции), при этом существенных отличий между ними по живой массе и экстерьеру не имеется [25].

Одна из общепользовательских пород — царскосельская (рис. 2), которая создана путем скрещивания полтавских глинистых кур и нью-гемпширов с палево-полосатыми 4-линейными петухами кросса «Бройлер-6».

Работа была начата во ВНИИГРЖ в 1993 г.

Основная цель разведения — создание аутосексной популяции комбинированного типа продуктивности с красивой декоративной палевой бело-полосатой окраской оперения и светлым подпухом, хорошо приспособленной к условиям фермерского содержания. Птица крупная, с массивным туловищем, на высоких ногах, с крепким, но не грубым костяком, с листовидным гребнем, ушные мочки красного цвета, кожа и плюсна — желтого.

Живая масса в годовалом возрасте в среднем у петухов составляет 3,47 кг, у кур — 2,38 кг, яйценоскость — 147,5 яиц в год. Отличительная особенность и преимущество царскосельской породы — аутосексность. В суточном возрасте, благодаря различному окрасу пуха, цыплят можно дифференцировать по полу [26].

Рис. 1. Русская белая порода кур. Фото А.Б. Вахрамеева

Fig. 1. Russian White Chicken Breed. Photo by A.B. Vakhrameev



¹ <http://vniigen.ru/wpcontent/uploads/2017/04/Katalog-Kur-1.pdf>

Рис. 2. Царскосельская порода кур. Фото А.Б. Вахрамеева
Fig. 2. Tsarskoye Selo Chicken Breed. Photo by A.B. Vakhrameev



Оценка экстерьерного профиля птицы представляет научный и практический интерес как для селекционных центров, так и для фермерских хозяйств.

Цель исследования — сравнительный анализ экстерьерных профилей двух отечественных пород кур различного направления продуктивности — русской белой (яичной) и царскосельской (мясо-яичной).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для исследования взяты две популяции кур 2023 года разных пород — русской белой ($n = 194$) и царскосельской ($n = 110$). Содержание птицы клеточное (индивидуальное) на базе биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких исчезающих пород кур» (г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия).

Эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, используемых для научных целей², и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ³, с этического одобрения комиссии Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста» (протокол заседания от 3 марта 2020 года № 2020-4).

По достижении птицы возраста 38–39 недель проводили индивидуальный замер промеров тела с использованием измерительного метра (ГОСТ 7502⁴) и взвешивание на ручных электронных весах (WeiHeng S-45, Китай), класс точности высокий — II.

Измерялись следующие параметры (в см): обхват груди (ОГ), обхват плюсны (ОП), длина корпуса (ДКр), длина корпуса и шеи (ДКШ), длина кия (ДКл), длина бедра (ДБ), длина голени (ДГ), длина плюсны (ДП), глубина груди (ГГ), ширина плеч (ШП), ширина таза (ШТ); угол груди (в град.) (УГ).

Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 10.0 (США).

Анализ главных компонент (PCA) рассчитывали с помощью программы GraphPad Software, Inc. (<http://www.graphpad.com/faq/viewfaq.cfm?faq=1362>, Insightful Science и Dotmatics, США).

Корреляционный анализ выполнен с использованием коэффициента Спирмена.

Дополнительно были рассчитаны следующие индексы телосложения: индекс укороченности, индекс эйризомии глубины груди, индекс эйризомии обхвата груди, индекс длинноногости, индекс широтной пропорциональности, индекс высотной пропорциональности корпуса [16].

Для оценки нормальности распределения и корреляционных связей фенотипических данных использовалась библиотека R Ggally в программе Statistica 10.0 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На первом этапе исследования проведен сравнительный анализ экстерьерных показателей и живой массы кур русской белой и царскосельской пород в возрасте 38–39 недель (табл. 1).

Значения коэффициентов вариативности для показателей промеров тела в популяции кур русской белой породы варьировали от 3,87% (обхват груди) до 6,56% (длина кия), при этом для показателя «живая масса» значения были максимальны — 9,99%.

В выборке кур царскосельской породы в целом наблюдалась меньшая вариация показателей экстерьера, и меньшей изменчивостью отличался показатель «длина голени» (2,93%), а высокой — показатель «длина бедра» (5,99%). Показатель «живая масса», так же как и кур русской белой породы, показал высокий коэффициент изменчивости — 8,99%, что предположительно может быть обусловлено влиянием таких факторов внешней среды, как уровень кормления, состав рациона, качество кормов, способ представления кормов, технология кормления, способ содержания, факторы микроклимата.

Куры царскосельской породы значительно (на 0,69 кг) превосходят по живой массе кур русской белой породы

Таблица 1. Показатели живой массы и промеров тела кур русской белой и царскосельской пород в возрасте 38–39 недель

Table 1. Indicators of live weight and body measurements of chickens of Russian white and Tsarskoye Selo breeds at the age of 38–39 weeks

Показатель	Порода					
	русская белая			царскосельская		
	M	d	Cv, %	M	d	Cv, %
Живая масса, кг	1,80	0,18	9,99	2,49	0,22	8,99
Обхват груди, см	30,15	1,17	3,87	33,41	1,08	3,23
Обхват плюсны, см	3,19	0,16	4,87	4,09	0,13	3,17
Длина корпуса, см	16,38	0,69	4,20	19,34	0,70	3,60
Длина корпуса и шеи, см	31,41	1,30	4,14	35,77	1,20	3,35
Длина кия, см	9,46	0,62	6,56	12,17	0,56	4,59
Длина бедра, см	8,84	0,57	6,49	10,53	0,63	5,99
Длина голени, см	12,94	0,57	4,41	14,84	0,43	2,93
Длина плюсны, см	8,77	0,46	5,23	10,66	0,43	4,00
Глубина груди, см	10,35	0,66	6,38	12,71	0,51	3,99
Ширина плеч, см	6,32	0,40	6,39	8,73	0,48	5,55
Ширина таза, см	8,48	0,48	5,67	9,29	0,44	4,74
Угол груди, °	68,58	2,97	4,33	78,68	3,49	4,43

Примечание: M — среднее значение показателя; d — стандартное отклонение; Cv, % — коэффициент вариации, %.

² Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС по охране животных, используемых в научных целях. — URL: https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

³ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

⁴ ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия.

популяции ВНИИГРЖ. У царскосельских кур очень заметно более сильное развитие совокупного аппарата костей тела, к тому же длинное тело (корпус длиннее на 4,36 см (35,77 см), киль — на 2,71 см (12,17 см) значительно выше поставлено. Общая длина основных несущих костей ног (бедро, голень, плюсна) у царскосельских кур (36,03 см) на 5,48 см длиннее, чем у русских белых.

У царскосельских кур развита и грудная часть. Ширина плеч (8,73 см) превосходит этот показатель русских белых кур на 2,41 см, глубина груди (12,71 см) — на 2,36 см. Выше и наполненность груди мускулатурой, выраженная показателем угла груди у царскосельских (78,68 см) на 10,1 градуса.

По своему строению кости кур царскосельской породы значительно грубее. Так, обхват плюсны царскосельских кур (4,09 см) на 0,9 см превышает значение этого показателя у кур русской белой породы.

Таким образом, строение тела кур царскосельской породы отвечает требованиям грузной птицы с хорошими мясными качествами. В сравнении с царскосельскими русские белые куры имеют более развитую брюшную часть, в которой находятся органы яйцеобразования. Это подтверждается и значительно меньшей разницей в ширине таза (всего 0,81 см).

На следующем этапе исследования был проведен сравнительный анализ экстерьерного профиля птицы двух анализируемых пород. Результаты анализа главных компонент по русской белой породе показали, что вклад первых двух компонент в общую дисперсию составил 49,14% (рис. 3А).

Максимальные значения по компоненте 1 получены для признака «длина голени» (0,83), а минимальные — для показателей «глубина груди» (0,20), «ширина плеча» (0,39) и «угол груди» (0,14).

По первой главной компоненте положительной нагрузкой были сгруппированы длина корпуса (0,82), длина голени (0,83), длина плюсны (0,72), обхват груди (0,73) и обхват голени (0,73). По второй главной компоненте высокую положительную нагрузку имел только признак «угол груди» (0,80), а высокие отрицательные — «глубина груди» (-0,50), «корпус и шея» (-0,30) и «длина плюсны» (-0,15).

По царскосельской породе данные графика РСА показали, что на диаграмме нагрузок вклад первых двух компонент в общую дисперсию составил 47,64% (рис. 3Б). По первой главной компоненте отрицательной нагрузкой были сгруппированы длина корпуса (-0,91), длина плюсны (-0,87) и длина бедра (-0,70). Высоким положительным значением отличался лишь показатель «длина корпуса и шеи» (0,74). По второй главной компоненте высокую отрицательную нагрузку имела группа признаков «длина голени» (-0,76), «обхват груди» (-0,70) и «глубина груди» (-0,60).

Рис. 3. Результаты анализа главных компонент по распределению показателей промеров тела кур русской белой (А) и царскосельской (Б) пород в связи с вариабельностью по двум факторным осям: Factor 1 — компонента 1, Factor 2 — компонента 2. Параметры (в см): обхват груди (ОГ), обхват плюсны (ОП), длина корпуса (ДКр), длина корпуса и шеи (ДКШ), длина кили (ДКл), длина бедра (ДБ), длина голени (ДГ), длина плюсны (ДП), глубина груди (ГГ), ширина плеч (ШП), ширина таза (ШТ); угол груди (в град.) (УГ)

Fig. 3. Results of the analysis of the main components according to the distribution of body measurements of Russian white (A) and Tsarskoye Selo (B) breeds due to variability along two factor axes: Factor 1 — component 1, Factor 2 — component 2. Parameters (in cm): chest circumference (OG), metatarsal girth (OP), body length (DCr), body and neck length (DKSh), keel length (DKl), hip length (DB), shin length (DG), metatarsal length (DP), chest depth (GG), shoulder width (SHP), pelvic width (PCS); chest angle (in degrees) (UG)

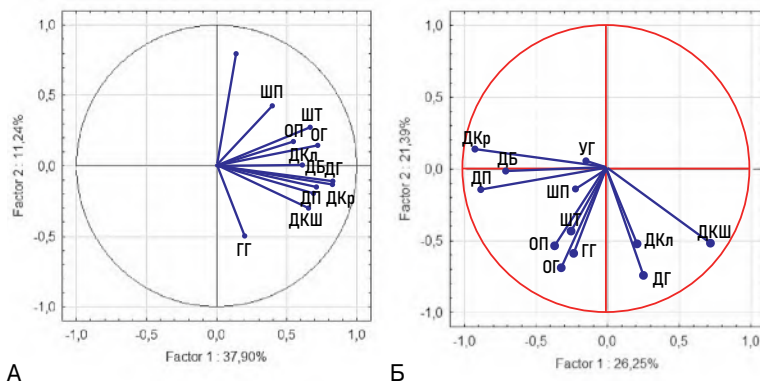
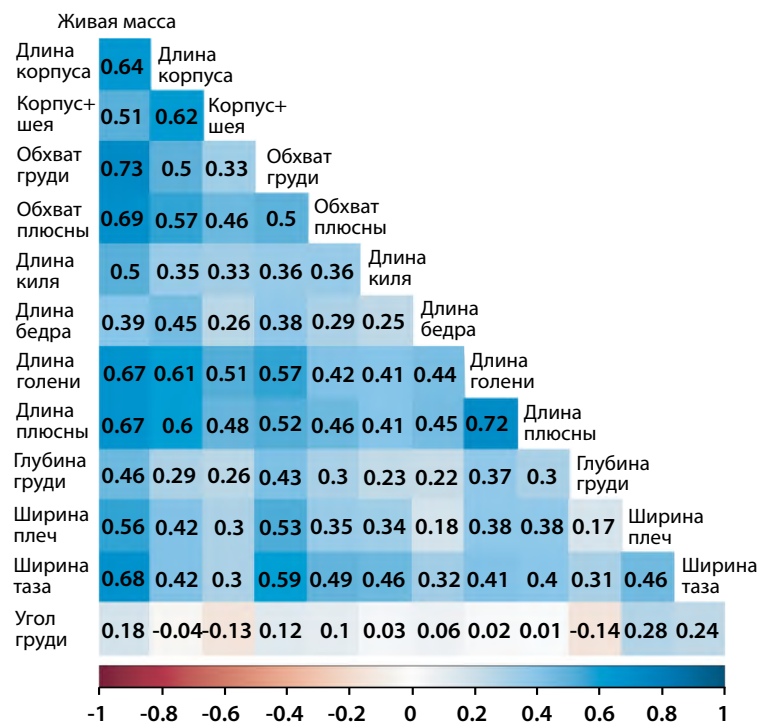


Рис. 4. Корреляционная матрица по распределению экстерьерных показателей кур русской белой породы

Fig. 4. Correlation matrix for the distribution of exterior indicators of Russian White chickens



Анализ корреляционных взаимосвязей по показателям промеров тела и живой массы в обеих выборках кур разных пород выявил ряд ассоциаций. Для кур русской белой породы (рис. 4) была установлена высокая достоверная корреляционная связь для пары признаков «длина голени» и «длина плюсны» ($r = 0,72$, $p < 0,001$). Выявлена высокая положительная корреляционная связь признака «длина корпуса» с признаками «живая масса» ($r = 0,64$, $p < 0,05$), «длина корпуса и шеи» ($r = 0,62$, $p < 0,01$), «длина голени» ($r = 0,61$, $p < 0,01$), «длина плюсны» ($r = 0,6$, $p < 0,01$), «обхват плюсны» ($r = 0,57$, $p < 0,05$).

Признак «живая масса» положительно коррелировал с признаками «обхват груди» ($r = 0,73$, $p < 0,01$), «обхват плюсны» ($r = 0,69$, $p < 0,01$), «длина голени» ($r = 0,67$, $p < 0,05$), «длина плюсны» ($r = 0,67$, $p < 0,01$), «ширина таза» ($r = 0,68$, $p < 0,05$).

Выявлены слабые отрицательные корреляционные взаимосвязи для признака «угол груди» с признаками «длина корпуса» ($r = -0,04$, $p < 0,05$), «длина корпуса и шеи» ($r = -0,13$, $p < 0,01$), «глубина груди» ($r = -0,14$, $p < 0,05$).

Для популяции кур царскосельской породы (рис. 5) высокие положительные значения коэффициента корреляции были установлены для признака «живая масса» с признаками «длина корпуса» ($r = 0,55$, $p < 0,05$), «обхват груди» ($r = 0,62$, $p < 0,01$), «обхват плюсны» ($r = 0,54$, $p < 0,01$). Признак «обхват плюсны» достоверно коррелировал с «обхватом груди» ($r = 0,44$, $p < 0,05$). При этом была выявлена слабая отрицательная корреляционная

взаимосвязь для пары признаков «ширина таза» — «ширина плеч» ($r = -0,03$). Для признака «угол груди» — ряд отрицательных взаимосвязей с признаками «корпус и шея» ($r = -0,11$), «длина кия» ($r = -0,04$), «длина плюсны» ($r = -0,07$), «глубина груди» ($r = -0,07$), «ширина плеч», «ширина таза».

Выявленные корреляционные взаимосвязи, вероятно, обусловлены направлением продуктивности данной породы, а именно хорошим развитием мускулатуры груди, тазового пояса, грубым костяком, что в целом является отражением целенаправленной селекции на увеличение живой массы и длины костей ног (конечностей) [26].

Полученные данные PCA и корреляционного анализа демонстрируют различный экстерьерный профиль кур разного направления продуктивности. Как уже упоминалось выше, экстерьер может отражать в числе прочего и направление продуктивности птицы. Так, куры яичного направления продуктивности подвижны, активно реагируют на внешние раздражители, отличаются невысокой живой массой, тонким скелетом, небольшими размерами груди, высокими и тонкими ногами.

Птица мясо-яичного направления продуктивности по экстерьеру и конституции больше склонна к нежной рыхлой конституции. Внутри породы могут встречаться особи, имеющие разный тип конституции, что обязательно надо учитывать при оценке и отборе птицы [25].

Детализация и конкретизация стандартов пород от описательного формата к цифровому (индексному) позволили предложить строго определенные значения индексов пропорциональности и показателей некоторых определяющих статей экстерьера в конкретные стандарты с учетом направления продуктивности птицы [16].

Индексы телосложения, в отличие от промеров отдельных статей экстерьера, меньше зависят от живой массы птицы, а скорее позволяют судить о гармоничности тела (рис. 6).

Несмотря на то что исследуемые породы существенно отличались по живой массе, их индекс широтелости не имеет статистически значимых различий. Высокими значениями индекса эйризомии обхвата груди отличались обе породы: 173,0 — царскосельская, 184,0 — русская белая. Индекс укороченности, который говорит о мясных качествах, был выше в выборке кур царскосельской породы в сравнении с русской белой (62,9 и 57,8 соответственно).

Высоким индексом длинноногости отличалась русская белая порода кур (53,5) в сравнении со значением индекса в 21,1 царскосельской. Индекс широтной пропорциональности у царскосельской породы кур в 2 раза выше (94,0), что указывает на ее направление продуктивности (мясо-яичное).

Оценка по экстерьеру в локальных популяциях кур необходима в селекционном процессе как при выведении тяжелых, мясных и мясо-яичных форм, так и при поддержании высоких показателей яичной продуктивности в родительских стадах птицы яичного направления продуктивности [27, 28].

Рис. 5. Корреляционная матрица по распределению экстерьерных показателей кур царскосельской породы

Fig. 5. Correlation matrix for the distribution of exterior indicators of Tsarskoye Selo chickens

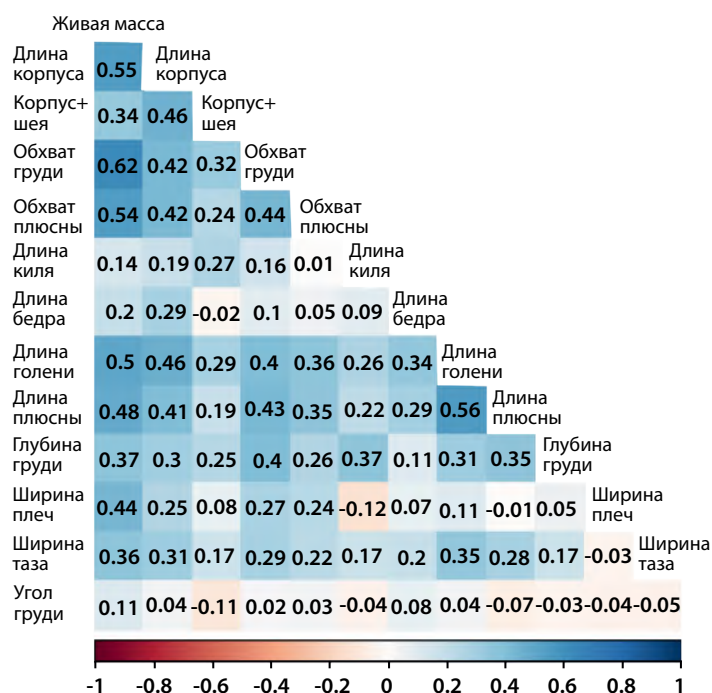
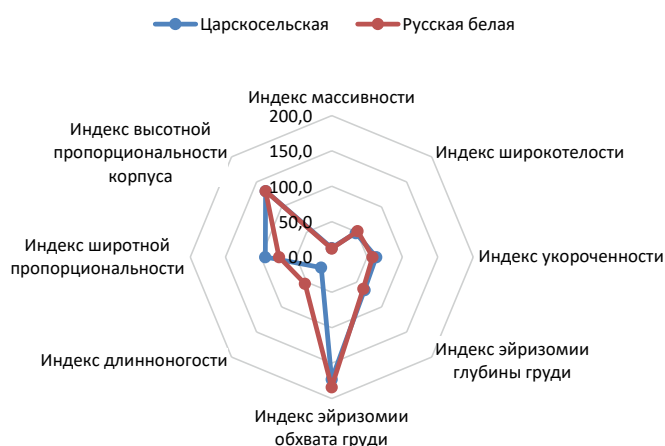


Рис. 6. Индексы статей тела кур пород царскосельская и русская белая

Fig. 6. Indexes of body articles of hens of the Tsarskoye Selo and Russian White breeds



Выводы/Conclusions

Царскосельские куры, как порода двойного назначения, имеют соответствующий экстерьерный профиль. Высокие показатели индекса укороченности (62,9) и широтной пропорциональности (94,0) говорят о направлении селекции в сторону мясной продуктивности.

Высокие корреляционные связи между показателями экстерьера дают возможность утверждать, что эта порода является перспективной как для разведения в фермерских хозяйствах, так и для использования в селекционном процессе для выведения новых мясных линий и кроссов кур.

Русская белая порода кур по профилю экстерьера и невысокой живой массе соответствует стандартам яичной породы. К тому же выявлена высокая положительная корреляционная связь признака «длина корпуса» с признаками «живая масса» ($r = 0,64$, $p < 0,05$), «длина корпуса и шеи» ($r = 0,62$, $p < 0,01$) «длина голени» ($r = 0,61$, $p < 0,01$), «длина плюсны» ($r = 0,6$, $p < 0,01$), «обхват плюсны» ($r = 0,57$, $p < 0,05$), что в очередной раз доказывает вклад показателей статей экстерьера тела в конкретные стандарты породы с учетом направления продуктивности кур.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках создания Национального центра генетических ресурсов сельскохозяйственных животных по соглашению № 075-02-2024-1394.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the creation of the National Center for Genetic Resources of Farm Animals under Agreement No. 075-02-2024-1394.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wang M.-S. *et al.* 863 genomes reveal the origin and domestication of chicken. *Cell Research*. 2020; 30(8): 693–701. <https://doi.org/10.1038/s41422-020-0349-y>
2. Lawal R.A., Hanotte O. Domestic chicken diversity: Origin, distribution, and adaptation. *Animal Genetics*. 2021; 52(4): 385–394. <https://doi.org/10.1111/age.13091>
3. Fumihito A., Miyake T., Sumi S., Takada M., Ohno S., Kondo N. One subspecies of the red junglefowl (*Gallus gallus*) suffices as the matriarchic ancestor of all domestic breeds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1994; 91(26): 12505–12509. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.26.12505>
4. Semenenko M., Kuzminova E., Osepchuk D., Semenenko K., Svistunov A. New integrated system for raising poultry as a factor of increasing its productivity and metabolic status. *BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2023)*. 2024; 84: 01061. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248401061>
5. Гриценко С.А., Ребезов М.Б. Оценка прямолинейности связей между показателями онтогенеза и продуктивными качествами поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Всё о мясе*. 2024; (3): 54–60. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
6. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Взаимосвязь показателей роста товарного поголовья мясной птицы в различные периоды онтогенеза. *Всё о мясе*. 2024; (2): 40–45. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-2-40-45>
7. Larkina T.A. *et al.* Evolutionary Subdivision of Domestic Chickens: Implications for Local Breeds as Assessed by Phenotype and Genotype in Comparison to Commercial and Fancy Breeds. *Agriculture*. 2021; 11(10): 914. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100914>
8. Коршунова Л.Г., Карапетян Р.В. Сохранение и мониторинг генофонда отечественных пород кур. *Птицеводство*. 2021; (3): 9–12. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-3-9-12>
9. Столповский Ю.А. Концепция и принципы генетического мониторинга для сохранения *in situ* пород domesticated животных. *Сельскохозяйственная биология*. 2010; 45(6): 3–8. <https://elibrary.ru/nbkqyp>
10. Макарова А.В., Вахрамеев А.Б., Мефтах И.А. Сравнительная характеристика роста и развития цыплят мяско-яичного и яично-мясного направления продуктивности. *Аграрная наука*. 2020; (11–12): 29–32. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-29-32>
11. Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Базаев С.О., Комков И.В. Обзор исследований и технологий, применимых для цифровизации процесса оценки экстерьерных животных в мясном и молочном животноводстве. *Аграрная наука*. 2024; (4): 114–122. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
12. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б., Видякин Ю.Ю. Динамика показателей линейного роста и индексов телосложения товарного молодняка мясной птицы в зависимости от живой массы в суточном возрасте. *Аграрная наука*. 2023; 1(10): 68–72. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-68-72>
13. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Факториальная дисперсия показателей онтогенеза на продуктивные качества поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Всё о мясе*. 2024; (4): 58–64. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>
14. Гальперн И.Л. Новые принципы создания отечественных кроссов кур. *Птицеводство*. 2002; (1): 10–13. <https://elibrary.ru/uxolct>
15. Анисимова В., Силин Э., Наумова Л. Оценка мясных кур по интенсивности роста и конверсии корма. *Птицеводство*. 1999; (4): 23.
16. Селезнева М.С., Салина М.Н., Ежикова М.И., Попкова К.И. Динамика индексов телосложения и абсолютной массы бройлеров кросса Ross 308 в возрастном аспекте. *Ученые записки Брянского государственного университета*. 2017; (2): 56–59. <https://elibrary.ru/ztkmp>

REFERENCES

1. Wang M.-S. *et al.* 863 genomes reveal the origin and domestication of chicken. *Cell Research*. 2020; 30(8): 693–701. <https://doi.org/10.1038/s41422-020-0349-y>
2. Lawal R.A., Hanotte O. Domestic chicken diversity: Origin, distribution, and adaptation. *Animal Genetics*. 2021; 52(4): 385–394. <https://doi.org/10.1111/age.13091>
3. Fumihito A., Miyake T., Sumi S., Takada M., Ohno S., Kondo N. One subspecies of the red junglefowl (*Gallus gallus*) suffices as the matriarchic ancestor of all domestic breeds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1994; 91(26): 12505–12509. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.26.12505>
4. Semenenko M., Kuzminova E., Osepchuk D., Semenenko K., Svistunov A. New integrated system for raising poultry as a factor of increasing its productivity and metabolic status. *BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2023)*. 2024; 84: 01061. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248401061>
5. Gritsenko S.A., Rebezov M.B. Evaluation of the linearity of the relationships between the ontogenesis indicators and the productive qualities of the commercial herd of meat cross poultry. *Vse o myase*. 2024; (3): 54–60 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
6. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. The relationship between the growth indicators of the commercial livestock of meat poultry in different periods of ontogenesis. *Vse o myase*. 2024; (2): 40–45 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-2-40-45>
7. Larkina T.A. *et al.* Evolutionary Subdivision of Domestic Chickens: Implications for Local Breeds as Assessed by Phenotype and Genotype in Comparison to Commercial and Fancy Breeds. *Agriculture*. 2021; 11(10): 914. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100914>
8. Korshunova L.G., Karapetyan R.V. Preservation and Monitoring of the Gene Pool of Russian Chicken Breeds. *Ptitsvodstvo*. 2021; (3): 9–12 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-3-9-12>
9. Stolpovsky Yu.A. The concept and principles of genetic monitoring for *in situ* conservation of breeds of domesticated animals. *Agricultural biology*. 2010; 45(6): 3–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/nbkqyp>
10. Makarova A.V., Vakhrameev A.B., Meftah I.A. Comparative characteristics of the growth and development of meatstock and egg-meat chickens. *Agrarian science*. 2020; (11–12): 29–32 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-29-32>
11. Yurochka S.S., Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Bazaev S.O., Komkov I.V. Review of researches and technologies applicable to digitalization of the process of assessing the exterior of meat and dairy animals. *Agrarian science*. 2024; (4): 114–122 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
12. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B., Vidyakin Yu.Yu. Dynamics of indicators of linear growth and physique indices of marketable young beef poultry depending on live weight at day old. *Agrarian science*. 2023; 1(10): 68–72 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-68-72>
13. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. Factorial dispersion of ontogenesis indicators on productive qualities of commercial poultry flock of meat cross. *Vse o myase*. 2024; (4): 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>
14. Galpern I.L. New principles of creating domestic chicken crosses. *Ptitsvodstvo*. 2002; (1): 10–13 (in Russian). <https://elibrary.ru/uxolct>
15. Anisimova V., Silin E., Naumova L. Evaluation of meat chickens by growth rate and feed conversion. *Ptitsvodstvo*. 1999; (4): 23 (in Russian).
16. Selezneva M.S., Salina M.N., Yezhikova M.I., Popkova K.I. Dynamics of indices of body and absolute weight of broiler cross Ross 308 in the age aspect. *Uchenyye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017; (2): 56–59 (in Russian). <https://elibrary.ru/ztkmp>

17. Emanuylova Z.V., Egorova A.V., Komarov A.A., Efimov D.N. New maternal line of the Cornish breed of the "Smena" selection and genetic center. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference*. 2021; 262: 02003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126202003>
18. Гальперн И.Л. Селекционно-генетические проблемы развития яичного и мясного птицеводства в XXI веке. *Генетика и разведение животных*. 2015; (3): 22–29. <https://elibrary.ru/unsqzw>
19. Буяров В.С., Ройтер Я.С., Кавтарашвили А.Ш., Червонова И.В., Буяров А.В. Оценка племенных качеств сельскохозяйственной птицы яичного направления продуктивности (обзор). *Вестник аграрной науки*. 2019; (4): 46–55. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2019.4.46>
20. Соколова А.Н. Генетико-селекционные методы создания популяции кур с повышенной устойчивостью к неоплазмам. *Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук*. СПб. 1999; 300.
21. Соколова А.Н. Селекция кур по функции терморегуляции и продуктивности. *Сборник трудов XIII Всемирного конгресса по птицеводству*. Киев. 1966; 151–155.
22. Фисинин В.И., Кавтарашвили А.Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение II. Методы и способы профилактики и смягчения (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2015; 50(4): 431–443. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.4.431rus>
23. Коновалова Е.Л. Технология выращивания кур, свободных от возбудителей инфекционных болезней, и их использование при диагностике вирусных заболеваний. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук*. Троицк. 2002; 156. <https://elibrary.ru/qdrdbj>
24. Somes R.G. International Registry of Poultry Genetic Stocks. Bulletin 476. Storrs, Connecticut: *Storrs Agricultural Experiment Station*. 1988; x: 98.
25. Катеринич О.А. Сравнительная характеристика кур разных генотипов по показателям экстерьера и телосложения. *Проблемы современной науки*. 2014; 12(1): 81–86. <https://elibrary.ru/tajlqj>
26. Азовцева А.И., Щербаков Ю.С., Вахрамеев А.Б., Деметиева Н.В., Фёдорова З.Л., Позовникова М.В. Анализ селекционного прогресса в популяциях царской породы кур на основании экстерьерных данных. *Достижения науки и техники АПК*. 2024; 38(5): 21–28. <https://elibrary.ru/hhgrdd>
27. Егорова А.В. Экстерьерные признаки мясных кур. *Птицеводство*. 2018; (7): 9–11. <https://elibrary.ru/ynjukl>
28. Willems O.W., Miller S.P., Wood B.J. Aspects of selection for feed efficiency in meat producing poultry. *World's Poultry Science Journal*. 2013; 69(1): 77–88. <https://doi.org/10.1017/S004393391300007X>

ОБ АВТОРАХ

- Татьяна Александровна Ларкина**
кандидат биологических наук, младший научный сотрудник
tanya.larkina2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>
- Анатолий Борисович Вахрамеев**
старший научный сотрудник
ab_poultry@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5166-979X>
- Ольга Игоревна Станишевская**
доктор биологических наук, главный научный сотрудник
olgastan@list.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9504-3916>
- Елена Сергеевна Фёдорова**
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
osot2005@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-1618-6271>
- Наталья Викторовна Деметиева**
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
dementevan@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0210-9344>
- Юрий Сергеевич Щербаков**
кандидат биологических наук, младший научный сотрудник
yura.10.08.94.94@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6434-6287>
- Марина Владимировна Позовникова**
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
pozovnikova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8658-2026>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»,

Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

17. Emanuylova Z.V., Egorova A.V., Komarov A.A., Efimov D.N. New maternal line of the Cornish breed of the "Smena" selection and genetic center. *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference*. 2021; 262: 02003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126202003>
18. Galpern I.L. Selection-genetic problems of development of egg and meat-type poultry production in XXI century. *Genetics and breeding of animals*. 2015; (3): 22–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/unsqzw>
19. Buyarov V.S., Roiter Ya.S., Kavtarashvili A.Sh., Chervonova I.V., Buyarov A.V. Assessment of breeding qualities of agricultural poultry of egg direction productivity (review). *Bulletin of agrarian science*. 2019; (4): 46–55 (in Russian). <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2019.4.46>
20. Sokolova A.N. Genetic breeding methods for creating a population of chickens with increased resistance to neoplasms. *Dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences*. St. Petersburg. 1999; 300 (in Russian).
21. Sokolova A.N. Selection of chickens for thermoregulation function and productivity. *collected papers of the XIII World Poultry Congress*. Kyiv. 1966; 151–155 (in Russian).
22. Fisinin V.I., Kavtarashvili A.Sh. Heat stress in poultry. II. Methods and techniques for prevention and alleviation (review). *Agricultural biology*. 2015; 50(4): 431–443. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.4.431eng>
23. Konovalova E.L. The technology of growing chickens free of infectious disease pathogens and their use in the diagnosis of viral diseases. *Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences*. Troitsk. 2002; 156 (in Russian). <https://elibrary.ru/qdrdbj>
24. Somes R.G. International Registry of Poultry Genetic Stocks. Bulletin 476. Storrs, Connecticut: *Storrs Agricultural Experiment Station*. 1988; x: 98.
25. Katerinich O.A. Comparative characteristics of chickens of different genotypes by exterior and body type indicators. *Problemy sovremennoy nauki*. 2014; 12(1): 81–86 (in Russian). <https://elibrary.ru/tajlqj>
26. Azovtseva A.I., Shcherbakov Yu.S., Vakhrameev A.B., Dementieva N.V., Fedorova Z.L., Pozovnikova M.V. Analysis of selection progress in populations of the Tsarskoye Selo breed of chickens based on exterior data. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2024; 38(5): 21–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/hhgrdd>
27. Egorova A.V. The exterior traits in broiler breeders. *Ptitsevodstvo*. 2018; (7): 9–11 (in Russian). <https://elibrary.ru/ynjukl>
28. Willems O.W., Miller S.P., Wood B.J. Aspects of selection for feed efficiency in meat producing poultry. *World's Poultry Science Journal*. 2013; 69(1): 77–88. <https://doi.org/10.1017/S004393391300007X>

ABOUT THE AUTHORS

- Tatyana Alexandrovna Larkina**
Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher
tanya.larkina2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>
- Anatoly Borisovich Vakhrameev**
Senior Researcher
ab_poultry@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5166-979X>
- Olga Igorevna Stanishevskaya**
Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher
olgastan@list.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9504-3916>
- Elena Sergeevna Fedorova**
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
osot2005@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-1618-6271>
- Natalia Viktorovna Dementieva**
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
dementevan@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0210-9344>
- Yuri Sergeevich Shcherbakov**
Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher
yura.10.08.94.94@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6434-6287>
- Marina Vladimirovna Pozovnikova**
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
pozovnikova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8658-2026>

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,

55A Moscow highway, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

Г.С.Мазина¹ ✉
А.А. Кузьмин¹
Е.А. Йылдырым^{2, 3}

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия
²ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург, Россия
³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ g.mazina.psk@fncl.ru

Поступила в редакцию: 24.09.2024
Одобрена после рецензирования: 12.11.2024
Принята к публикации: 26.11.2024
© Мазина Г.С., Кузьмин А.А., Йылдырым Е.А.

Galina S. Mazina¹ ✉
Andrey A. Kuzmin¹
Elena A. Yildirim^{2, 3}

¹Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia
²"BIOTROF+" Ltd., Saint-Petersburg, Russia
³St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Saint-Petersburg, Russia

✉ g.mazina.psk@fncl.ru

Received by the editorial office: 24.09.2024
Accepted in revised: 12.11.2024
Accepted for publication: 26.11.2024
© Mazina G.S., Kuzmin A.A., Yildirim E.A.

Влияние БАД в весенних подкормках на плодovitость пчелиных маток и медопродуктивность пчелосемей

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Исследования обуславливаются необходимостью изыскания биологически активных добавок нового поколения для улучшения работы репродуктивной функции пчелиных маток и повышения медопродуктивности пчелосемей.

Методы. Исследования проводились в 2022–2023 гг. на опытной пасеке Федерального научного центра лубяных культур Псковской области. Контрольная группа I в качестве подкормки получала 40%-ный раствор сахарозы. Опытная группа II получала 40%-ный раствор сахарозы с дополнительным введением «Арабиногалактана» 98,7% и серебра 1,3% в дозе 2 мг/кг живой массы пчел. Опытная группа III получала 40%-ный раствор сахарозы с дополнительным введением биологически активной добавки «ЭкстраКор» в дозе 2 мг/кг живой массы пчел. Оценку качества натурального пчелиного меда проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 19792-2001 и ГОСТ Р 52451-2005.

Результаты. В результате проведенных исследований было установлено, что добавление в 40%-ный раствор сахарозы экспериментальной БАД «Арабиногалактан» (98,7%) с серебром (1,3%) достоверно повлияло на увеличение яйценоскости маток на 12,9%, что подействовало на более быстрое развитие семей и выход товарного меда, который увеличился на 36,8%. Добавление в 40%-ный раствор сахарозы биологически активной добавки «ЭкстраКор» привело к увеличению яйценоскости маток на 13,4%, прибавка по выходу товарного меда составила 32,7%.

Ключевые слова: БАД, «ЭкстраКор», «Арабиногалактан», плодovitость, пчелиная матка, медопродуктивность

Для цитирования: Мазина Г.С., Кузьмин А.А., Йылдырым Е.А. Влияние БАД в весенних подкормках на плодovitость пчелиных маток и медопродуктивность пчелосемей. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 84–88.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-84-88>

The effect of dietary supplements in spring top dressing on the fertility of queen bees and honey productivity of bee colonies

ABSTRACT

Relevance. The research is conditioned by the need to find biologically active additives of a new generation to improve the reproductive function of queen bees and increase the honey productivity of bee colonies.

Methods. The research was conducted in 2022–2023 at the experimental apiary of the Federal Scientific Center for Bast Crops of the Pskov region. Control group I received a 40% sucrose solution as a top dressing. Experimental group II received a 40% sucrose solution with additional administration of 98.7% "Arabinogalactan" and 1.3% silver at a dose of 2 mg/kg of live weight of bees. Experimental group III received a 40% sucrose solution with additional administration of the biologically active additive "ExtraCor" at a dose of 2 mg/kg of live weight of bees. The quality assessment of natural bee honey was carried out in accordance with the requirements of GOST 19792-2001 and GOST R 52451-2005.

Results. As a result of the conducted studies, it was found that the addition of experimental dietary supplement "Arabinogalactan" (98.7%) with silver (1.3%) to a 40% sucrose solution significantly affected the increase in the egg production of queens by 12.9%, which affected the faster development of families and the yield of commercial honey, which increased by 36.8%. The addition of the biologically active additive "ExtraCor" to a 40% sucrose solution led to an increase in the egg production of queens by 13.4%, an increase in the yield of commercial honey was 32.7%.

Key words: BAS, "ExtraCor", "Arabinogalactan", fertility, queen bee, honey productivity

For citation: Mazina G.S., Kuzmin A.A., Yildirim E.A. The effect of dietary supplements in spring top dressing on the fertility of queen bees and honey productivity of bee colonies. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 84–88 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-84-88>

Введение/Introduction

В последние годы наблюдается резкий рост массовой гибели пчелиных семей, которая наносит большой экономический и экологический ущерб [1]. Он обусловливается разными причинами, элиминирующая эффективность которых зависит от паразитарных и инфекционных заболеваний, от внутривидовой гибридизации и бесконтрольного применения пестицидов [2, 3], экологической ситуации, физиологического состояния и нарушения среды обитания пчел [4–6], а также при нарушении микробиома кишечника и распространения патогенов при перевозке большого количества пчелиных семей [7, 8].

Продуктивность и зимостойкость пчелиных семей на северо-западе России зависят во многом от силы семьи, которая определяется в основном плодовитостью пчелиных маток. В связи с этим для стимуляции репродуктивной функции пчелиных маток перспективным является использование различных биологически активных добавок (БАД). В последние годы нашли широкое применение в пчеловодстве такие БАД, как полизин, мелакрил, сукцинат хитозана и др. [9].

В исследованиях установлена высокая эффективность применения «Дигидрокверцетина» (ДКВ) и «Арабиногалактана» (АГ), способствующих повышению продуктивности и устойчивости животных к различным заболеваниям [10]. Применение «Дигидрокверцетина» и «Арабиногалактана» в пчеловодстве положительно влияет на увеличение продолжительности жизни и улучшение физиологического состояния [11].

Стимулирующие эффекты БАД связаны с усилением пищеварительных, синтетических и обменных функций желудочно-кишечного тракта, регуляции механизмов газообмена и обмена энергии. Активизируя физиологические процессы, они могут косвенно влиять на восстановление нарушенных процессов, усиливать функции организма, увеличивая его сопротивляемость к повреждающим воздействиям и развитию патологических процессов, тем самым повышая иммунитет, сохранность и продуктивность животных [12–14].

В период весенне-летнего сезона пчелосемьи должны быть готовы к сбору меда, а это значит, что они всегда должны быть сильными, здоровыми и с большим количеством летной пчелы. Для решения этой проблемы пчеловод должен обеспечить пчелосемьи благоприятными условиями для более быстрого наращивания молодой пчелы. С этой целью впервые были изучены экспериментальные кормовые добавки смеси «Арабиногалактана» с серебром и регулятором роста «ЭкстраКор».

«ЭкстраКор» (АО «Аметис», Россия) — препарат растительного происхождения на основе натуральных экстрактов, полученных путем переработки из коры лиственницы даурской (лиственницы Гмелины), для сельскохозяйственных животных и птицы, применяется в растениеводстве как регулятор роста. Препарат обладает широким спектром физиологической активности, является высокоэффективным антидотом [15]. Применение экстракта коры лиственницы увеличивает прирост живой массы, повышает резистентность организма [16].

«Арабиногалактан» — природный водорастворимый полисахарид, экстрагируемый из древесины лиственницы, обладает разнообразным спектром биологических свойств, широко используется в различных отраслях промышленности и животноводстве [12].

Цель исследования — изучить влияние БАД «Арабиногалактан» (98,7%) с серебром (1,3%) и препарата «ЭкстраКор» в весенних подкормках на плодовитость маток и медопродуктивность семей.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 2022–2023 гг. на опытной пасеке Федерального научного центра лубяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЛК, Псковский р-н, Псковская обл., Россия).

Для проведения опыта на стационарной пасеке методом аналогов были подобраны пчелиные семьи (помеси карпатской и среднерусской породы), имеющие маток-сестер одного возраста, равные по количеству занимаемых улочек, количеству рамок печатного расплода, корма. Пчелиные семьи на пасеке содержались в 14 рамочных ульях. Из них были сформированы контрольные и опытные группы.

В 2022 году опыт проводился в 3-кратной повторности, в 2023-м — в 4-кратной.

Контрольная группа I в качестве подкормки получала 40%-ный раствор сахарозы, опытная группа II — 40%-ный раствор сахарозы с дополнительным введением «Арабиногалактана» 98,7% и серебра 1,3% (АО «Аметис», Россия) в дозе 2 мг/кг живой массы пчел., опытная группа III — чистый 40%-ный раствор сахарозы с добавлением препарата «ЭкстраКор» в дозе 2 мг/кг живой массы пчел.

За период исследований были проведены по 12 подкормок пчелиных семей опытных и контрольной групп с интервалом в 3 суток. Разовая доза раствора на семью составляла 200 мл 40%-ной сахарозы и БАД согласно вариантам опыта.

Влияние БАД в весенних подкормках пчелосемей на плодовитость маток оценивали путем подсчета количества запечатанных ячеек в семьях через каждые 12 суток (период развития пчел от предкуколки до стадии имаго). Для подсчета использовали рамку-сетку с квадратами 5 × 5 см, вмещающими 100 пчелиных ячеек с расплодом¹.

Медопродуктивность определяли путем взвешивания откачанного меда от каждой семьи отдельно. Оценку качества натурального пчелиного меда проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 19792-2001² и ГОСТ Р 52451-2005³.

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Office Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При изучении влияния БАД в весенних подкормках с 23 апреля по 29 мая 2022 года на репродуктивную функцию пчелиных маток достоверно установили их положительное влияние.

При анализе данных установлено, что самая высокая яйценоскость маток в первом учетном периоде была во втором варианте опыта и составила в среднем по семьям 1573 яйца в сутки, что на 8,6% больше, чем на контроле (табл. 1).

Во втором учетном периоде максимальная яйценоскость маток была в опытной группе III и составила в среднем по группе на семью 2266 яиц в сутки, что на 28,6% больше, чем на контроле. В третьем учетном периоде была самая высокая яйценоскость маток по всем

¹ Шагун Я.Л. Методические указания к постановке экспериментов в пчеловодстве. М.: Россельхозакадемия. 2000; 10.

² ГОСТ 19792-2001 Мед натуральный. Технические условия.

³ ГОСТ Р 52451-2005 Меды монофлорные. Технические условия.

Таблица 1. Влияние БАД на плодовитость маток в пчелиных семьях в весенний период 2022 г. (в среднем на одну семью)
Table 1. The effect of dietary supplements on the fertility of queens in bee colonies in the spring period for 2022 (on average per family)

Вариант опыта	Количество яиц, отложенных за 12 дней, шт.				В среднем за сутки, шт. (по периодам)			Всего расплода за время проведения опыта
	23.04 (начало опыта)	05.05	17.05	29.05	05.05	17.05	29.05	
Контрольная группа I								
среднее	13 342	17 370	21 146	27 439	1448	1762	2287	65 955
%					100			
Опытная группа II								
среднее	13 090	18 880	25 425	32 473	1573	2119	2706	76 778
%					+8,6	+20,3	+18,3	+16,4
Опытная группа III								
среднее	12 838	18 628	27 187	31 215	1552	2266	2601	77 030
%					+7,2	+28,6	+13,7	+16,8
Наименьшая существенная разница (НСР) _{0,05} = 247 шт. (3,7%)								

Наименьшая существенная разница (НСР)_{0,05} = 247 шт. (3,7%)

Таблица 2. Влияние БАД на плодовитость маток в пчелосемьях в весенний период 2023 г. (в среднем на одну семью)
Table 2. The effect of dietary supplements on the fertility of queens in bee colonies in the spring of 2023 (on average per family)

Вариант опыта	Количество яиц, отложенных за 12 дней, шт.				В среднем за сутки, шт. (по периодам)			Всего расплода за время проведения опыта
	12.04 (начало опыта)	24.04	06.05	18.05	24.04	06.05	18.05	
Контрольная группа I								
среднее	1133	8874	10573	14160	739	881	1180	33 606
%					100			
Опытная группа II								
среднее	1321	10 196	11 328	14 160	850	944	1180	35 683
%					+15,0	+7,2	0,0	+6,2
Опытная группа III								
среднее	1132	11 328	12 083	12 461	944	1007	1039	35 872
%					+27,7	+14,3	-11,9	+6,7
(HCP) _{0,05} = 125 шт. (3,9%)								

(НСР)_{0,05} = 125 шт. (3,9%)

группам, однако самая большая — в опытной группе II (2706 яиц в сутки), что на 18,3% больше в сравнении с контролем.

Использование в подкормках пчелиных семей «Арабиногалактана» с серебром способствовало увеличению яйценоскости маток на 16,4% по отношению к контролю, что позволило увеличить силу семьи на 10 823 молодые пчелы. Наибольшее влияние на репродуктивную функцию маток было отмечено в семьях, где в качестве БАД применяли «ЭкстраКор», здесь сила семьи в сравнении с контролем увеличилась на 16,8%, или на 11 045 молодых пчел.

В 2023 году, согласно данным (табл. 2), добавление исследуемых БАД в весеннюю подкормку пчелосемей способствовало резкому увеличению яйценоскости пчелиных маток к первому учетному периоду.

Так, при применении в подкормке пчелосемей «Арабиногалактана» с серебром яйценоскость маток к первому учетному периоду была на 15% выше, чем при подкормке чистой 40%-ной сахарозой. Во втором учетном периоде яйценоскость маток по отношению к контролю снизилась и составила в среднем по группе 944 яйца в сутки, что больше на 7,2%, чем на контроле. К моменту завершения учетов средняя яйценоскость маток в опытной группе с «Арабиногалактом» и серебром была на одном уровне с контролем — 1180 яиц в сутки.

Максимальная разница яйценоскости маток по отношению к контролю отмечена в первом учетном периоде в опытной группе III с использованием «ЭкстраКор» — 27,7%. Дальнейшее применение в подкормках

Таблица 3. Влияние БАД на плодовитость маток в пчелиных семьях за 2022–2023 гг. (в среднем на одну семью)
Table 3. The effect of dietary supplements on the fertility of queens in bee colonies in 2022–2023 (on average per family)

Варианты опыта	Количество яиц, шт.						Всего расплода, шт.
	отложенных за 12 дней			в среднем за сутки (по периодам)			
	I	II	III	I	II	III	
Контрольная группа I							
среднее	13 122	15 860	20 799	1094	1322	1733	49 781
%				100			
Опытная группа II							
среднее	14 538	18 376	23 317	1212	1531	1943	56 231
%	+10,8	+15,8	+12,1	+10,8	+15,8	+12,1	+12,9
Опытная группа III							
среднее	14 978	19 635	21 838	1248	1636	1820	56 451
%				+14,1	+23,8	+5,0	+13,4

пчелосемей данного препарата привело к тому, что к последнему учетному периоду яйценоскость маток в опытной группе III была в среднем на 11,9% ниже, чем в контрольной группе I.

Всего за период исследования в опытной группе с «Арабиногалактом» и серебром получено в среднем на одну пчелосемью 35 683 яйца, что на 2077 яиц (или на 6,2%) больше, чем в контрольной группе I. В варианте с добавлением в 40%-ную сахарозу препарата «ЭкстраКор» получено на 2266 яиц (или на 6,7%) больше пчелиного расплода, чем в контрольной группе I.

За 2 года проведения исследований применение «Арабиногалактана» с серебром и препарата «ЭкстраКор» в весенних подкормках пчелосемей способствовало повышению яйценоскости пчелиных маток в среднем на 12,9% и 13,4% соответственно (табл. 3).

Благодаря добавлению в подкормки БАД в весенний период в течение 2 лет удалось получить в среднем на семью дополнительно по группе, где применяли «Арабиногалактан» с серебром, 12 900 молодых пчел, с «ЭкстраКор» — 13 311.

Мед является одним из основных продуктов в пчеловодстве, который обладает антиоксидантными и противомикробными свойствами [17]. Изучение влияния БАД на медовую продуктивность пчелосемей показало, что средний выход товарного меда на одну пчелосемью в среднем за год в опытной группе II составил 45,5 кг, что на 11,3 кг больше, чем на контроле (рис. 1).

Рис. 1. Продуктивность пчелосемей при использовании БАД в весенних подкормках за 2022 год: НСР_{0,05} = 3,4 кг; точность опыта, m% = 4,2%; контрольная группа I — 40%-ный раствор сахарозы, опытная группа II — 40%-ный раствор сахарозы + «Арабиногалактан» (98,7% + серебро 1,3%) в дозе 2 мг/кг живой массы пчел, опытная группа III — 40%-ный раствор сахарозы + «ЭкстраКор» в дозе 2 мг/кг живой массы пчел

Fig. 1. Productivity of bee colonies when using dietary supplements in spring top dressing for 2022: HCR_{0.05} = 3.4 kg; experimental accuracy, m% = 4.2%; control group I — 40% sucrose solution, experimental group II — 40% sucrose solution + "Arabinogalactan" (98.7% + silver 1.3%) at a dose of 2 mg / kg of live weight of bees, experimental group III — 40% sucrose solution + "ExtraCor" at a dose of 2 mg/kg of live weight of bees

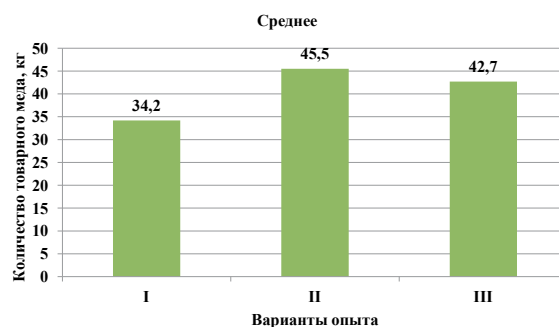
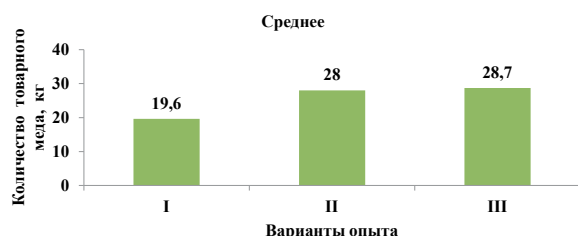


Рис. 2. Продуктивность пчелосемей при использовании БАД в весенних подкормках за 2023 год: НСР_{0,05} = 5,8 кг; точность опыта, $m\%$ = 7,0%; контрольная группа I — 40%-ный раствор сахарозы; опытная группа II — 40%-ный раствор сахарозы + «Арабиногалактан» (98,7% + серебро 1,3%) в дозе 2 мг/кг живой массы пчел; опытная группа III — 40%-ный раствор сахарозы + «ЭкстраКор» в дозе 2 мг/кг живой массы пчел

Fig. 2. Productivity of bee colonies when using dietary supplements in spring top dressing for 2023: НСР_{0,05} = 5.8 kg; experimental accuracy, $m\%$ = 7.0%; control group I — 40% sucrose solution; experimental group II — 40% sucrose solution + "Arabinogalactan" (98.7% + silver 1.3%) at a dose of 2 mg/kg of live weight of bees; experimental group III — 40% sucrose solution + "ExtraCor" at a dose of 2 mg/kg of live weight of bees



В опытной группе III выход товарного меда составил в среднем по семьям 28,7 кг, что на 8,5 кг больше, чем на контроле.

Больше всего товарного меда было получено в опытной группе II, где применяли в весенних подкормках «Арабиногалактан» с серебром в дозе 2 мг/кг живой массы пчел, здесь в сравнении с контрольной группой было получено дополнительно в среднем на одну семью по 11,3 кг меда.

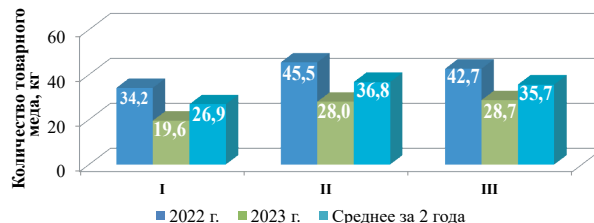
В результате анализа полученных данных по медовой продуктивности пчелосемей в 2023 году было установлено, что выход товарного меда в среднем с пчелиной семьи в контрольной группе I составил 19,6 кг (рис. 2), в то в то время как в опытной группе II — 28 кг, а в опытной группе III с «ЭкстраКор» — 28,7 кг, что на 8,4 кг и 9,1 кг больше, чем при подкормке пчелосемей 40%-ной сахарозой, при НСР_{0,05} = 5,8 кг.

Анализ данных о применении БАД в ранних весенних подкормках пчелиных семей свидетельствует о достоверном их влиянии на увеличение медовой продуктивности опытных пчелосемей.

В результате проведенных исследований в течение 2 лет было установлено, что выход товарного меда в опытной группе II, где применяли «Арабиногалактан»

Рис. 3. Продуктивность пчелосемей при использовании БАД в весенних подкормках за 2022–2023 гг.: НСР_{0,05} = 4,6 кг; точность опыта, $m\%$ = 5,6%; контрольная группа I — 40%-ный раствор сахарозы; опытная группа II — 40%-ный раствор сахарозы + «Арабиногалактан» (98,7% + серебро 1,3%) в дозе 2 мг/кг живой массы пчел; опытная группа III — 40%-ный раствор сахарозы + «ЭкстраКор» в дозе 2 мг/кг живой массы пчел

Fig. 3. Productivity of bee colonies when using dietary supplements in spring top dressing for 2022–2023: НСР_{0,05} = 4.6 kg; experimental accuracy, $m\%$ = 5.6%; control group I — 40% sucrose solution; experimental group II — 40% sucrose solution + "Arabinogalactan" (98.7% + silver 1.3%) at a dose of 2 mg/kg of live weight of bees; experimental group III — 40% sucrose solution + "ExtraCor" at a dose of 2 mg/kg of live weight of bees



и серебро, в среднем по семьям составил 36,8 кг, разница с контрольной группой I составила 9,9 кг товарного меда (рис. 3).

В опытной группе III было получено 35,7 кг товарного меда, в контрольной группе I — 26,9 кг, существенная разница составила 8,8 кг при НСР_{0,05} = 4,6 кг. Больше всего товарного меда получено в опытной группе II. Это говорит о том, что добавление «Арабиногалактана» (98,7% + серебро 1,3%) в дозе 2 мг/кг живой массы пчел в весенних подкормках было самым эффективным.

Выводы/Conclusion

В результате исследований установлено, что добавление в 40%-ный раствор сахарозы изучаемых БАД «Арабиногалактан» (98,7%) с серебром (1,3%) в дозе 2 мг/кг и «ЭкстраКор» в дозе 2 мг/кг живой массы пчел. Добавление «Арабиногалактана» (98,7%) с серебром (1,3%) достоверно повлияло на увеличение яйценоскости маток на 12,9%, а выход товарного меда увеличился на 36,8%. Добавление в 40%-ный раствор сахарозы биологически активной добавки «ЭкстраКор» привело к увеличению яйценоскости маток на 13,4%, прибавка по выходу товарного меда составила 32,7%.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2024-0001).

FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Bast Crops" (topic No. FGSS-2024-0001).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zayed A. Bee genetics and conservation. *Apidologie*. 2009; 40(3): 237–262. <https://doi.org/10.1051/apido/2009026>
2. Cornman R.S. et al. Pathogen Webs in Collapsing Honey Bee Colonies. *PLoS ONE*. 2012; 7(8): e43562. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043562>
3. Genersch E., Evans J.D., Fries I. Honey bee disease overview. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2010; 103(S): S2–S4. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.015>
4. Bartomeus I., Park M.G., Gibbs J., Danforth B.N., Lakso A.N., Winfree R. Biodiversity ensures plant-pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecology Letters*. 2013; 16(11): 1331–1338. <https://doi.org/10.1111/ele.12170>
5. López-Urbe M.M., Soro A., Jha S. Conservation genetics of bees: advances in the application of molecular tools to guide bee pollinator conservation. *Conservation Genetics*. 2017; 18(3): 501–506. <https://doi.org/10.1007/s10592-017-0975-1>
6. Cameron E.C., Franck P., Oldroyd B.P. Genetic structure of nest aggregations and drone congregations of the southeast Asian stingless bee *Trigona collina*. *Molecular Ecology*. 2004; 13(8): 2357–2364. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02194.x>

REFERENCES

1. Zayed A. Bee genetics and conservation. *Apidologie*. 2009; 40(3): 237–262. <https://doi.org/10.1051/apido/2009026>
2. Cornman R.S. et al. Pathogen Webs in Collapsing Honey Bee Colonies. *PLoS ONE*. 2012; 7(8): e43562. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043562>
3. Genersch E., Evans J.D., Fries I. Honey bee disease overview. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2010; 103(S): S2–S4. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.015>
4. Bartomeus I., Park M.G., Gibbs J., Danforth B.N., Lakso A.N., Winfree R. Biodiversity ensures plant-pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecology Letters*. 2013; 16(11): 1331–1338. <https://doi.org/10.1111/ele.12170>
5. López-Urbe M.M., Soro A., Jha S. Conservation genetics of bees: advances in the application of molecular tools to guide bee pollinator conservation. *Conservation Genetics*. 2017; 18(3): 501–506. <https://doi.org/10.1007/s10592-017-0975-1>
6. Cameron E.C., Franck P., Oldroyd B.P. Genetic structure of nest aggregations and drone congregations of the southeast Asian stingless bee *Trigona collina*. *Molecular Ecology*. 2004; 13(8): 2357–2364. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02194.x>

7. Audisio M.C., Torres M.J., Sabatè D.P., Ibarguren C., Apella M.C. Properties of different lactic acid bacteria isolated from *Apis mellifera* L. bee-gut. *Microbiological Research*. 2011; 166(1): 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2010.01.003>
8. Ilyasov R., Gaifullina L., Saltykova E., Poskryakov A., Nikolenko A. Review of the Expression of Antimicrobial Peptide Defensin in Honey Bees *Apis Mellifera* L. *Journal of Apicultural Science*. 2012; 56(1): 115–124. <https://doi.org/10.2478/v10289-012-0013-y>
9. Еськов Е.К., Ушарнов Д.О., Ярошевич Г.С. Сравнительное изучение влияния биологических препаратов и ультрадисперсного селена на плодovitость пчелиных маток. *Аграрная Россия*. 2012; (12): 11–13. <https://elibrary.ru/tmvlkv>
10. Фомичев Ю.П. и др. Нормализация метаболизма и повышение качества молока у первотелок в транзитный период. *Достижения науки и техники АПК*. 2012; (8): 31–33. <https://elibrary.ru/psybgj>
11. Еськов Е.К., Ярошевич Г.С., Кострова Г.А., Мазина Г.С., Кузьмин А.А. Влияние биофлавоноида (дигидрокверцетина) на продолжительность жизни и физиологическое состояние гибридов (F1) итальянской популяции пчел. *Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (3): 2–8. <https://elibrary.ru/yoqzqj>
12. Фомичев Ю.П., Никанова Л.А. Дигидрокверцетин и арабиногалакта — природные биорегуляторы, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. *Актуальная биотехнология*. 2019; (3): 279–283. <https://elibrary.ru/rqsphi>
13. Никанова Л.А., Фомичев Ю.П. Использование экстракта коры лиственницы в кормлении свиней. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2024; (1): 131–136. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202401019>
14. Фомичев Ю.П. Эффективность комплексного применения антиоксиданта «Дигидрокверцетин» и пребиотика «Арабиногалактан» при выращивании телят в молочный период. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2021; (4): 47–55. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202104007>
15. Иванова С.З. и др. Флавоноидные соединения коры лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина. *Химия растительного сырья*. 2002; (4): 5–13. <https://elibrary.ru/hwingn>
16. Аминова А.Л., Юмагузин И.Ф., Шарифьянов Б.Г., Колесник А.Б. Эффективность применения экстракта коры лиственницы в качестве кормовой добавки для телят. *Аграрная наука*. 2023; (6): 45–49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-45-49>
17. DongYun Kang, Ara Seol, JeChang Oh, YoonKoo Jung, Hee Han, JooSang Chung. Analyzing the Management Characteristics of Beekeeping Households According to Their Beekeeping Types. *Journal of Apiculture*. 2017; 32(1): 1–9 (на кор. яз.). <https://doi.org/10.17519/apiculture.2017.04.32.1.1>

ОБ АВТОРАХ

Галина Степановна Мазина¹

научный сотрудник
g.mazina.psk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5019-4240>

Андрей Андреевич Кузьмин¹

старший научный сотрудник
a.kuzmin.psk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6675-3537>

Елена Александровна Йылдырым^{2, 3}

доктор биологических наук
deniz@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

¹Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, Тверь, 170041, Россия

²ООО «БИОТРОФ+», Загребский бульвар, 19/1, Санкт-Петербург, 192284, Россия

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

7. Audisio M.C., Torres M.J., Sabatè D.P., Ibarguren C., Apella M.C. Properties of different lactic acid bacteria isolated from *Apis mellifera* L. bee-gut. *Microbiological Research*. 2011; 166(1): 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2010.01.003>

8. Ilyasov R., Gaifullina L., Saltykova E., Poskryakov A., Nikolenko A. Review of the Expression of Antimicrobial Peptide Defensin in Honey Bees *Apis Mellifera* L. *Journal of Apicultural Science*. 2012; 56(1): 115–124. <https://doi.org/10.2478/v10289-012-0013-y>

9. Eskov E.K., Usharnov D.O., Yaroshevich G.S. Comparative studying of influence of biological preparations and ultra disperse selenium fruitfulness of queen bees. *Agrarnaya Rossiya*. 2012; (12): 11–13 (in Russian). <https://elibrary.ru/tmvlkv>

10. Fomichev Yu.P. et al. Normalisation of metabolism and increase milk quality in first calving cows during of transition period. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2012; (8): 31–33 (in Russian). <https://elibrary.ru/psybgj>

11. Eskov E.K., Yaroshevich G.S., Kostrova G.A., Mazina G.S., Kuzmin A.A. Influence of bioflavonoid (dihydroquercetin) on life expectancy and physiological state of hybrids (F1) of the Italian bee population. *Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy*. 2018; (3): 2–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/yoqzqj>

12. Fomichev Yu.P., Nikanova L.A. Dihydroquercetin and arabinogalactan are natural bioregulators used in agriculture and the food industry. *Topical biotechnology*. 2019; (3): 279–283 (in Russian). <https://elibrary.ru/rqsphi>

13. Nikanova L.A., Fomichev Yu.P. Use of larch bark extract in feeding pigs. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. 2024; (1): 131–136 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202401019>

14. Fomichev Yu.P. The effectiveness of the complex application of the antioxidant "Dihydroquercetin" and the prebiotic "Arabinogalactan" in the cultivation of calves during the dairy period. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2021; (4): 47–55 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202104007>

15. Ivanova S.Z. et al. Flavonoid compounds of the bark of Siberian larch and Gmelin larch. *Chemistry of plant raw material*. 2002; (4): 5–13 (in Russian). <https://elibrary.ru/hwingn>

16. Aminova A.L., Yumaguzin I.F., Sharifyanov B.G., Kolesnik A.B. Efficiency of using larch bark extract as a feed additive for calves. *Agrarianscience*. 2023; (6): 45–49 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-45-49>

17. DongYun Kang, Ara Seol, JeChang Oh, YoonKoo Jung, Hee Han, JooSang Chung. Analyzing the Management Characteristics of Beekeeping Households According to Their Beekeeping Types. *Journal of Apiculture*. 2017; 32(1): 1–9 (in Korean). <https://doi.org/10.17519/apiculture.2017.04.32.1.1>

ABOUT THE AUTHORS

Galina Stepanovna Mazina¹

Research Associate
g.mazina.psk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5019-4240>

Andrey Andreevich Kuzmin¹

Senior Researcher
a.kuzmin.psk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6675-3537>

Elena Alexandrovna Yildirim^{2, 3}

Doctor of Biological Sciences
deniz@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

¹Federal Scientific Center of Bast Crops: 17/56 Komsomolsky Prospekt, Tver, 170041, Russia

²BIOTROF+ Ltd., 19/1 Zagreb Boulevard, St. Petersburg, 192284, Russia

³St. Petersburg State Agrarian University, 2 Peterburgskoe shosse, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

Природные кормовые добавки из лиственницы даурской



ЛА ИТОЛ®
АРАБИНОГАЛАКТАН

источник растворимых
пищевых волокон

ЭКСТРАКОР
танины из
лиственницы

АО «Аметис»
675000, Амурская область,
г. Благовещенск, ул. Набережная, д. 68
тел: +7(4162)33-34-42,
market@ametis.ru www.ametis.ru

- положительно влияет на продолжительности жизни пчел;
- способствует повышению интенсивности роста животных и птицы;
- способствует оптимальному развитию пищеварительной системы.

- способствует увеличению продолжительности жизни пчел на 16,2%;
- в кормлении поросят и телят стабилизирует работу кишечника, предотвращает диарею;
- улучшает продуктивность.

УДК: 681.7.015.2, 551.501.6, 612.398.192, 614.95

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97

С.О. Шаповалов^{1, 2} ✉Н.П. Буряков¹Е.В. Корнилова²А.В. Жевнеров¹Т.Д. Алтухов^{1, 2}Д.С. Аникина¹

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²ООО Научно-испытательный центр «Черкизово», Москва, Россия

✉ s.shapovalov@cherkizovo.com

Поступила в редакцию: 20.10.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Шаповалов С.О., Буряков Н.П., Корнилова Е.В., Жевнеров А.В., Алтухов Т.Д., Аникина Д.С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97

Sergey O. Shapovalov^{1, 2} ✉Nilolai P. Buryakov¹Elena V. Kornilova²Alexey V. Zhevnerov¹Tristan D. Altukhov^{1, 2}Daria S. Anikina¹

¹Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

²Research and Testing Center Cherkizovo, Moscow, Russia

✉ s.shapovalov@cherkizovo.com

Received by the editorial office: 20.10.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Shapovalov S.O., Buryakov N.P., Kornilova E.V., Zhevnerov A.V., Anikina D. S., Altukhov T.D.

Мониторинг качества инкубационного яйца мясных кроссов импортного и отечественного производства

РЕЗЮМЕ

Проведен мониторинг инкубационных яиц кросса Cobb 500 (Hendrix Genetics), кросса Ross 308 (Aviagen®), кросса «Смена 9» от ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства». Оценены физико-химические показатели и физико-механические свойства скорлупы и выявлены различия в минеральном составе: макро-, микро-, ультрамикроэлементов. Установлены морфометрические и физико-химические константы содержимого инкубационного яйца. Проведено сравнение содержания основных биологически активных веществ и минерального состава белка и желтка. Предложена методика оценки инкубационного яйца для предсказания показателей вывода, основанного на методе главных компонент и диапозонах ранжирования. Получены сведения, применение которых существенно повышает эффективность продуктивных показателей инкубации в мясном птицеводстве при заданных параметрах продуктивности оплодотворенности яиц 95–96,5%, при выводе цыплят от 75 до 85%. Выделены 23–24 показателя, отражающих физические, механические, химические, морфометрические и весовые показатели инкубационных яиц. Рекомендовано использовать ориентировочные референтные значения показателей качества при заданных параметрах продуктивности. Предложено инкубационные яйца грейдировать на четыре грейда (AA, A, B, C) и ранжировать на четыре ранга (I, II, III, IV). Лучший вариант по продуктивности — ранг AA, более значимый показатель — I, менее значимый ранг — IV.

Ключевые слова: инкубационные яйца, мониторинг, качество яйца, кросс, статистические методы

Для цитирования: Шаповалов С.О. и др. Мониторинг качества инкубационного яйца мясных кроссов импортного и отечественного производства. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 89–97.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97>

Monitoring the quality of incubation eggs of meat crosses of imported and domestic production

ABSTRACT

The incubation eggs of the Cobb 500 cross (Hendrix Genetics), Ross 308 cross (Aviagen®), “Smena 9” cross from the All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming were monitored. The physico-chemical parameters and physico-mechanical properties of the shell were evaluated and differences in the mineral composition were revealed: macro-, micro-, ultramicroelements. Morphometric and physico-chemical constants of the incubation egg contents have been established. The content of the main biologically active substances and the mineral composition of protein and yolk were compared. A method for evaluating an incubation egg is proposed for predicting hatch rates based on the principal component method and ranking ranges. Information has been obtained, the use of which significantly increases the efficiency of productive incubation indicators in meat poultry farming with specified parameters of egg fertilization productivity of 95–96.5%, with the hatching of chickens from 75 to 85%. 23–24 indicators reflecting the physical, mechanical, chemical, morphometric and weight indicators of incubation eggs are identified. It is recommended to use approximate reference values of quality indicators for specified productivity parameters. It is proposed to grade incubation eggs into four grades (AA, A, B, C) and rank them into four ranks (I, II, III, IV). The best option in terms of productivity is AA rank, a more significant indicator is I, a less significant rank is IV.

Key words: hatching eggs, monitoring, egg quality, cross, statistical methods

For citation: Shapovalov S.O. *et al.* Monitoring the quality of incubation eggs of meat crosses of imported and domestic production. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 89–97 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97>

Введение/Introduction

Выводимость, сроки вывода, успех выращивания молодня и дальнейшая продуктивность кур в значительной степени зависят от качества инкубационных яиц. На качество яиц влияет целый комплекс разнообразных факторов: возраст несушек, кормление, содержание, микроклимат помещений, состояние здоровья, экстерьер, интерьер, вид, порода, кросс, сроки и условия хранения яйца.

В течение последнего столетия производство, транспортировка и обработка яиц стали специализированной отраслью. Это приводит к поиску новых методов, способов и устройств для измерения параметров качества яиц [1].

На сегодня существуют и традиционно используются: механические методы, которые измеряют свойства яичной скорлупы, такие как наличие трещин и прочность яичной скорлупы; спектроскопические методы, основанные на принципах для внутреннего качества яиц с использованием гиперспектральной информации, предсказывающей свойства белка, pH, единицы Хау, вязкость и др.; сенсорные системы, которые используют методы компьютерного зрения для получения информации о внешней стороне яйца (цвете яичной скорлупы, обнаружении грязной скорлупы, открытых трещинах) [2].

Современные исследования сосредоточены на новых датчиках, основанных на ультразвуковых, магнитно-резонансных и электронных новых методах. Таким образом, путем объединения двух различных методов измерения становятся доступными для оценки другие характеристики (например, проводимость яичной скорлупы). Эти сенсорные устройства используются для отбора стад несушек [3].

Каждый год в мире производится миллиарды суточных цыплят-несушек. Поскольку для производства пищевых яиц выращивают только цыплят-самок, их необходимо определить по полу, а нежелательных цыплят-самцов отбраковать. В то же время в мясном птицеводстве наблюдается противоположная идеология, где самцы цыплят бройлеров демонстрируют большую продуктивность (от 8 до 15%), следовательно, последующая технология выращивания (в том числе и системы кормления) должна быть разной, что с экономической точки зрения оправданно. Отбраковка цыплят-самцов в яичном направлении является серьезной проблемой как с точки зрения благополучия животных, так и утилизации отходов.

Таким образом, бизнесу предложены технологии 3D-цифровой визуализации с применением микроскопической магнитно-резонансной томографии (μ MRI) для удовлетворения этой потребности. В настоящие время они экономически не всегда оправданы, но в будущем с развитием данного направления это, скорее всего, будет неизбежностью [4].

В то же время данные методы открывают значительные перспективы использования куриного эмбриона на раннем эмбриональном этапе эмбриогенеза в качестве альтернативной модели для скрининга тератогенности, так как врожденные пороки развития остаются значимой причиной смерти [5].

Оценки как общего качества яиц, так и здоровья стада несушек могут быть сделаны и использованы для управления стадом с целью исправления проблем до того, как они приведут к большому экономическому или

гигиеническим проблемам. Это повысит общее качество инкубационных яиц и снизит риски для бизнеса, повысив тем самым конкурентоспособность отрасли в целом [6].

Согласно ОСТ 10 329¹, оценка молодняка предполагается только по большинству визуальных показателей. С 1.02.2023 введен в действие ГОСТ Р 70610². Стандарт распространяется на куриные инкубационные яйца, полученные от стада здоровых кур яичных пород и кроссов, предназначенные для производства иммунобиологических препаратов. Термины и определения по инкубационному яйцу изложены в ГОСТ Р 58521³.

В связи с этим разработка системы мониторинга качества инкубационного яйца мясных кроссов с использованием различных методов, приемов позволит стать основой разработки новой методики оценки и в настоящее время является актуальной темой исследования.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Испытания были проведены на базе кафедры кормления животных и в Центре коллективного пользования РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва), НИЦ «Черкизово» (г. Москва), одном из крупных инкубаторов в РФ и Европе «Донской» Группы «Черкизово» эксплуатационной мощностью 240 млн яиц годовой закладки, который находится в Задонском районе Липецкой области Российской Федерации, в 2020–2024 гг.

Объектом исследования были инкубационные яйца двух основных зарубежных кроссов и одного отечественного, от голландского холдинга «Хендрикс Джениетикс» Cobb 500 и британского холдинга Aviagen Group (Aviagen®), с 2020 года. Период проведения испытаний — 3,5 года.

Импорт инкубационного яйца был из семи стран: Испании, Болгарии, Германии, Словакии, Чехии, Турции, Бельгии.

С 2023 года также оценивали инкубационные яйца отечественного производителя кросса «Смена 9» на площадке Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства — ВНИТИП (г. Сергиев Посад, Россия) и на площадках бизнес-партнеров.

В мониторинговых исследованиях были задействованы инкубационные яйца, которые импортируются из различных стран и от основных производителей транснациональных компаний: кросса Ross 308 (импорт), инкубационные яйца, полученные от производителей в РФ (произведенные на территории России) в промышленных условиях на ключевых предприятиях страны. Информацию о показателях продуктивности (выводе, выводимости, оплодотворенности и др.) получали из инкубаторов по партиям с учетом времени на логистику, недели кладки, страны (производителя соответствующего кросса). Показатели кормления родительского стада по фактическим показателям не использовались, так как были приняты за константу: соблюдения как всех технологических параметров, так и обеспечения родителей всеми физиологическими потребностями.

В испытаниях было задействовано современное и технологичное оборудование кафедры кормления животных и Центра коллективного пользования РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева.

Испытания проводились по физическим, механическим, химическим показателям.

¹ ОСТ 10 329-2003 Суточный молодня кур. Технические условия.

² ГОСТ Р 70610-2022 Яйца куриные инкубационные для иммунобиологических производств. Технические условия.

³ ГОСТ Р 58521-2019 Птицеводство. Термины и определения.

На современном цифровом тестере яиц Digital Egg Tester DET-6500 (NABEL Co., Ltd., Kyoto, Japan) изучены физико-механические показатели:

- ед. ХАУ (показатель ед. ХАУ определяет качество согласно концепции доктора Р. Хай (1937 г.), высота плотного белка вокруг желтка в сочетании с весом рассчитывается по формуле: высота плотного белка, вылитого на ровную поверхность яйца, суммируется с весом яйца);
- HU: ед. ХАУ H: высота белка W: вес яйца; $HU = 100 \times \log(H - 1,7W^{0.37} + 7,6)$;
- показатель индекса желтка рассчитывается по формуле:
- высота желтка яйца, разбитого на плоскую поверхность, складывается с диаметром (YI) = YH (высота желтка яйца) / YD диаметр желтка яйца);
- определяли высоту желтка яйца, диаметр желтка яйца на приборе DET-6500 (NABEL Co., Ltd., Kyoto, Japan);
- вес яйца, прочность скорлупы, цвет желтка⁴, толщину скорлупы в трех точках — на приборе DET-6500 (NABEL Co., Ltd., Kyoto, Japan);
- pH белка, желтка измеряли лабораторным pH-метром Mettler Toledo (Швейцария), кислотное число желтка, плотность белка, желтка, индекс формы — классическими методами^{3, 5}.

Все испытания проходили в испытательном центре НИЦ «Черкизово» (г. Москва), аккредитованном по ГОСТ ИСО 17025⁶, аттестат аккредитации № AAC.A.00281⁷.

Исследование проводили в трехкратной повторности, каждая из которых включала по три аналитические повторности в пределах каждого варианта опыта. Все результаты обрабатывали с использованием статистических методов, где рассчитывали среднее, стандартное отклонение, минимум, максимум, коэффициент вариации.

Данные статистические показатели были проанализированы тремя специализированными пакетами: российский статистический Stadia, Statistica (StatSoft Inc., США) и SPSS 22 (Statistical Package for Social Science, США).

В работе использовали технологию бережного обращения с оплодотворенными яйцами SANOVO Hatchery Packer⁸. При проведении испытаний руководствовались Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123)⁹, ГОСТ 34088¹⁰.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный мониторинг и статистический анализ физико-механических свойств скорлупы инкубационного яйца различных кроссов импортного и отечественного производства, отражающих ее прочность, представлен в таблице 1.

Известно, что толщина скорлупы, измеренная под скорлупной оболочкой, и ее масса свидетельствуют не только о генотипе птицы, но и о минерально-витаминном питании птицы. Использование показателя толщины скорлупы применительно к инкубационным яйцам свидетельствует не только об уровне минеральных веществ для развития эмбриона, но и о силе влияния на яйцо при ингибировании температуры, относительной влажности, воздухообмена и т. д. [7–8].

Показатель «толщина скорлупы» классически введен в требования к качеству инкубационных яиц на уровне не менее 330 мкм. Показано, что среднее значение толщины скорлупы находилось на уровне 0,350 мм в диапазоне от 0,328 до 0,378 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 1,62 до 13,07%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 6,8%. Прочность скорлупы яйца, это показатель ее качества, определяемый измерением нагрузки, которую она выдерживает по ее разлому.

Прочность скорлупы целого яйца на разрушение (раздавливание) колеблется в зависимости от ее толщины и радиуса кривизны [8–13]. В среднем для раздавливания скорлупы куриных яиц по продольному (длинному) диаметру необходимо приложить усилие 40–52 Н (ньютон) (4,0–5,2 кгс), а по короткому диаметру — 25–35 Н (2,5–3,5 кгс). Прочность скорлупы имеет небольшую положительную связь с формой яйца. Чем более округлую форму имеет яйцо, чем круче его кривизна (прочность), тем при прочих равных условиях его скорлупа лучше противостоит механическим воздействиям, то есть тем

Таблица 1. Инкубационные качества яйца: статистический анализ физико-механических свойств скорлупы и морфометрических параметров инкубационного яйца

Table 1. Incubation qualities of the egg: statistical analysis of the physical and mechanical properties of the shell and the morphometric parameters of the hatching egg

Кросс	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Прочность скорлупы на растрескивание							
Ross 308	Кгс	5,40	0,27	0,54	4,80	5,90	9,92
Ross 308	Кгс	5,28	0,67	1,50	3,40	7,30	28,42
Cobb 500	Кгс	5,97	0,48	0,84	5,00	6,50	14,06
Cobb 500	Кгс	4,83	1,17	1,02	3,50	6,10	21,11
Смена 9	Кгс	3,53	0,03	0,06	3,50	3,60	1,63
Среднее значение по всем кроссам	Кгс	5,002	0,524	0,992	3,84	5,88	14,90
Толщина скорлупы							
Ross 308	мм	0,32	0,02	0,04	0,28	0,38	13,07
Ross 308	мм	0,34	0,01	0,03	0,32	0,37	7,33
Cobb 500	мм	0,34	0,01	0,01	0,33	0,35	3,36
Cobb 500	мм	0,36	0,00	0,01	0,35	0,36	1,62
Смена 9	мм	0,39	0,02	0,04	0,36	0,43	8,93
Среднее значение по всем кроссам	мм	0,350	0,012	0,026	0,328	0,378	6,862

⁴YolkFan™ dsm-firmenich Essential Products. Measuring egg yolk color. Consumers apply a range of criteria when judging the quality of an egg, from shell strength through freshness and traceability to egg yolk color.

⁵ГОСТ Р 70610-2022 Яйца куриные инкубационные для иммунобиологических производств. Технические условия.

⁶ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Руководства пользователя.

⁷<https://cherkizovolab.ru/about/dokumenty-nic3>

⁸<https://www.sanovopoultry.com/ru/>

⁹Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123).

¹⁰ГОСТ 34088-2017 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными.

выше ее прочность. Этим отчасти объясняется, почему скорлупа реже повреждается на полюсах и у мелких яиц.

В таблице 1 показано, что среднее значение прочности скорлупы на растрескивания яиц находилось на уровне 5 в диапазоне от 3,84 до 5,88 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 1,63 до 28,42%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 14,90%.

Проведенный мониторинг и статистический анализ морфометрических параметров составных частей и изменчивости весовых параметров инкубационного яйца различных кроссов импортного и отечественного производства представлен в таблицах 2–7.

Известно, что с увеличением возраста птицы ухудшаются морфобиохимические и инкубационные качества яиц. Отмечено снижение индекса формы, ед. Хау, индексов белка и желтка, плотности яиц, высоты белка и показателей плотности его фракций. Принято, что показатель ед. ХАУ и индекс желтка — основные индикаторы для определения качества яиц. Показатель ед. ХАУ определяется согласно концепции доктора Р. Хау (1937 г.). Высоту плотного белка вокруг желтка в сочетании с весом определяет показатель ед. ХАУ: чем выше показатель, тем лучше качество яйца [10, 11].

Среднее значение ед. Хау яиц находилось на уровне 69 в диапазоне от 53 до 80 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 7,69 до 27,59%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 16,45%.

Выявлено, что среднее значение высоты белка яиц находилось на уровне 4,4 в диапазоне от 3,6 до 5,2 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 4,2 до 26% (табл. 2).

Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 16,8%.

В таблице 3 показано, что среднее значение высоты желтка яиц находилось на уровне 18 в диапазоне от 16 до 19 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 3,5 до 9%.

Изучен уровень коэффициента вариации, который находился на уровне 6%. Индекс желтка вычисляется делением высоты желтка на диаметр желтка яйца,

Таблица 2. Инкубационные качества яйца: статистический анализ морфометрических параметров составных частей инкубационного яйца (ед. Хау, высота белка)

Table 2. Hatchery qualities of the egg: statistical analysis of the morphometric parameters of the components of the hatching egg (HU unit, protein height)

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Ед. Хау							
Ross 308	ед. Хау	71,58	6,33	14,15	51,80	90,80	19,77
Ross 308	ед. Хау	71,57	3,68	6,37	65,80	78,40	8,90
3 Cobb 500	ед. Хау	74,98	2,58	5,76	65,60	79,90	7,69
Cobb 500	ед. Хау	63,60	7,85	17,55	33,00	73,90	27,59
«Смена 9»	ед. Хау	65,00	5,32	11,91	49,70	77,10	18,32
Среднее значение по всем кроссам	ед. Хау	69,346	5,152	11,148	53,18	80,02	16,454
Высота белка							
Ross 308	мм	4,01	0,47	1,05	2,71	5,57	26,07
Ross 308	мм	4,30	0,37	0,63	3,59	4,81	14,75
Cobb 500	мм	4,42	0,11	0,19	4,28	4,63	4,24
Cobb 500	мм	4,72	0,43	0,74	3,91	5,35	15,61
«Смена 9»	мм	4,77	0,65	1,12	3,77	5,98	23,51
Среднее значение по всем кроссам	мм	4,444	0,406	0,746	3,652	5,268	16,836

разбитого на ровную поверхность. Данный показатель применяется для определения качества яйца с 1930-х гг.

Установлено (табл. 4), что среднее значение диаметра желтка яиц находилось на уровне 42,7 в диапазоне от 41 до 44 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 1,2 до 5,1%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 2,7% [12, 13].

Выявлено, что значение индекса желтка яиц находилось на уровне 0,4 в диапазоне от 0,39 до 0,45 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 4,81 до 9%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 7%.

Анализ инкубационного яйца в зависимости от массы показал, что с увеличением массы яйца повышается процент массы белка при снижении массы скорлупы и желтка (табл. 4).

Соотношение составных частей яйца характеризует качество содержимого яйца. Оптимальное соотношение, полученное в данном случае: скорлупа — 11,5%, белок — 58,5%, желток — 30%. В представленном мониторинге составных частей яйца (белок, желток, скорлупа) было получено соотношение 5:2,6:1.

В то же время яйца других видов сельскохозяйственной птицы имеют много общего, примерное их соотношение следующее: 6 частей белка, 3 части желтка, 1 часть скорлупы (6:3:1). Показано, что среднее значение соотношения составных частей скорлупы находилось на уровне 11% в диапазоне от 9 до 11% по всем

Таблица 3. Инкубационные качества яйца: статистический анализ морфометрических параметров составных частей инкубационного яйца

Table 3. Hatchery qualities of the egg: statistical analysis of the morphometric parameters of the components of the hatching egg

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Высота желтка							
Ross 308	мм	17,82	0,72	1,62	15,40	19,30	9,07
Ross 308	мм	18,13	0,58	1,01	17,50	19,30	5,58
Cobb 500	мм	19,15	0,74	1,48	17,60	20,90	7,75
Cobb 500	мм	18,85	0,41	0,81	18,00	19,90	4,30
«Смена 9»	мм	16,90	0,30	0,59	16,10	17,40	3,52
Среднее значение по всем кроссам	мм	18,17	0,55	1,102	16,92	19,36	6,044
Диаметр желтка							
Ross 308	мм	43,74	0,45	1,01	42,30	44,70	2,32
Ross 308	мм	41,57	0,30	0,51	41,00	42,00	1,23
Cobb 500	мм	44,60	0,56	1,12	43,70	46,00	2,50
Cobb 500	мм	43,50	0,53	1,06	42,30	44,70	2,44
«Смена 9»	мм	40,35	1,04	2,09	37,70	42,70	5,18
Среднее значение по всем кроссам	мм	42,752	0,576	1,158	41,4	44,02	2,734

Таблица 4. Инкубационные качества яйца: индекс желтка

Table 4. Hatchery qualities of the egg: yolk index

Показатель	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Индекс желтка							
Ross 308	г	69,33	1,10	2,19	66,60	71,10	3,16
Ross 308	г	68,00	1,19	2,66	65,40	71,40	3,92
Cobb 500	г	66,70	0,60	1,04	65,50	67,40	1,57
Cobb 500	г	68,10	1,68	2,91	64,90	70,60	4,28
«Смена 9»	г	62,53	1,02	1,76	61,10	64,50	2,82
Среднее значение по всем кроссам	и/ж	0,426	0,014	0,032	0,392	0,458	7,012

кроссам.

Коэффициенты вариации — от 3,2 до 7,7%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 5,6% (табл. 5).

Установлено (табл. 5), что среднее значение плотности желтка находилось на уровне 1,026 в диапазоне от 1,021 до 1,030 по всем кроссам. Коэффициент вариации — на уровне 0,3%.

Согласно некоторым исследованиям, яичный белок представлен овальбумином, овомукоидом, овотрансферрином, овомуцином и лизоцимом, а под плотностью «плотного» белка понимали результат уровня электростатических связей между овомуцином (особенно между предшествующими ему единицами — β) и лизоцимом [14–17].

Отмечено, что среднее значение соотношения составных частей белка находилось на уровне 58,5% в диапазоне от 57 до 60% по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 0,7 до 3,91%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 2%.

Установлено (табл. 6), что среднее значение соотношения составных частей желтка находилось на уровне 29,9 в диапазоне от 24 до 28 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 2,8 до 20%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 4,7%.

Возможно, повышение доли желтка в яйце до 32% вряд ли будет экономически оправданным, но снижение до 28% и менее приведет к значительному снижению выводимости. Возможно, установить маркер по значению данного показателя до 30% как наиболее оптимального.

Так, показано, что по мере увеличения массы яиц увеличивается относительное содержание желтка и снижается содержание белка, что и отражается на их соотношении: отношение массы белка к желтку уменьшается, а массы желтка к белку, соответственно, возрастает. Доля белка и желтка в ее поддержании энергетической и биологической ценности определяется и сроком яйцекладки. В это же время с увеличением срока яйцекладки увеличивается абсолютная и относительная масса скорлупы, что отражается в конечном счете на качестве инкубационного яйца. Прочная скорлупа, увеличенная толщина и соотношение массовых частей снижают выводимость цыплят.

По данным мониторинга 2020–2024 гг. на инкубационном яйце импортного и отечественного производства было установлено оптимальное соотношение массы белка к желтку (на уровне 2,0).

Известно, что показатель плотности белка куриных яиц положительно коррелирует с массой плотного слоя белка, числом ед. Хау, массой желтка, массой суточного цыпленка и отрицательно — с соотношением «белок — желток» (табл. 7).

Среднее значение плотности белка яиц находилось на уровне 1,040 в диапазоне от 1,036 до 1,042 по всем кроссам. Коэффициент вариации был на уровне 0,1% [18–21].

Показано, что первоначальные показатели pH составляют при снесении яйца примерно 7,6, и увеличиваются до 9,0–9,2 через несколько дней. Распад белка приводит к увеличению pH, упрощает процессы газообмена и транспортировки питательных веществ к эмбриону. Щелочная pH, вероятно, защищает эмбрион от возможного бактериального заражения [22].

Среднее значение pH белка находилось на уровне 9,05 в диапазоне от 7,7 до 9,31 по всем кроссам. Коэффициенты вариации были от 0,4 до 6%. При этом

Таблица 5. Инкубационные качества яйца. Соотношение составных частей: скорлупа, %

Table 5. Hatchery qualities of the egg. Ratio of components: shell, %

Показатель	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (u)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Соотношение составных частей: скорлупа, %							
Ross 308	%	11,13	0,22	0,63	10,20	12,30	5,66
Ross 308	%	11,65	0,19	0,38	11,10	11,90	3,25
Cobb 500	%	12,13	0,39	0,78	11,45	12,80	6,43
Cobb 500	%	11,04	0,15	0,55	9,70	11,60	4,96
«Смена 9»	%	11,65	7,67	3,83	3,88	6,44	7,72
Среднее значение по всем кроссам	%	11,52	1,72	1,23	9,27	11,01	5,60

Таблица 6. Инкубационные качества яйца: соотношение составных частей белка и желтка

Table 6. Hatchery qualities of eggs: the ratio of the components of the protein and yolk

Кросс	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (u)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Соотношение составных частей: белок, %							
Ross 308	%	59,94	0,41	1,17	58,70	62,10	1,95
Ross 308	%	58,25	1,14	2,28	56,30	61,50	3,91
Cobb 500	%	58,16	0,19	0,41	57,70	58,60	0,71
Cobb 500	%	58,02	0,23	0,85	56,70	59,90	1,47
«Смена 9»	%	58,17	0,60	1,20	57,90	60,21	2,06
Среднее значение по всем кроссам	%	58,51	12,15	12,70	57,51	60,12	2,02
Соотношение составных частей: желток, %							
Ross 308	%	28,89	0,41	1,17	26,60	30,30	4,03
Ross 308	%	30,05	0,96	1,92	27,40	31,90	6,38
Cobb 500	%	29,58	0,56	1,13	28,60	30,55	3,81
Cobb 500	%	30,89	0,24	0,89	28,50	31,80	2,88
«Смена 9»	%	30,28	0,97	1,94	29,09	31,02	6,40
Среднее значение по всем кроссам	%	29,94	4,41	3,01	24,24	28,25	4,7

Таблица 7. Инкубационные качества яйца: плотность белка и желтка

Table 7. Hatchery qualities of the egg: density of protein and yolk

Показатель	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (u)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Плотность белка							
Ross 308	г/см³	1,039	0,001	0,003	1,033	1,042	0,257
Ross 308	г/см³	1,040	0,000	0,001	1,039	1,041	0,092
Cobb 500	г/см³	1,044	0,00	0,00	1,04	1,040	0,12
Cobb 500	г/см³	1,038	0,001	0,004	1,034	1,046	0,344
«Смена 9»	г/см³	1,038	0,001	0,002	1,035	1,042	0,183
Среднее значение по всем кроссам	г/см³	1,040	0,001	0,002	1,036	1,042	0,199
Плотность желтка							
Ross 308	г/см³	1,025	0,001	0,002	1,022	1,026	0,154
Ross 308	г/см³	1,024	0,002	0,003	1,020	1,027	0,302
3 Cobb 500	г/см³	1,029	0,00	0,01	1,02	1,040	0,68
Cobb 500	г/см³	1,028	0,001	0,003	1,024	1,033	0,283
«Смена 9»	г/см³	1,023	0,000	0,002	1,020	1,026	0,169
Среднее значение по всем кроссам	г/см³	1,026	0,001	0,004	1,021	1,030	0,318

средний уровень коэффициента вариации отмечен в 1,7%.

На момент снесения яйца уровень pH желтка — от 6,0 до 6,3. Затем pH постепенно повышается и стабилизируется в пределах 6,5–6,8 (табл. 8).

В ряде источников отмечается, что кислотное число желтка, показывающее степень распада липидов, не должно превышать 5 мг КОН на 1 г желтка. Желток при хранении увеличивается в размере, становится более жидким, снижаются его индекс и коэффициент рефракции. Желточная оболочка теряет эластичность, и pH постепенно повышается (до 6,8), происходит расщепление жиров и распад азотистых соединений [23–25]. При хранении часто изменяется и цвет желтка, он становится более темным, иногда пятнистым. У яиц, хранившихся более 7 суток, кислотное число желтка превышает норму (5 мг КОН на 1 г желтка), содержание витамина E в желтке снижается в 1,5–2 раза.

Показано [22–24], что желток при хранении увеличивается в размере, становится более жидким, снижаются его индекс и коэффициент рефракции. Желточная оболочка теряет эластичность, и pH постепенно повышается (до 6,8), происходит разложение жиров и распад азотистых соединений. При хранении часто изменяется и цвет желтка, он становится более темным, иногда пятнистым. У яиц, хранившихся более 7 суток, кислотное число желтка превышает норму (5 мг КОН на 1 г желтка), содержание витамина E в желтке снижается в 1,5–2 раза. При инкубации яиц с кислотным числом свыше этого значения наблюдается повышенная смертность эмбрионов с признаками эмбриональной дистрофии [23–25]. В зарубежной практике данный показатель не применяется. Отмечено, что данный показатель не используется в зарубежной практике, а лабораторный метод оценки¹¹ имеет недостаточную точность. Кислотное число является мерой содержания свободных жирных кислот в жире желтка.

Показано, что кислотное число желтка не имеет фактологической доказательной базы в данном мониторинге на уровне ОСТ 10329 и ГОСТ Р 70610.

По данным авторов, значение этого показателя может быть увеличено до уровня 8 мг КОН на 1 г желтка. С другой стороны, данный показатель может быть исключен из перечня показателей, отражающих инкубационное качество яйца, как устаревший (табл. 9).

Оценку однородности признака проводили с использованием коэффициента вариации (CV), который определяли как отношение среднего квадратического отклонения к средней величине признака. По величине коэффициента вариации судили об интенсивности вариации признака и, следовательно, об однородности состава совокупности: чем больше величина коэффициента вариации, тем больше неоднородность совокупности.

На рисунке 1 представлено ранжирование коэффициентов вариации в следующем ряду: прочность скорлупы на растрескивание; толщина скорлупы; ед Хау; высота белка; высота желтка; диаметр желтка; индекс желтка; соотношение составных частей: скорлупа; соотношение составных частей: белок; соотношение составных частей: желток; плотность белка; плотность желтка; pH белка; pH желтка.

Совокупность признака считали однородной, если коэффициент вариации признака не превышал 33%.

Согласно проведенному мониторингу и

Таблица 8. Инкубационные качества яйца: pH белка и желтка

Table 8. Hatching qualities of the egg: pH of protein and yolk

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
pH белка							
Ross 308	pH	8,93	0,03	0,09	8,76	9,06	1,00
Ross 308	pH	8,95	0,03	0,06	8,89	9,02	0,72
Cobb 500	pH	9,10	0,01	0,04	9,03	9,15	0,48
Cobb 500	pH	9,19	0,01	0,05	9,12	9,28	0,51
«Смена 9»	pH	9,09	6,09	3,05	3,03	9,06	6,08
Среднее значение по всем кроссам	pH	9,05	1,23	0,66	7,77	9,31	1,76
pH желтка							
Ross 308	pH	6,20	0,02	0,05	6,13	6,30	0,86
Ross 308	pH	6,35	0,05	0,09	6,24	6,46	1,48
Cobb 500	pH	6,19	0,05	0,15	6,07	6,62	2,41
Cobb 500	pH	6,19	0,02	0,09	6,04	6,41	1,50
«Смена 9»	pH	6,19	4,05	2,02	2,06	3,41	4,09
Среднее значение по всем кроссам	pH	6,22	0,84	0,48	5,31	5,84	2,07

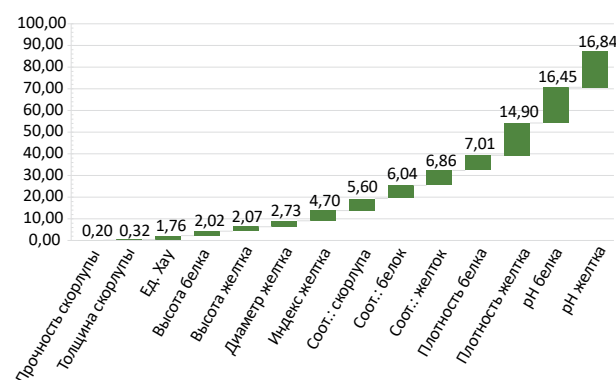
Таблица 9. Инкубационные качества яйца: кислотное число желтка

Table 9. Egg incubation qualities: yolk acid value

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Кислотное число желтка							
Ross 308	мг КОН / г	7,91	0,15	0,42	7,40	8,30	5,34
Ross 308	мг КОН / г	8,23	0,28	0,56	7,40	8,60	6,76
Cobb 500	мг КОН / г	8,98	0,31	0,69	8,00	9,65	7,72
Cobb 500	мг КОН / г	7,74	0,07	0,27	7,40	8,20	3,43
«Смена 9»	мг КОН / г	5,76	0,02	0,05	5,70	5,80	0,95
Среднее значение по всем кроссам	мг КОН / г	7,72	0,17	0,40	7,18	8,11	4,84

Рис. 1. Ранжирование коэффициентов вариации параметров инкубационных яиц при заданных параметрах продуктивности: оплодотворенность яиц 95–96,5%, вывод цыплят от 75 до 85%

Fig. 1. Ranking of coefficients of variation of incubation egg parameters with specified productivity parameters: egg fertilization 95–96.5%, chick hatching from 75 to 85%



статистическому анализу, все изучаемые признаки по коэффициенту вариации проявили однородную степень совокупности. Фактические результаты стали основой построения модели грейдирования и ранжирования инкубационного яйца по качественным признакам.

При ранжировании использовали шкалу физической

¹¹ Методические указания по диагностике и профилактике токсической дистрофии птиц 02.12.1998. Минсельхозпрод Республики Беларусь.

Таблица 10. Грейдирование и ранжирование инкубационных яиц
Table 10. Incubation qualities of eggs. Grading and ranking incubation eggs

Показатель	Ед.	Ориентировочные референтные значения	Грейд (AA — C)				Ранг I–IV
			AA	A	B	C	
			лучшее	хорошее	удовлетворительное	риски	
Оплодотворенность яиц	%	не ниже 95	95–96,5	95–96,5	95–96,5	95–96,5	95–96,5
Вывод молодняка птицы	%	не менее 85	86 <	85	< 80	< 75	86 <
Масса яйца, г	г	60–70	61–67	< 60	< 58 и > 70	< 52 и > 72	I
Индекс формы	%	70–82	77–80	75–82	70	< 68	II
Прочность скорлупы на растрескивание	кгс	3,80–5,90	5,00	4,50–5,50	3,80–5,90	< 3,00 и > 7,00	I
Толщина скорлупы	мм	0,33	0,33	0,33–0,36	0,30–0,40	< 0,27 и > 0,41	I
Массовая доля Са в скорлупе	%	32–39	38,5–39,0	38,0–39,0	32–39	< 37,0 и > 39,8	II
Ед. Хау (не менее)	ед. Хау	60–82	65–75	63–82	60–85	< 55 и > 90	I
Высота белка	мм	4,0–5,0	4,45	4,1–4,8	4,0–5,0	< 3,5 и > 5,5	I
Высота желтка	мм	17–19	17–18	17–19	16–19	< 16 и > 20	I
Диаметр желтка	мм	40–45	42–43	41–44	40–45	< 39 и > 47	I
Индекс желтка	i	0,41–0,44	0,42–0,43	0,41–0,43	0,41–0,44	< 0,40 и > 0,47	I
Скорлупа: соотношение к массе яйца	%	10,0–12,0	11,0–11,5	11,0–11,7	11,0–12,5	< 10,5 и > 13,0	I
Белок: соотношение к массе яйца	%	56–62	58–59	57–62	56–62	< 55 и > 63	II
Желток: соотношение к массе яйца	%	28–32	29–30	28–31	28–32	< 27 и > 33	II
Плотность белка	г/см³	1,037–1,075	1,039–1,040	1,039–1,045	1,037–1,075	< 1,036 и > 1,080	II
Плотность желтка	г/см³	1,020–1,030	1,023–1,028	1,021–1,030	1,020–1,030	< 1,019 и > 1,033	II
pH белка	pH	8,50–9,10	8,90–9,10	8,50–9,05	8,30–9,10	8,00 и > 9,50	I
pH желтка	pH	5,80–6,20	6,19–6,22	5,90–6,30	5,90–6,35	< 5,70 и > 6,45	II
Кислотное число желтка	мг KOH / г	8,2	< 8,2	8,5–9,0	< 10	11–12 <	IV
Ед. Хау Haugh Unit HU (USDA)	ед. Хау	< 30 и > 72		> 72 AA	31,0 > 59,9 A 60,0 > 71,9 B	30,0 > C	I

величины — шкалы порядка (шкалу рангов). Был использован метод предпочтения.

Данные результаты показаны в таблице 10, где приведены сумма рангов по каждому свойству и весовые свойства.

В целом было предложено установить ориентировочные референтные значения показателей качества при заданных параметрах продуктивности на уровне показателя оплодотворенности яиц 95–96,5% при выводе молодняка кур от 75 до 85% (табл. 10).

При детализации полученного фактического материала в результате мониторинга было предложено грейдировать инкубационные яйца на четыре грейда (AA, A, B, C) и ранжировать на четыре ранга (I, II, III, IV). В грейд закладывались показатели вывода молодняка, по результатам оценок определяли ранг и весовую (значимость) каждого исследуемого показателя. Данные оценки определяются как сумма рангов для каждого показателя.

Полученные данные позволяют использовать искусственный интеллект и строить прогностические модели в технологии инкубации яиц — прогнозировать вероятности и эффективности вывода.

Полученные данные, возможно, могут быть пригодны для моделирования производственных сценариев, а фермеры и компании могут использовать прогностические модели для принятия стратегий, минимизирующих негативное влияние определенных сценариев.

Выводы/Conclusion

1. Мониторинговые данные содержат статистически обработанную информацию, применение которой на практике существенно повышает эффективность продуктивных показателей инкубации в мясном птицеводстве при заданных параметрах продуктивности оплодотворенности яиц 95–96,5% при выводе молодняка от 75 до 85%.

2. Оценена фактологическая база данных, проведение грейдирования и ранжирования по 19 показателям.

3. Получены результаты по оптимальному соотношению массовых долей частей яйца при заданной продуктивности (оплодотворенность 95–96,5%, вывод цыплят от 75 до 85%): скорлупа — 11,5%, желток — 30%, белок — 58,5% (1:2,6:5). Показано, что оптимальное соотношение массы белка яйца к желтку на уровне 2,0.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в работу.
Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2024 году.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ayala M., Thomsen M., Pizzol M. Corrigendum to "Life Cycle Assessment of pilot scale production of seaweed-based bioplastic" [Algal Res. 71 (2023) 103036]. *Algal Research*. 2023; 76: 103313. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103313>
2. Elilob O., Özlü S., Erkuş T., Nicholson D. Effects and Interactions of Incubation Time and Preplacement Holding Time on Mortality at Placement, Yolk Sac Utilization, Early Feeding Behavior and Broiler Live Performance. *Animals*. 2023; 13(24): 3827. <https://doi.org/10.3390/ani13243827>
3. Corion M., Portillo-Estrada M., Santos S., Lammertyn J., De Ketelaere B., Hertog M. Non-destructive egg breed separation using advanced VOC analytical techniques HSSE-GC-MS, PTR-TOF-MS, and SIFT-MS: Assessment of performance and systems' complementarity. *Food Research International*. 2024; 176: 113802. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113802>
4. Narushin V.G., Kent J.P., Salamon A., Romanov M.N., Griffin D.K. Density of egg interior: Looking inside an egg while keeping it intact. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2023; 87: 103387. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103387>
5. Surai P.F., Kochish I.I., Romanov M.N., Griffin D.K. Nutritional modulation of the antioxidant capacities in poultry: the case of vitamin E. *Poultry Science*. 2019; 98(9): 4030–4041. <https://doi.org/10.3382/ps/pez072>
6. Biesiada-Drzazga B. Evaluation of eggs in terms of hatching capability. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2020; 19(2): 11–18. <https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.2.02>
7. Shafey T.M., Al-mohsen T.H., Al-sobayel A.A., Al-hassan M.J., Ghnnam M.M. Effects of Eggshell Pigmentation and Egg Size on the Spectral Properties and Characteristics of Eggshell of Meat and Layer Breeder Eggs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2002; 15(2): 279–302. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.297>
8. Khabisi M.M., Salahi A., Mousavi S.N. The influence of egg shell crack types on hatchability and chick quality. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2012; 36(3): 289–295. <https://doi.org/10.3906/vet-1103-20>
9. van den Brand H., Sosef M.P., Lourens A., van Harn J Effects of floor eggs on hatchability and later life performance in broiler chickens. *Poultry Science*. 2016; 95(5): 1025–1032. <https://doi.org/10.3382/ps/pew008>
10. Станишевская О.И. Развитие куриных эмбрионов в яйцах с повышенной плотностью белка в зависимости от режима хранения и инкубации. *Сельскохозяйственная биология*. 2009; 44(2): 97–103. <https://elibrary.ru/kbyngz>
11. Stanishevskaya O.I. Correlation between gas exchange of chicken embryos, their growth rate, livability, and nutrients consumption in embryonic and postnatal periods of development. *World's Poultry Science Journal*. 2006; 62(S): 484.
12. Stanishevskaya O. Temperature regime of incubation as a tool for enhancement of breeding efficiency for improved meat properties in broiler chicken. *World's Poultry Science Journal*. 2010; 66(S): 740.
13. Васильева Л.Т., Царенко П.П., Осипова Е.В. Прочность — главное качество скорлупы яиц. *Птица и птицепродукты*. 2012; (5): 51–56. <https://elibrary.ru/pplyvn>
14. Никишов А.А., Рания А.Х.А. Инкубационные качества яиц кур белоскорлупного яичного кросса с разным соотношением массы и объема. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2014; (1): 60–65.
15. Долгорукова А.М. Морфология и биохимический состав яиц мясных кур разного возраста. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2006; (5): 43–46. <https://elibrary.ru/hwvzzj>
16. Щербатов В.И., Смирнова Л.И., Щербатов О.В. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы. Краснодар: КубГАУ. 2015; 184. ISBN 978-5-94672-855-3 <https://www.elibrary.ru/zdasgt>
17. Дядичкина Л.Ф., Позднякова Н.С., Мелехина Т.А. Инкубационные качества яиц разных весовых категорий в зависимости от возраста кур несушек. *Достижения в современном птицеводстве: исследования и инновации. Материалы XVI Международной конференции*. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 2009; 189–191. <https://www.elibrary.ru/ryisst>
18. Дядичкина Л.Ф., Позднякова Н.С. Качество инкубационных яиц кур кросса «Родонит» в зависимости от сроков хранения. *Сборник научных трудов ВНИТИП*. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 1998; 73: 46.
19. Дядичкина Л.Ф. Качество яиц — залог успешной инкубации. *Птицеводство*. 2008; (3): 21–23. <https://www.elibrary.ru/jjnsdx>
20. Metin P., Serdal D. The effects of prestorage incubation and length of storage of broiler breeder eggson hatchability and subsequent growth performance of progeny. *Czech Journal of Animal Science*. 2006; 51: 73–77. <https://doi.org/10.17221/3912-CJAS>

FUNDING

The research was carried out within the framework of the Thematic Plan-Task for the implementation of research work commissioned by the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2024.

REFERENCES

1. Ayala M., Thomsen M., Pizzol M. Corrigendum to "Life Cycle Assessment of pilot scale production of seaweed-based bioplastic" [Algal Res. 71 (2023) 103036]. *Algal Research*. 2023; 76: 103313. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103313>
2. Elilob O., Özlü S., Erkuş T., Nicholson D. Effects and Interactions of Incubation Time and Preplacement Holding Time on Mortality at Placement, Yolk Sac Utilization, Early Feeding Behavior and Broiler Live Performance. *Animals*. 2023; 13(24): 3827. <https://doi.org/10.3390/ani13243827>
3. Corion M., Portillo-Estrada M., Santos S., Lammertyn J., De Ketelaere B., Hertog M. Non-destructive egg breed separation using advanced VOC analytical techniques HSSE-GC-MS, PTR-TOF-MS, and SIFT-MS: Assessment of performance and systems' complementarity. *Food Research International*. 2024; 176: 113802. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113802>
4. Narushin V.G., Kent J.P., Salamon A., Romanov M.N., Griffin D.K. Density of egg interior: Looking inside an egg while keeping it intact. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2023; 87: 103387. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103387>
5. Surai P.F., Kochish I.I., Romanov M.N., Griffin D.K. Nutritional modulation of the antioxidant capacities in poultry: the case of vitamin E. *Poultry Science*. 2019; 98(9): 4030–4041. <https://doi.org/10.3382/ps/pez072>
6. Biesiada-Drzazga B. Evaluation of eggs in terms of hatching capability. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2020; 19(2): 11–18. <https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.2.02>
7. Shafey T.M., Al-mohsen T.H., Al-sobayel A.A., Al-hassan M.J., Ghnnam M.M. Effects of Eggshell Pigmentation and Egg Size on the Spectral Properties and Characteristics of Eggshell of Meat and Layer Breeder Eggs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2002; 15(2): 279–302. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.297>
8. Khabisi M.M., Salahi A., Mousavi S.N. The influence of egg shell crack types on hatchability and chick quality. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2012; 36(3): 289–295. <https://doi.org/10.3906/vet-1103-20>
9. van den Brand H., Sosef M.P., Lourens A., van Harn J Effects of floor eggs on hatchability and later life performance in broiler chickens. *Poultry Science*. 2016; 95(5): 1025–1032. <https://doi.org/10.3382/ps/pew008>
10. Stanishevskaya O.I. Development of chicken embryos in eggs with higher protein density in connection with regime of keeping and incubation. *Agricultural Biology*. 2009; 44(2): 97–103 (in Russian). <https://elibrary.ru/kbyngz>
11. Stanishevskaya O.I. Correlation between gas exchange of chicken embryos, their growth rate, livability, and nutrients consumption in embryonic and postnatal periods of development. *World's Poultry Science Journal*. 2006; 62(S): 484.
12. Stanishevskaya O. Temperature regime of incubation as a tool for enhancement of breeding efficiency for improved meat properties in broiler chicken. *World's Poultry Science Journal*. 2010; 66(S): 740.
13. Vasilyeva L.T., Tsarenko P.P., Osipova E.V. Durability is the main quality of eggshells. *Poultry & chicken products*. 2012; (5): 51–56 (in Russian). <https://elibrary.ru/pplyvn>
14. Nikishov A.A., Rania A.H.A. Incubation qualities of eggs of white-shelled egg cross hens with different mass-volume ratios. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry*. 2014; (1): 60–65.
15. Dolgorukova A.M. Morphology and biochemical composition of eggs in meat hens of various age. *Doklady Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk*. 2006; (5): 43–46 (in Russian). <https://elibrary.ru/hwvzzj>
16. Shcherbatov V.I., Smirnova L.I., Shcherbatov O.V. Incubation of poultry eggs. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2015; 184 (in Russian). ISBN 978-5-94672-855-3 <https://www.elibrary.ru/zdasgt>
17. Dyadichkina L.F., Pozdnyakova N.S., Melekhina T.A. Incubation qualities of eggs of different weight categories depending on the age of laying hens. *Achievements in modern poultry farming: research and innovation. Proceedings of the XVI International conference*. Sergiev Posad: All-Russian Scientific Research and Technological Poultry Institute. 2009; 189–191 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ryisst>
18. Dyadichkina L.F., Pozdnyakova N.S. The quality of incubation eggs of chickens of the Rhodonite cross depending on the shelf life. *Sbornik nauchnykh trudov VNIITIP*. Sergiev Posad: All-Russian Scientific Research and Technological Poultry Institute. 1998; 73: 46 (in Russian).
19. Dyadichkina L.F. Egg quality is the key to successful incubation. *Pitisevodstvo*. 2008; (3): 21–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jjnsdx>
20. Metin P., Serdal D. The effects of prestorage incubation and length of storage of broiler breeder eggs on hatchability and subsequent growth performance of progeny. *Czech Journal of Animal Science*. 2006; 51: 73–77. <https://doi.org/10.17221/3912-CJAS>

21. Середина Т., Разумовская Л. Биологическая ценность белка яиц в различные сроки яйцекладки. *Птицеводство*. 2009; (3): 23. <https://www.elibrary.ru/oftwef>

22. Рожнецов А.Л., Онегов А.В., Смоленцев С.Ю. Морфологические и биохимические показатели племенного инкубационного яйца в зависимости от принадлежности к кроссам кур-несушек родительского стада. *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2020; 6(4): 418–425. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-4-418-425>

23. Ташкина А.А. Морфологические качества яиц мясных кроссов кур и пути синхронизации вывода цыплят. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук*. Сергиев Посад. 2018; 117. <https://www.elibrary.ru/bkupcw>

24. Reijrink I.A.M., Meijerhof R., Kemp B., Van Den Brand H. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. *World's Poultry Science Journal*. 2008; 64(4): 581–598. <https://doi.org/10.1017/S0043933908000214>

25. Михайленко А.М. Прединкубационное хранение яиц и эмбриональное развитие птицы. *Птицеводство*. 1975; (3): 32.

21. Sereda T., Razumovskaya L. The biological value of egg protein in different periods of egg laying. *Ptitsvodstvo*. 2009; (3): 23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/oftwef>

22. Rozhentsov A.L., Onegov A.V., Smolentsev S.Yu. Morphological and biochemical indicators of breeding hatching eggs depending on the crosses of laying hens of the parent flock. *Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences*. 2020; 6(4): 418–425 (in Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-4-418-425>

23. Tashkina A.A. Morphophysical qualities of eggs of meat crosses of chickens and ways of synchronizing the hatching of chickens. PhD (Agricultural Sciences) Thesis. Sergiev Posad. 2018; 117 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bkupcw>

24. Reijrink I.A.M., Meijerhof R., Kemp B., Van Den Brand H. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. *World's Poultry Science Journal*. 2008; 64(4): 581–598. <https://doi.org/10.1017/S0043933908000214>

25. Mikhailenko A.M. Pre-hatchery storage of eggs and embryonic development of poultry. *Ptitsvodstvo*. 1975; (3): 32 (in Russian).

ОБ АВТОРАХ

Сергей Олегович Шаповалов^{1,2}
доктор биологических наук, профессор¹;
доктор биологических наук, директор²
s.shapovalov@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0000-0002-5630-5247>

Николай Петрович Буряков¹
доктор биологических наук, профессор
kormlenieskota@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Елена Вячеславовна Корнилова²
доктор сельскохозяйственных наук
e.kornilova@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0009-9753-5952>

Алексей Валерьевич Жевнеров¹
кандидат химических наук, доцент
jevnerov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1658-762X>

Тристан Дмитриевич Алтухов¹
аспирант
tristansochi@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-4323-6529>

Дарья Сергеевна Аникина¹
аспирант
black-cat99@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1357-7365>

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 54, Москва, 127434, Россия

²ООО «Научно-испытательный центр НИЦ «Черкизово», Дорожная ул., 14, дер. Яковлевское, Москва, 143340, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Olegovich Shapovalov^{1,2}
Doctor of Biological Sciences, Professor¹;
Doctor of Biological Sciences, Director²
s.shapovalov@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0000-0002-5630-5247>

Nilolai Petrovich Buryakov¹
Doctor of Biological Sciences, Professor
kormlenieskota@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Elena Vyacheslavovna Kornilova²
Doctor of Agricultural Sciences
e.kornilova@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0009-9753-5952>

Alexey Valeryevich Zhevnerov¹
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
jevnerov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1658-762X>

Tristan Dmitrievich Altukhov¹
Graduate Student
tristansochi@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-4323-6529>

Daria Sergeevna Anikina¹
Graduate Student
black-cat99@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1357-7365>

¹Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 54 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian

²LLC SIC "Cherkizovo", 14 Dorozhnaya Str., Yakovlevskoye village, Moscow, 143340, Russia

Подпишитесь на печатные выпуски «АГРАРНОЙ НАУКИ» с любого месяца и на любой срок

» В РЕДАКЦИИ по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453, по agrovetpress@inbox.ru

» В АГЕНТСТВЕ ПОДПИСКИ
ООО «Урал-Пресс Округ»
<https://www.ural-press.ru/catalog/>

» БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
на отраслевом портале
<https://agrarnayanauka.ru>

» ПОДПИСКА НА АРХИВНЫЕ НОМЕРА
И ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ
на сайте Научной электронной библиотеки
www.elibrary.ru





Г.К. Пегливанян

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ Peglivanian_grig@mail.ru

Поступила в редакцию: 24.07.2024
Одобрена после рецензирования: 12.11.2024
Принята к публикации: 26.11.2024

© Пегливанян Г.К.

Research article



Gregory K. Peglivanian

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

✉ Peglivanian_grig@mail.ru

Received by the editorial office: 24.07.2024
Accepted in revised: 12.11.2024
Accepted for publication: 26.11.2024

© Peglivanyan G.K.

Прогнозирование живой массы северных оленей с применением регрессионной модели

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Учет живой массы в северном оленеводстве является основополагающим показателем при разведении, но в связи с трудностью ее определения возникает необходимость в разработке прогнозной матрицы веса животных через биометрические экстерьерные промеры. **Цель исследования** — разработать модель прогнозирования живой массы северного оленя с использованием регрессионного анализа.

Методы. Исследования проведены по данным экстерьерных промеров и результатам взвешивания северных оленей ненецкой породы (быки $n = 48$, важенки $n = 50$) Тазовского р-на п-ова Ямал в возрасте от 2 до 9 лет. Расчет статистических параметров, визуализацию корреляционных данных и проведение регрессионного анализа методом наименьших квадратов осуществляли в программах MS Excel и R-studio.

Результаты. Наибольшая изменчивость среди экстерьерных промеров отмечена у показателей «ширина груди CW» (9,6%) и «живая масса LW» (9,4%). При проведении корреляционного анализа выявлена мультиколлинеарность между высотой в холке HW и высотой в локте HE $r = 0,824$ ($p \leq 0,001$). Высокие и достоверные связи живой массы LW с глубиной CD и обхватом груди CG $r = 0,651$ и $r = 0,687$ ($p \leq 0,001$), длиной головы HL $r = 0,678$ ($p \leq 0,001$), высотой в холке HW $r = 0,663$ ($p \leq 0,001$) и длиной тела BL $r = 0,639$ ($p \leq 0,001$). Определена наиболее результативная модель m_2 , включающая в свою структуру обхват груди и длину туловища, коэффициент детерминации которой составил $R^2 = 0,70$ при множественном $R = 0,83$, что отражает 70% объясняемой переменной в модели при аппроксимации 4,2%. В результате создана таблица прогнозирования живой массы северных оленей с использованием биометрических данных, что будет способствовать упрощению селекционно-племенной работы в будущих популяциях труднодоступных районов.

Ключевые слова: северный олень, живая масса, экстерьер, регрессия, селекция, мясная продуктивность

Для цитирования: Пегливанян Г.К. Прогнозирование живой массы северных оленей с применением регрессионной модели. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 98–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-98-103>

Predicting live weight of reindeer using a regression model

ABSTRACT

Relevance. Accounting for live weight in reindeer husbandry is an important indicator for breeding, but due to the difficulty of determining it, there is a need to develop a predictive matrix of animal weight through biometric exterior measurements.

The purpose of the study is to develop a model for predicting the live weight of reindeer using regression analysis.

Methods. The research was carried out using exterior measurements and weighing results of Nenets reindeer (males $n = 48$, females $n = 50$) from the Tazovsky district on the Yamal Peninsula at the age of 2 to 9 years. Calculation of statistical parameters, visualization of correlation data and regression analysis using the least squares method were carried out in MS Excel and R-studio.

Results. The greatest variability among exterior measurements was noted in the indicators “chest width CW” (9.6%) and “live weight LW” (9.4%). When conducting a correlation analysis, multicollinearity was revealed between the height at the withers HW and the height at the elbow HE $r = 0.824$ ($p \leq 0.001$). High and significant correlations of live weight LW with chest depth CD and chest girth CG $r = 0.651$ and $r = 0.687$ ($p \leq 0.001$), head length HL $r = 0.678$ ($p \leq 0.001$), height at withers HW $r = 0.663$ ($p \leq 0.001$) and body length BL $r = 0.639$ ($p \leq 0.001$). The most effective model m_2 was determined, including chest girth and body length in its structure, the coefficient of determination of which was $R^2 = 0.70$, with multiple $R = 0.83$, which reflects 70% of the explained variable in the model, with an approximation of 4.2%. As a result, a table was created for predicting the live weight of reindeer using biometric data, which will help simplify selection and breeding work in future populations of hard-to-reach areas.

Key words: reindeer, live weight, exterior, regression, breeding, meet productivity

For citation: Peglivanyan G.K. Forecasting the live weight of reindeer using a regression model. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 98–103 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-98-103>

Введение/Introduction

Оленеводство является исконной отраслью и важнейшим видом животноводства малочисленных коренных народов Севера [1–5].

Селекция и племенная работа в оленеводстве ведутся традиционными методами [6], включающими в себя специфическую культуру, большой опыт разведения северных оленей в различных ландшафтных зонах с климатическими особенностями, где по большей части преобладают кустарниковые растения, ерниковые с примесью ив. В южных тундровых зонах по причине сильной заболоченности встречаются осоки, травы, кочкарные тундры [7, 8].

В рационе северного оленя отсутствуют промышленные комбикорма в связи с пастбищным способом кормления, где присутствуют разнообразная зеленая растительность и лишайники. В результате такого кормления образуются уникальные характеристики оленины, такие как низкое содержание жира, низкая калорийность [9–13].

Основным селекционным показателем роста и развития животных является прирост живой массы. Данный признак напрямую связан с мясной продуктивностью [14]. Для измерения массы тела в промышленном животноводстве используют специализированные весы. Этот метод является трудоемким, занимает много времени, его возможно использовать только в специально оборудованных помещениях [15, 16].

Для облегчения работы селекционеров существует метод Клувер-Штрауха для определения живой массы крупного рогатого скота через промеры тела, однако использование данного метода на северных оленях невозможно, поскольку при сравнении закономерностей роста осевого и периферического скелета представителей данных видов животных имеются различия [17, 18].

Большое внимание уделяется взаимосвязи между размером и массой тела для увеличения производства мяса в промышленном животноводстве и птицеводстве [19–21]. Процедура выявления живой массы у сельскохозяйственных животных связана с множеством сложностей, в связи с этим возникает необходимость в поиске и разработке модели подходящего технологического решения для определения живой массы животного [22].

Существует линейная зависимость между длиной тела, обхватом груди за лопатками и массой тела. Возможно установить взаимосвязь между величиной промера тела и его массой через уравнение, если известны экстерьерные параметры животного [23].

Применение экстерьерных промеров с использованием формул для определения живой массы хорошо зарекомендовало в полевых условиях, где нет возможности использовать специализированные весы. Данный метод используется в молочном и мясном скотоводстве, коневодстве и у других видов сельскохозяйственных животных [24–27].

Разработана математическая модель и выявлено статистически значимое влияние экстерьерных промеров на живую массу животного. В животноводстве широко применяется метод наименьших квадратов, который позволяет установить зависимость между

различными экстерьерными промерами у разных видов сельскохозяйственных животных [28]. Использование методов математического моделирования дает возможность оценить уровень продуктивности животноводства [29, 30].

Необходимость выбора наиболее важных параметров модели описана в работе Tahtali [31]. Так, для прогнозирования живого веса романовских ягнят из всех исследуемых экстерьерных промеров тела (высота в холке и крупа, длина тела, глубина груди, окружность груди, ширина груди за плечами, длина головы) были выделены два фактора, объясняющие 50,89% и 22,86% общей дисперсии [31].

В настоящее время имеется необходимость в разработке регрессионной модели в качестве определения живой массы северных оленей через характеристики роста и развития как критерия отбора для улучшения будущих популяций.

Цель данной работы — разработать модель прогнозирования живой массы северного оленя через экстерьерные промеры с использованием регрессионного анализа.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектом исследований являются домашние северные олени (быки и важенки) ненецкой породы популяции п-ова Ямал.

Взятие промеров проведено в мае 2023 г. в Тазовском р-не Ямало-Ненецкого АО.

В работе проанализированы данные по 98 северным оленям (быки $n = 48$, важенки $n = 50$). Возраст исследуемых особей варьировал от 2 до 9 лет.

Во время эксперимента соблюдали принципы гуманного отношения к животным¹.

Проведена оценка особей по экстерьерным показателям, измерены 8 экстерьерных параметров²:

- с использованием циркуля Вилькенса:
 - ✓ глубина груди CD (Chest depth),
 - ✓ ширина груди CW (Chest width),
 - ✓ ширина в маклаках SW (Set width),
 - ✓ длина головы HL (Head length);
- с использованием мерной палки Лидтина:
 - ✓ высота в холке HW (Height withers);
- при использовании мерной ленты:
 - ✓ высота в локте HE (Height elbow),
 - ✓ обхват груди CG (Chest girth),
 - ✓ длина туловища BL (Body length).

Для проведения индивидуального учета живой массы осуществляли прогон животных в переносном корале с расколом на специализированных весах («Мехэлектрон-М ВЭТ-1-3000П-1С-ДБ», Россия).

Проведен регрессионный анализ методом наименьших квадратов (МНК), где в качестве уравнения регрессии использовалась функция $y = f(x)$, при которой сумма квадратов разностей минимальна:

$$S = \sum_{(i=1)}^n [y_i - f(x)_i]^2, \quad (1)$$

где S — сумма квадратов разностей, n — число наблюдений, y_i — значение функции или зависимая переменная, x_i — аргумент или независимая переменная.

¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS No. 123) [рус., англ.]. Страсбург: 18.03.1986.

² Друри И.В., Митюшев П.В. Оленеводство: учебное пособие для зоотехнических институтов и факультетов. М.; Ленинград: Сельхозиздат, Ленинградское отделение. 1963; 242.

Односторонняя стохастическая зависимость рассчитана с помощью модели парной регрессии:

$$y_j = \alpha + \beta x_j + \varepsilon_j, \quad (2)$$

где y_j — величина живой массы оленей, α — постоянная величина (или свободный член уравнения, константа); β — коэффициент регрессии, определяющий наклон линии, вдоль которой рассеяны данные наблюдений y_j и x_j ; x_j — значение промеров (высота в холке, обхват груди, длина туловища); ε_j — случайный член (ошибки) или влияние на переменную всех неучтенных в модели факторов.

С помощью метода наименьших квадратов регрессионного анализа переменных предикторов промеров тела на переменную отклика значения живой массы установлена величина среднего увеличения переменной живой массы на каждую единицу увеличения данных переменных предикторов при условии, что все остальные переменные остаются постоянными. Пошаговый выбор переменных проводился до получения наилучшей подходящей регрессионной модели.

В парной регрессии анализировалась связь между зависимой переменной живой массы (случайная величина) и объясняющими переменными промерами тела (неслучайные детерминированные величины).

Оценка коэффициента детерминации проводилась по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - \hat{x}_i]^2}{\sum_{i=1}^n [y_i - \bar{x}]^2}, \quad (3)$$

где y_i — значения наблюдаемой переменной; $\hat{x}_i$ — модельное значение, построенное по оцененным параметрам; $\bar{x}$ — среднее значение по наблюдаемым данным.

Средняя ошибка аппроксимации или среднее отклонение расчетных значений от фактических рассчитывали с помощью формулы 4:

$$\bar{A} = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i| : y_i}{n} 100 \%, \quad (4)$$

где $\hat{y}_i$ — расчетное значение по уравнению.

Описательные статистические параметры (среднее арифметическое, ошибка, стандартное отклонение, коэффициент корреляции) вычисляли при помощи пакета «Анализ данных» в среде MS Excel 2013 (США).

Расчет и визуализация данных корреляционного анализа проводились в программе R-studio (Posit Software, PBC, США) с помощью пакета ggplot.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для разработки и оценки модельных прогнозов проведена описательная статистика хозяйственно полезных признаков живой массы и промеров тела северных оленей (табл. 1).

Статистический анализ показал, что в среднем живая масса LW составила 82,7 кг с варьированием от 66 до 100 кг. Высота в холке HW исследуемых животных составила 95,0 см. Наибольшая изменчивость среди экстерьерных промеров отмечена у ширины груди CW — 9,6%. Изменчивость живой массы LW была на уровне 9,4%, что соответствует биологическим нормам в пределах данного возраста.

Таблица 1. Показатели живой массы и экстерьерных промеров северных оленей (n = 98)

Table 1. Live weight indicators and exterior measurements of reindeer (n = 98)

Показатели	LW	HW	HE	CD	CG	CW	SW	BL	HL
M	82,7	95,0	54,3	40,8	115,5	25,8	22,7	102,3	33,8
m	0,79	0,35	0,26	0,19	0,49	0,25	0,14	0,45	0,17
σ	7,78	3,51	2,54	1,92	4,80	2,47	1,39	4,50	1,71
Cv	9,4	3,7	4,7	4,7	4,2	9,6	6,1	4,4	5,1
min	66	87	47	36	105	21	20	91	30
max	100	104	63	46	127	39	28	112	38

Анализ корреляционных связей промеров тела оленей с живой массой показал положительную связь со всеми показателями (рис. 1). Высокая достоверная положительная корреляция отмечена между высотой в холке HW и высотой в локте HE $r = 0,824$ ($p \leq 0,001$), что указывает на наличие мультиколлинеарности данных показателей, соответственно, использование данного сочетания в регрессионной модели для определения живой массы оленей нежелательно.

Слабые недостоверные корреляционные связи наблюдались между высотой в локте HE и длиной туловища BL $r = 0,107$, высотой в локте HE и шириной груди CW $r = 0,111$. Наиболее высокие и достоверные связи экстерьерных промеров с живой массой LW выявлены с глубиной CD и обхватом груди CG $r = 0,651$ и $r = 0,687$ ($p \leq 0,001$), длиной головы HL $r = 0,678$ ($p \leq 0,001$), высотой в холке HW $r = 0,663$ ($p \leq 0,001$) и длиной тела BL $r = 0,639$ ($p \leq 0,001$).

В ходе исследования созданы 10 регрессионных моделей: m_1 (высота в холке и обхват груди), m_2 (обхват груди и длина туловища), m_3 (длина головы и обхват груди), m_4 (длина головы и высота в холке), m_5 (высота в холке и длина туловища), m_6 (длина головы

Рис. 1. Тепловая матрица корреляционных связей живой массы LW (Live weight) с промерами тела: HW (Height withers) — высота в холке, HE (Height elbow) — высота в локте, CD (Chest depth) — глубина груди, CG (Chest girth) — обхват груди, CW (Chest width) — ширина груди, SW (Set width) — ширина в маклаках, BL (Body length) — длина туловища, HL (Head length) — длина головы

Fig. 1. Thermal matrix of correlations of live weight LW (Live weight) with body measurements: HW (Height withers) — height at the withers, HE (Height elbow) — height at the elbow, CD (Chest depth) — chest depth, CG (Chest girth) — chest circumference, CW (Chest width) — width chest, SW (Set width) — width in malacks, BL (Body length) — trunk length, HL (Head length) — head length

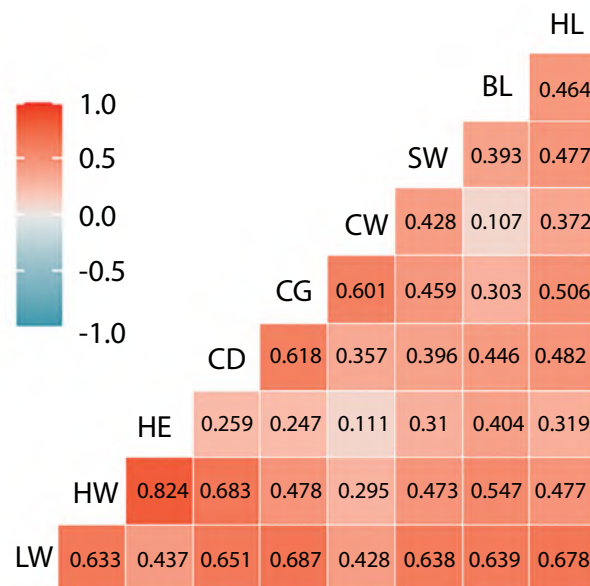


Таблица 2. Результаты регрессионного анализа по методу наименьших квадратов для экспериментальных моделей определения живой массы северных оленей (n = 98)

Table 2. Results of regression analysis using the least squares method for experimental models for determining live weight in reindeer (n = 98)

	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₈	m ₉	m ₁₀
Y-пересечение	-95,3	-104,8	-77,2	-82,2	-79,9	-63,4	-72,3	-59,0	-68,0	-63,5
Переменная X 1	0,872	0,897	1,981	2,186	0,920	2,116	1,941	1,782	1,578	1,876
Переменная X 2	0,825	0,821	0,805	0,959	0,735	0,730	0,742	0,727	0,748	2,062
Множественный R	0,78	0,83	0,80	0,77	0,74	0,76	0,78	0,71	0,77	0,78
R-квадрат	0,61	0,70	0,64	0,60	0,54	0,58	0,60	0,51	0,59	0,62
Нормированный R-квадрат	0,60	0,69	0,63	0,59	0,53	0,58	0,59	0,50	0,58	0,61
Стандартная ошибка	4,90	4,33	4,71	4,97	5,31	5,07	4,97	5,51	5,05	4,88
F	74,7	109,2	84,6	71,3	56,5	66,8	71,5	49,0	67,5	75,9
Значимость F	3,18722E-20	2,40530E-25	7,99742E-22	1,21927E-19	6,91701E-17	7,62259E-19	1,13551E-19	2,34784E-15	5,65666E-19	1,99614E-20

Таблица 3. Прогнозная матрица живой массы северного оленя с применением экстерьерных данных

Table 3. Predictive matrix of live weight of reindeer using exterior data

Показатели		Длина туловища															
Обхват груди	80	82,5	85	87,5	90	92,5	95	97,5	100	102,5	105	107,5	110	112,5	115	117,5	
	95	46,1	48,1	50,2	52,2	54,3	56,3	58,4	60,4	62,5		–	–	–	–	–	–
	97,5	48,3	50,4	52,4	54,5	56,5	58,6	60,6	62,7	64,7	66,8		–	–	–	–	–
	100	50,6	52,6	54,7	56,7	58,8	60,8	62,9	64,9	67,0	69,0	71,1	–	–	–	–	–
	102,5	52,8	54,9	56,9	59,0	61,0	63,1	65,1	67,2	69,2	71,3	73,3	75,4	–	–	–	–
	105	55,1	57,1	59,2	61,2	63,3	65,3	67,4	69,4	71,5	73,5	75,6	77,6	79,7	–	–	–
	107,5	57,0	59,1	61,1	63,2	65,2	67,3	69,3	71,4	73,4	75,5	77,5	79,6	81,7	83,7	–	–
	110	59,5	61,6	63,6	65,7	67,7	69,8	71,9	73,9	76,0	78,0	80,1	82,1	84,2	86,2	88,3	–
	112,5	61,8	63,8	65,9	67,9	70,0	72,0	74,1	76,1	78,2	80,3	82,3	84,4	86,4	88,5	90,5	92,6
	115	64,0	66,1	68,1	70,2	72,2	74,3	76,3	78,4	80,4	82,5	84,5	86,6	88,7	90,7	92,8	94,8
	117,5	–	68,3	70,4	72,4	74,5	76,5	78,6	80,6	82,7	84,7	86,8	88,8	90,9	92,9	95,0	97,1
	120	–	–	72,6	74,7	76,7	78,8	80,8	82,9	84,9	87,0	89,0	91,1	93,1	95,2	97,2	99,3
	122,5	–	–	–	76,9	79,0	81,0	83,1	85,1	87,2	89,2	91,3	93,3	95,4	97,4	99,5	101,5
	125	–	–	–	–	81,2	83,3	85,3	87,4	89,4	91,5	93,5	95,6	97,6	99,7	101,7	103,8
	127,5	–	–	–	–	–	85,5	87,6	89,6	91,7	93,7	95,8	97,8	99,9	101,9	104,0	106,0
	130	–	–	–	–	–	–	89,8	91,8	93,9	96,0	98,0	100,1	102,1	104,2	106,2	108,3
	132,5	–	–	–	–	–	–	–	94,1	96,1	98,2	100,2	102,3	104,4	106,4	108,5	110,5

и длина туловища), m₇ (глубина груди и длина туловища), m₈ (глубина груди и высота в холке), m₉ (глубина груди и обхват груди), m₁₀ (глубина груди и длина головы) (табл. 2).

Наиболее результативной для определения живой массы оленей оказалась модель m₂, включающая в свою структуру обхват груди и длину туловища.

Коэффициент детерминации, отражающий меру качества данной регрессионной модели, описывающей связь между зависимой и независимыми переменными модели, составил R² = 0,70 при множественном R = 0,83. Тем самым вычисленный коэффициент детерминации отразил долю вариации (70%) объясняемой переменной у в модели, обусловленной влиянием на нее факторов, включенных в модель.

Для подтверждения значимости выбранных параметров рассчитана средняя ошибка аппроксимации, которая составила 4,2%, что свидетельствует о хорошо подобранной модели уравнения.

Согласно рассчитанным данным регрессионного анализа и определения оптимальной модели, создана таблица прогнозирования живой массы северных

оленей с использованием двух промеров тела — длины туловища и обхвата груди (табл. 3).

Поиск предположительного живого веса осуществляется через пересечение двух показателей имеющихся промеров животного.

Выводы/Conclusions

Разработанная модель прогнозирования живой массы северного оленя с использованием метода математического моделирования, а именно регрессионного анализа, позволяет определять живую массу животных с достоверностью 83% при средней ошибке аппроксимации, которая составила 4,2%, свидетельствующей о правильности модели уравнения. Сформирована таблица прогнозирования живой массы северных оленей с использованием двух промеров тела — длины туловища и обхвата груди.

Полученные результаты будут способствовать улучшению селекционно-племенной работы в будущих популяциях в северном оленеводстве в зонах тундры и лесотундры, где нет возможности использовать специализированные весы.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 124020200114-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Южаков А.К., Лайшев К.А. Особенности роста и формирования телосложения северных оленей ненецкой породы. *Международный вестник ветеринарии*. 2022; (2): 104–111. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.2.104>
2. Крутикова А.А., Пегливанян Г.К. Анализ полиморфизма гена BMP2 костного морфогенетического белка-2 у северных оленей. *Международный вестник ветеринарии*. 2023; (2): 161–170. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.161>
3. Бондарь М.Г., Колпашчиков Л.А. Результаты исследований таймырской популяции дикого северного оленя за последние 10 лет. Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. IV Всероссийская научная конференция: доклады. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН. 2023; 194–200. <https://www.elibrary.ru/fvaglo>
4. Давыдов А.В. Современное состояние популяций дикого северного оленя в России. Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов. Материалы Международной научно-практической конференции, приуроченной к 120-летию со дня рождения профессора В.Н. Скалона, в рамках XII Международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии». Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. 2023; 50–56. <https://www.elibrary.ru/kwjccf>
5. Южаков А.А. Личные олени как основа сохранения оленеводства. *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2017; (4) 28–31. <https://elibrary.ru/xnblbb>
6. Попова А.В., Голикова Л.В. Породы северных домашних оленей в СПК(Ф) «Томпо». Вызовы и перспективы аграрной науки и образования. Сборник статей научно-практической конференции, посвященной 65-летию высшего аграрного образования в Республике Саха (Якутия). Якутск: Арктический государственный агротехнологический университет. 2021; 58–61. <https://www.elibrary.ru/vsairv>
7. Митюков А.С., Канева Л.А., Жариков Я.А. Вероятные направления производства мяса в северных регионах Российской Федерации. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2015; 39: 129–131. <https://www.elibrary.ru/uxwmcf>
8. Пономарева Е.С., Филиппова В.А. Отличия состава микробиоты рубца северного оленя в зависимости от ареала обитания. Механизмы адаптации микроорганизмов к различным условиям среды обитания. тезисы докладов II Всероссийской научной конференции с международным участием. Иркутск: Иркутский государственный университет. 2022; 75–77. <https://www.elibrary.ru/minaiu>
9. Шароглазова Л.П. Разработка рецептов деликатесных продуктов из мяса северного оленя. Актуальные вопросы переработки и формирования качества продукции АПК. Материалы Международной научной конференции. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2021; 71–73. <https://www.elibrary.ru/uwprkr>
10. Южаков А.А., Забродин В.А., Тюкалов Ю.А. Сравнительная характеристика мяса домашних и диких северных оленей. Аграрная наука на современном этапе развития северных и арктических территорий. Сборник научных материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященный 90-летию Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции (1932–2022). Нарьян-Мар. 2022; 55–58. <https://www.elibrary.ru/kurhdm>
11. Лобанов А.А., Андронов С.В., Попов А.И., Богданова Е.Н., Кочкин Р.А., Лобанова Л.П. Уменьшение негативных последствий холодового стресса при потреблении мяса северного оленя. Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. М.: Медицинское информационное агентство. 2023; 455–456. <https://www.elibrary.ru/ezwuwf>
12. Лосорова Ю.Е., Степанов К.М. Аминокислотный состав белков продукции домашнего северного оленеводства. Чугуновские агропрочтения. Сборник научных статей по материалам XV Всероссийской научно-практической конференции агротехнологической направленности «Чугуновские агропрочтения — 2023», посвященной 85-летию академика, профессора, доктора сельскохозяйственных наук А.В. Чугунова и 35-летию агропрофилированных школ Республики Саха (Якутия). Якутск: Издательский дом СКФУ. 2023; 293–298. <https://www.elibrary.ru/kgumbh>
13. Okuskhanova E. et al. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Veterinary World*. 2017; 10(6): 623–629. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>
14. Брызгалов Г.Я., Игнатович Л.С. Селекционно-племенная работа в северном оленеводстве (к смене парадигмы развития). *Генетика и разведение животных*. 2022; (4): 29–36. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-29-36>
15. Liu Y., Zhou J., Bian Y., Wang T., Xue H., Liu L. Estimation of Weight and Body Measurement Model for Pigs Based on Back Point Cloud Data. *Animals*. 2024; 14(7): 1046. <https://doi.org/10.3390/ani14071046>

FUNDING

The study was funded by scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic No. 124020200114-7.

REFERENCES

1. Yuzhakov A.K., Laishev K.A. Features of the growth and formation of the physique of Nenets reindeer from birth to puberty. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022; (2): 104–111 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.2.104>
2. Krutikova A.A., Peglivanyan G.K. Analysis of BMP2 gene polymorphism of bone morphogenetic protein-2 in reindeer. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2023; (2): 161–170 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.161>
3. Bondar M.G., Kolpashchikov L.A. Results of studies of the Taimyr wild reindeer population over the past 10 years. *Biodiversity of ecosystems of the Far North: inventory, monitoring, protection. IV All-Russian scientific conference: reports*. Syktyvkar: Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2023; 194–200 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fvaglo>
4. Davydov A.V. Current state of wild reindeer populations in Russia. Protection and rational use of animal and plant resources. *Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of Professor V.N. Skalon, within the framework of the XII International scientific and practical conference "Climate, Ecology, Agriculture of Eurasia"*. Molodezhnyy: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhvesky. 2023; 50–56 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kwjccf>
5. Yuzhakov A.A. Ppersonal reindeer as the basis of preservation of reindeer husbandry. *Scientific bulletin of Yamal-Nenets autonomous district*. 2017; (4) 28–31 (in Russian). <https://elibrary.ru/xnblbb>
6. Popova A.V., Golikova L.V. Breeds of northern domestic reindeer in the Agricultural production cooperative factory "Tompo". *Challenges and prospects of agricultural science and education. Collection of articles from the scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of higher agricultural education in the Republic of Sakha (Yakutia)*. Yakutsk: Arctic State Agrotechnological University. 2021; 58–61 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vsairv>
7. Mityukov A.S., Kaneva L.A., Zharikov Ya.A. Likely avenues of meat production in the northern regions of the Russian Federation. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2015; 39: 129–131 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uxwmcf>
8. Ponomareva E.S., Filippova V.A. Differences in the composition of the microbiota of the rumen of reindeer depending on the habitat. *Mechanisms of adaptation of microorganisms to various environmental conditions. Abstracts of the Second All-Russian Scientific Conference with International Participation*. Irkutsk: Irkutsk State University. 2022; 75–77 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/minaiu>
9. Sharoglazova L.P. Development of recipes for delicacy products from reindeer meat. *Actual issues of processing and formation of quality of agricultural products. Proceedings of the international scientific conference*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. 2021; 71–73 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uwprkr>
10. Yuzhakov A.A., Zabrodin V.A., Tyukalov Yu.A. Comparative characteristics of meat of domestic and wild reindeer. *Agricultural science at the present stage of development of the northern and arctic territories. Collection of scientific materials of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 90th anniversary of the Naryan-Mar agricultural experiment station (1932–2022)*. Naryan-Mar. 2022; 55–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kurhdm>
11. Lobanov A.A., Andronov S.V., Popov A.I., Bogdanova E.N., Kochkin R.A., Lobanova L.P. Reducing the negative effects of cold stress when consuming reindeer meat. *Fundamental and applied aspects of nutrition and dietetics*. Moscow: Medical Information Agency. 2023; 455–456 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ezwuwf>
12. Losorova Yu.E., Stepanov K.M. Amino acid composition of proteins from domestic reindeer herding products. *Chugunovsky agricultural readings. A collection of scientific articles based on the materials of the XV All-Russian scientific and practical conference of agro-technological orientation "Chugunov Agricultural Readings — 2023", dedicated to the 85th anniversary of academican, professor, doctor of agricultural sciences A.V. Chugunov and the 35th anniversary of agro-profiled schools of the Republic of Sakha (Yakutia)*. Yakutsk: Publishing house "North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov". 2023; 293–298 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kgumbh>
13. Okuskhanova E. et al. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Veterinary World*. 2017; 10(6): 623–629. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.623-629>
14. Bryzgalov G.Ya., Ignatovich L.S. Selection and breeding work in northern reindeer husbandry (to change the development paradigm). *Genetics and breeding of animals*. 2021; (4): 29–36 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-29-36>
15. Liu Y., Zhou J., Bian Y., Wang T., Xue H., Liu L. Estimation of Weight and Body Measurement Model for Pigs Based on Back Point Cloud Data. *Animals*. 2024; 14(7): 1046. <https://doi.org/10.3390/ani14071046>

16. Ashwini J.P., Sanjay P., Amipara G.J., Lunagariya P.M., Parmar D.J., Rank D.N. Prediction of Body Weight based on Body Measurements in Crossbred Cattle. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019; 8(3): 1597–1611. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.186>
17. Южаков А.А. Возрастные изменения пищевой ценности мяса домашних северных оленей. *Генетика и разведение животных*. 2018; (2): 129–134. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-2-129-134>
18. van den Berg M., Wallen H., Salmi A.-K. The osteometric identification of castrated reindeer (*Rangifer tarandus*) and the significance of castration in tracing human-animal relationships in the North. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2023; 15: 3. <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01696-y>
19. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б., Видякин Ю.Ю. Динамика показателей линейного роста и индексов телосложения товарного молодняка мясной птицы в зависимости от живой массы в суточном возрасте. *Аграрная наука*. 2023; 1(10): 68–72. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-68-72>
20. Белооков А.А., Белоокова О.В., Стулов С.С., Гриценко С.А., Ребезов М.Б., Зяблищева М.А. Оценка мясных качеств помесного молодняка свиней разной селекции. *Аграрная наука*. 2023; (4): 70–74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74>
21. Гриценко С.А., Ребезов М.Б. Оценка прямолинейности связей между показателями онтогенеза и продуктивными качествами поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Всё о мясе*. 2024; (3): 54–60. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
22. Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Базеев С.О., Комков И.В. Обзор исследований и технологий, применимых для цифровизации процесса оценки экстерьера животных в мясном и молочном животноводстве. *Аграрная наука*. 2024; (4): 114–122. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
23. Шеховцев Г.С., Прохоров И.П., Пикун А.Н. *Мировой опыт определения живой массы КРС. Эффективное животноводство*. 2021; (5): 132–134. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-132-134>
24. Ручай А.Н. Модель прогнозирования живого веса с помощью глубокой регрессии RGB-D-изображений. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика*. 2023; 12(1): 5–27. <https://doi.org/10.14529/cmse230101>
25. Шевелёва О.М., Бахарева А.А., Логинов С.В. Экстерьерные особенности ремонтного молодняка северных оленей. *Аграрная наука в АПК: от идеи к внедрению. Сборник Международной научно-практической конференции. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья*. 2023; 171–176. <https://www.elibrary.ru/orbcir>
26. Фёдоров В.И. Морфологические особенности северных домашних оленей по зонам разведения. *Актуальные проблемы ветеринарной медицины и биотехнологии. Сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию открытия специальности «ветеринария»*. Кинель: Самарский государственный аграрный университет. 2024; 182–186. <https://www.elibrary.ru/aaxpgu>
27. Guvenoglu E. Determination of the Live Weight of Farm Animals with Deep Learning and Semantic Segmentation Techniques. *Applied Sciences*. 2023; 13(12): 6944. <https://doi.org/10.3390/app13126944>
28. Rosa G.J.M. Quantitative Methods Applied to Animal Breeding. Spangler M.L. (ed.). *Animal Breeding and Genetics*. New York, NY: Springer. 2022; 25–49. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2460-9_334
29. Романова Е.А., Тулинова О.В. Конструирование прогнозного индекса для получения новых высокоценных генотипов коров. *Аграрная наука*. 2024; (7): 69–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73>
30. Talokar A.J. et al. Recent Advances in Sire Evaluation Methods: A Review. *Indian Journal of Animal Research*. 2023; 57(4): 395–401. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4280>
31. Tahtali Y. Use of factor scores in multiple regression analysis for estimation of body weight by certain body measurements in Romanov Lambs. *PeerJ*. 2019; 7: e7434. <https://doi.org/10.7717/peerj.7434>
16. Ashwini J.P., Sanjay P., Amipara G.J., Lunagariya P.M., Parmar D.J., Rank D.N. Prediction of Body Weight based on Body Measurements in Crossbred Cattle. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019; 8(3): 1597–1611. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.186>
17. Yuzhakov A.A. Age-related changes in the nutritional value of domestic reindeer meat. *Genetics and breeding of animals*. 2018; (2): 129–134 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-2-129-134>
18. van den Berg M., Wallen H., Salmi A.-K. The osteometric identification of castrated reindeer (*Rangifer tarandus*) and the significance of castration in tracing human-animal relationships in the North. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2023; 15: 3. <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01696-y>
19. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B., Vidyakin Yu.Yu. Dynamics of indicators of linear growth and physique indices of marketable young beef poultry depending on live weight at day old. *Agrarian science*. 2023; 1(10): 68–72 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-68-72>
20. Belookov A.A., Belookova O.V., Stvolov S.S., Gritsenko S.A., Rebezov M.B., Zyablitsheva M.A. Evaluation of meat qualities of crossbred young pigs of different breeding. *Agrarian science*. 2023; (4): 70–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74>
21. Gritsenko S.A., Rebezov M.B. Evaluation of the linearity of the relationships between the ontogenesis indicators and the productive qualities of the commercial herd of meat cross poultry. *Vse o myase*. 2024; (3): 54–60 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
22. Yurochka S.S., Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Bazaev S.O., Komkov I.V. Review of researches and technologies applicable to digitalization of the process of assessing the exterior of meat and dairy animals. *Agrarian science*. 2024; (4): 114–122 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>
23. Shekhovtsev G.S., Prokhorov I.P., Pikul A.N. World experience in determining live weight of cattle *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2021; (5): 132–134 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-132-134>
24. Ruchay A.N. Prediction Model of Live Weight Using Deep Regression RGB-D Images. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering*. 2023; 12(1): 5–27 (in Russian). <https://doi.org/10.14529/cmse230101>
25. Sheveleva O.M., Bakharev A.A., Loginov S.V. Exterior features of young reindeer replacements. *Agricultural science in the agro-industrial complex: from ideas to implementation. Collection of the International scientific and practical conference*. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. 2023; 171–176 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/orbcir>
26. Fedorov V.I. Morphophysiological features of domestic reindeer by breeding zones. *Actual problems of veterinary medicine and biotechnology Collection of scientific papers of the National scientific and practical conference with international participation dedicated to the 25th anniversary of the opening of the specialty "veterinary medicine"*. Kinel: Samara State Agrarian University. 2024; 182–186 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/aaxpgu>
27. Guvenoglu E. Determination of the Live Weight of Farm Animals with Deep Learning and Semantic Segmentation Techniques. *Applied Sciences*. 2023; 13(12): 6944. <https://doi.org/10.3390/app13126944>
28. Rosa G.J.M. Quantitative Methods Applied to Animal Breeding. Spangler M.L. (ed.). *Animal Breeding and Genetics*. New York, NY: Springer. 2022; 25–49. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2460-9_334
29. Romanova E.A., Tulanova O.V. Construction of a predictive index to create new high-value genotypes of cows. *Agrarian science*. 2024; (7): 69–73 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73>
30. Talokar A.J. et al. Recent Advances in Sire Evaluation Methods: A Review. *Indian Journal of Animal Research*. 2023; 57(4): 395–401. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4280>
31. Tahtali Y. Use of factor scores in multiple regression analysis for estimation of body weight by certain body measurements in Romanov Lambs. *PeerJ*. 2019; 7: e7434. <https://doi.org/10.7717/peerj.7434>

ОБ АВТОРАХ

Григорий Карапетович Пегливанян
младший научный сотрудник
Peglivanian_grig@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5194-4851>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Grigory Karapetovich Peglivanyan
Junior Researcher
Peglivanian_grig@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5194-4851>

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,

55A Moscow shosse, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

А.С. Абдельманова ✉

М.С. Форнара

Н.Ф. Бакоев

Н.А. Зиновьева

Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика
Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольский
р-н, Московская обл., Россия

✉ abdelmanova@vij.ru

Поступила в редакцию: 26.06.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Абдельманова А.С., Форнара М.С.,
Бакоев Н.Ф., Зиновьева Н.А.

Research article

 creative commons
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-104-108

Alexandra S. Abdelmanova ✉

Margaret S. Fornara

Nekruz F. Bakoev

Natalia A. Zinovieva

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal
Husbandry, Dubrovitsy village, Podolsky
district, Moscow region, Russia

✉ abdelmanova@vij.ru

Received by the editorial office: 26.06.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Abdelmanova A.S., Fornara M.S., Bakoev N.F.,
Zinovieva N.A.

Идентификация полиморфизмов локуса *BoLA-DRB3.2* в образцах черно-пестрого скота разных временных периодов

РЕЗЮМЕ

Вирус лейкоза вызывает персистентный лимфоцитоз у крупного рогатого скота, приводит к значительным экономическим потерям. Существуют генетические механизмы устойчивости к развитию заболевания. Важно проводить мониторинг стад крупного рогатого скота на носительство вируса лейкоза и генотипировать животных для выявления аллелей, связанных с устойчивостью к развитию лейкоза.

Цель работы — оценить изменения частот аллелей локуса *BoLA-DRB3.2* в черно-пестрой породе крупного рогатого скота под влиянием проводимой селекционной работы.

Исследованы образцы биологического материала современных представителей черно-пестрой породы (BLWT_MOD, n = 10), архивные образцы животных, использовавшихся в племенной работе в конце 70-х — начале 80-х годов XX века (BLWT_OLD, n = 10). На основании полных последовательностей 2-го экзона определен аллельный полиморфизм локуса *BoLA-DRB3.2*. Наблюдалось снижение аллельного разнообразия: в современной популяции выявлены 14 уникальных аллелей, в архивной популяции — 17. Под влиянием селекционной работы в современной популяции доля устойчивых аллелей выросла на 33,33%, а доля чувствительных — на 50% по сравнению с архивной. Доля нейтральных аллелей или аллелей с неизвестным статусом в современной популяции несколько снизилась (на 23,08%). Наполнение современной популяции черно-пестрого скота аллелями, связанными с чувствительностью к лейкозу, может быть связано как с привнесением их в генотип в результате голштинизации, так и с проводимой селекционной работой, направленной на повышение молочной продуктивности. Значительные экономические потери в результате низкого продуктивного долголетия чувствительных к лейкозу животных требуют корректировки проводимой селекционной работы с учетом аллельного статуса.

Ключевые слова: скотоводство, локальные породы, лейкоз КРС, *BoLA-DRB3.2*, аллели устойчивости

Для цитирования: Абдельманова А.С., Форнара М.С., Бакоев Н.Ф., Зиновьева Н.А. Идентификация полиморфизмов локуса *BoLA-DRB3.2* в образцах черно-пестрого скота разных временных периодов. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 104–108.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-104-108>

Identification of polymorphisms of the *BoLA-DRB3.2* locus in samples of black-and-white cattle from different time periods

ABSTRACT

The leukemia virus causes persistent lymphocytosis in cattle, resulting to significant economic losses. There are genetic mechanisms of resistance to the development of the disease. It is important to monitor cattle herds for carriage of the leukemia virus and genotype animals to identify alleles associated with resistance to leukemia development.

The aim of the work is to assess changes in allele frequencies of the *BoLA-DRB3.2* locus in the black-and-white breed of cattle due to breeding work. Samples of biological material from modern animals of the black-and-white breed (BLWT_MOD, n = 10), as well as archival samples of animals used in breeding work in the late 70s — early 80s of the twentieth century (BLWT_OLD, n = 10) were studied. Based on the complete sequences of the 2nd exon, the allele polymorphism of the *BoLA-DRB3.2* locus was determined. A decrease in allelic diversity was observed: 14 unique alleles were identified in the modern population, and 17 in the archived population. As a result of the breeding work in the modern population, the proportion of resistant alleles in the modern population increased by 33.33%, and the proportion of sensitive alleles by 50% compared to the archived one. The proportion of neutral alleles or alleles with unknown status in the modern population has decreased slightly (by 23.08%). The enrichment of the modern population of black-and-white cattle with alleles associated with sensitivity to leukemia may be associated both with their introduction into the gene pool as a result of crossbreeding with Holstein bulls, and with the breeding work aimed at increasing milk productivity. Significant economic losses as a result of low productive longevity of leukemia-sensitive animals require adjustment of the breeding work taking into account the allelic status.

Key words: cattle breeding, local breeds, bovine leukemia, *BoLA-DRB3.2*, resistance alleles

For citation: Abdelmanova A.S., Fornara M.S., Bakoev N.F., Zinovieva N.A. Identification of polymorphisms of the *BoLA-DRB3.2* locus in samples of black-and-white cattle from different time periods. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 104–108 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-104-108>

Введение/Introduction

Вирус лейкоза крупного рогатого скота (*Bovine leukemia virus, BLV*) вызывает длительную, медленно развивающуюся субклиническую инфекцию, которая в конечном итоге может прогрессировать до персистентного лимфоцитоза (*Persistent lymphocytosis, PL*).

Механизмы, вызывающие возникновение *PL* при инфекции *BLV*, полностью не выяснены [1], однако исследуются генетические механизмы взаимосвязи уровня провирусной нагрузки с развитием лимфоцитоза. Так, Lo C.W. и соавт. [2] исследовали связь уровня провирусной нагрузки с прогрессированием заболевания и показали, что некоторые аллели главного комплекса гистосовместимости связаны с повышением уровня провирусной нагрузки и развитием лимфомы, в то время как другие аллели были связаны с резистентностью к заболеванию.

Главный комплекс гистосовместимости расположен на коротком плече 23-й хромосомы, представляет собой семейство генов с разным уровнем экспрессии, играет решающую роль в иммунной реакции [3, 4]. Наиболее полиморфным и активно экспрессирующимся является ген бычьего лейкоцитарного антигена *BoLA-DRB3*, связанный с иммунным ответом на инфекционные и паразитарные заболевания [5, 6].

Лейкоз крупного рогатого скота вызывает значительные экономические потери, обусловленные несколькими аспектами. Прежде всего это сложности, связанные с реализацией молочной продукции и организацией процесса доения больных и здоровых животных. Поскольку в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013)¹ для производства продуктов переработки молока не допускается использование сырого молока от больных животных, производители вынуждены утилизировать такое молоко.

Дополнительные затраты связаны с содержанием животных в карантине при перемещении из неблагополучных хозяйств, организацией серологических исследований и ветеринарно-санитарной экспертизы в соответствии с требованиями Приказа Министерства сельского хозяйства РФ от 24 марта 2021 года № 156². Кроме того, в хозяйствах могут возникать проблемы с воспроизводством стада из-за передачи инфекции от коровы теленку либо искусственного заражения в ходе ветеринарных или зоотехнических мероприятий [7].

Распространенность заболевания внутри стад в Соединённых Штатах выросла в 4 раза за последние 60 лет [8], что является тревожным сигналом, поскольку с конца 70-х годов XX века проводилось массовое улучшение российских локальных пород голштинскими быками, завозимыми в том числе из США [9].

Мониторинг стад крупного рогатого скота на носительство вируса лейкоза и своевременную выбраковку или изоляцию больных животных является важной задачей, однако не менее актуально проводить генотипирование животных для выявления аллелей, связанных с устойчивостью к развитию лейкоза, с целью корректировки селекционной работы в сторону насыщения генофонда стада желательными генотипами.

Цель работы — оценка изменений частот встречаемости аллелей локуса *BoLA-DRB3.2* в черно-пестрой породе крупного рогатого скота под влиянием проводимой селекционной работы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Материалом для исследований служили образцы биологического материала (выщип из уха, кровь, сперма) быков-производителей современной популяции черно-пестрой породы (BLWT_MOD, n = 10), отобранные в 2017 г., архивные образцы (сперма) быков-производителей, использовавшихся в племенной работе в конце 70-х — начале 80-х годов XX века (BLWT_OLD, n = 10).

Все исследуемые образцы депонированы в генетическом банке ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста».

Исследование образцов проводили на базе ЦКП «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста».

На секвенаторе NovaSeq 6000 (2 x 150 bp) (Illumina Inc., США) проведено полногеномное секвенирование образцов. Биоинформационная обработка данных проводилась в среде R 3.5.0 (<http://www.Rproject.org>)³ с использованием дополнительных пакетов. Выравнивание сиквенсов выполняли с помощью инструментов bwa-mem2 [10] и SAMtools [11] на референсный геном крупного рогатого скота по сборке ARS-UCD1.2. Из полногеномных данных извлечены последовательности локуса *BoLA-DRB3.2* и выравнены в программе Mega 11 [12].

С использованием электронного ресурса BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*), предназначенного для поиска выравниваний и сопоставления последовательностей, проведено определение аллелей локуса *BoLA-DRB3.2* в соответствии с референсными последовательностями, загруженными из базы данных иммунного полиморфизма главного комплекса гистосовместимости (IPD)-МНХ [<https://www.ebi.ac.uk/ipd/mhc/>]. Статус аллеля по отношению к развитию лейкоза (устойчивый, чувствительный, нейтральный) определялся в соответствии с Xu A. и соавт. [13].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В ходе анализа 10 архивных и 10 современных образцов черно-пестрого скота был определен аллельный полиморфизм в соответствии с номенклатурой (IPD)-МНХ (табл. 1).

Примечание: цветом выделены аллели с разным статусом по отношению к лейкозу: красный — чувствительные аллели, зеленый — устойчивые аллели, голубой — нейтральные аллели или аллели с неизвестным статусом.

В современной популяции черно-пестрой породы наблюдается снижение аллельного разнообразия в локусе *BoLA-DRB3.2*: в архивной популяции выявлены 17 уникальных аллелей, в том числе 3 устойчивых, 2 чувствительных и 12 нейтральных или аллелей с неизвестным статусом, в то время как в современной — только 14

¹ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013). 103 с.

² Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 24 марта 2021 года № 156 «Об утверждении Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов лейкоза крупного рогатого скота». 20 с.

³ R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. — URL: <https://www.R-project.org/>

Таблица 1. Идентификация аллелей локуса BoLA-DRB3.2 в образцах черно-пестрой породы разных временных периодов

Table 1. Identification of alleles of the BoLA-DRB3.2 locus in black-and-white samples of different time periods

Номер образца	Номенклатура по (IPD)-MHC		Длина аллеля, бп	Номенклатура по van Eijk et al.
	Идентификационный номер	Название аллеля		
BLWT_MOD_1	BOLA03120	BoLA-DRB3*014:01:01	270	–
	BOLA10181	BoLA-DRB3*024:33	267	–
BLWT_MOD_2	BOLA03122	BoLA-DRB3*015:01	270	16
	BOLA03102	BoLA-DRB3*002:01	267	7
BLWT_MOD_3	BOLA03117	BoLA-DRB3*012:01	270	8
	BOLA03114	BoLA-DRB3*010:01	270	–
BLWT_MOD_4	BOLA03112	BoLA-DRB3*009:01	270	11
	BOLA03117	BoLA-DRB3*012:01	270	8
BLWT_MOD_5	BOLA03100	BoLA-DRB3*001:01	554	24
	BOLA03100	BoLA-DRB3*001:01	554	24
BLWT_MOD_6	BOLA03120	BoLA-DRB3*014:01:01	270	–
	BOLA03100	BoLA-DRB3*001:01	554	24
BLWT_MOD_7	BOLA03120	BoLA-DRB3*014:01:01	270	–
	BOLA07782	BoLA-DRB3*068:01	269	–
BLWT_MOD_8	BOLA09800	BoLA-DRB3*007:05	270	–
	BOLA10000	BoLA-DRB3*024:24	269	–
BLWT_MOD_9	BOLA03100	BoLA-DRB3*001:01	554	24
	BOLA10023	BoLA-DRB3*112:03	269	–
BLWT_MOD_10	BOLA03113	BoLA-DRB3*009:02	270	11
	BOLA03105	BoLA-DRB3*004:01	270	–
BLWT_OLD_1	BOLA03149	BoLA-DRB3*028:01	325	–
	BOLA10046	BoLA-DRB3*149:01	269	–
BLWT_OLD_2	BOLA03293	BoLA-DRB3*041:01	264	–
	BOLA03102	BoLA-DRB3*002:01	267	7
BLWT_OLD_3	BOLA03120	BoLA-DRB3*014:01:01	270	–
	BOLA03116	BoLA-DRB3*011:01	270	22
BLWT_OLD_4	BOLA03122	BoLA-DRB3*015:01	270	16
	BOLA03122	BoLA-DRB3*015:01	270	16
BLWT_OLD_5	BOLA09933	BoLA-DRB3*009:04	269	–
	BOLA10181	BoLA-DRB3*024:33	267	–
BLWT_OLD_6	BOLA10174	BoLA-DRB3*018:05	270	–
	BOLA09916	BoLA-DRB3*105:01	269	–
BLWT_OLD_7	BOLA03113	BoLA-DRB3*009:02	270	11
	BOLA03114	BoLA-DRB3*010:01	270	–
BLWT_OLD_8	BOLA03116	BoLA-DRB3*011:01	270	22
	BOLA09964	BoLA-DRB3*105:02	269	–
BLWT_OLD_9	BOLA09933	BoLA-DRB3*009:04	269	–
	BOLA09946	BoLA-DRB3*024:21	269	–
BLWT_OLD_10	BOLA03113	BoLA-DRB3*009:02	270	11
	BOLA09889	BoLA-DRB3*024:11	269	–

Таблица 2. Частоты встречаемости генотипов и аллелей BoLA-DRB3.2 в современных и архивных популяциях черно-пестрого скота

Table 2. Frequencies of BoLA-DRB3.2 genotypes and alleles in modern and archival populations of black-and-white cattle

Частота генотипов, %	Генотип	BLWT_OLD	BLWT_MOD
	R/N	30	20
	R/S	0	20
	N/N	40	30
	N/S	20	20
Частота аллелей, %	S/S	10	10
	Аллель	BLWT_OLD	BLWT_MOD
	R	0,15	0,2
	N	0,65	0,5
	S	0,2	0,3

Примечание: R — аллели, устойчивые к лейкозу; S — чувствительные; N — нейтральные.

уникальных аллелей, среди которых 3 устойчивых, 3 чувствительных и 8 нейтральных (табл. 1).

Были оценены частоты встречаемости генотипов и аллелей в архивной и современной популяциях черно-пестрого скота (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, гомозигот по устойчивым к лейкозу аллелям не было выявлено ни в одной исследуемой группе, в то время как гомозиготы по чувствительным аллелям встречались в обеих популяциях с одинаковой частотой.

Интересно отметить, что в популяции архивных животных, использовавшихся в племенной работе в конце 70-х — начале 80-х годов XX века, то есть до или в самом начале кампании по улучшению отечественных пород голштинским скотом, преобладают гомозиготы по нейтральным аллелям (N/N), в 20% случаев встречаются гетерозиготы по устойчивым (нейтральным) (R/N) аллелям, а гетерозигот по устойчивым (чувствительным) аллелям (R/S) не выявлено.

В современной популяции черно-пестрого скота доля R/N генотипов уменьшилась с 30 до 20%, но появились новые комбинации аллелей: доля R/S генотипов выросла с 0 до 20%.

Доля чувствительных к лейкозу гомозиготных генотипов и генотипов R/N не различалась для архивной и современной пород.

Оценка частот встречаемости аллелей локуса BoLA-DRB3.2 показала, что под влиянием проводимой селекционной работы в современной в черно-пестрой породе доля устойчивых аллелей выросла на 33,33%, а доля чувствительных аллелей увеличилась на 50% по сравнению с архивной популяцией. Доля нейтральных аллелей или аллелей с неизвестным статусом в современной популяции несколько снизилась (на 23,08%) по сравнению с предковой группой.

Проведенные ранее исследования показали неоднозначную связь между носительством аллелей устойчивости, провирусной

нагрузкой и признаками продуктивности. Рядом авторов было выявлено повышение молочной продуктивности при инфицировании провирусом лейкоза и (или) присутствием в генотипе чувствительных аллелей [14–16].

Другими исследователями отмечено: хотя инфекция влияла на повышение удоя, но на основании полиморфизма *BoLA-DRB3* не наблюдалось существенных различий в продуктивности молочного скота среди восприимчивых, нейтральных и устойчивых к лейкозу животных [17].

Кроме того, некоторые исследования показали, что инфицированные животные в среднем производят меньше молока, чем здоровые, и менее выгодны в содержании за счет ранней выбраковки [18, 19].

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGN-2024-0015).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Marin-Flamand E. *et al.* Relationship of persistent lymphocytosis, antibody titers, and proviral load with expression of interleukin-12, interferon- γ , interleukin-2, interleukin-4, interleukin-10, and transforming growth factor- β in cows infected with bovine leukemia virus from a high-prevalence dairy complex. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 2022; 86(4): 269–285.
- Lo C.-W. *et al.* *BoLA-DRB3* Polymorphism is Associated with Differential Susceptibility to Bovine Leukemia Virus-Induced Lymphoma and Proviral Load. *Viruses*. 2020; 12(3): 352. <https://doi.org/10.3390/v12030352>
- Maccari G. *et al.* IPD-MHC 2.0: an improved inter-species database for the study of the major histocompatibility complex. *Nucleic Acids Research*. 2017; 45(D1): D860–D864. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1050>
- Takehisa S.-N., Aida Y. Structure, function and disease susceptibility of the bovine major histocompatibility complex. *Animal Science Journal*. 2006; 77(2): 138–150. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2006.00332.x>
- Ilie D.E. *et al.* Kompetitive Allele Specific PCR Genotyping of 89 SNPs in Romanian Spotted and Romanian Brown Cattle Breeds and Their Association with Clinical Mastitis. *Animals*. 2023; 13(9): 1484. <https://doi.org/10.3390/ani13091484>
- Itenge T.O., Haikukutu L., Lyaku J.R. The Bovine Major Histocompatibility Complex and Its Role in Tick and Tick-borne Disease Resistance and Immune Responsiveness in *Bos Indicus* and their Crosses with *Bos Taurus* in Sub-Saharan Africa: A Review. *Welwitschia International Journal of Agricultural Sciences*. 2020; 2: 67–80. <https://doi.org/10.32642/wijas.v2i.1408>
- Макаров В.В. Лейкоз крупного рогатого скота. *Российский ветеринарный журнал*. 2020; (2): 18–25. <https://doi.org/10.32416/2500-4379-2020-2-18-26>
- Lohr C.E. *et al.* Phenotypic Selection of Dairy Cattle Infected with Bovine Leukemia Virus Demonstrates Immunogenetic Resilience through NGS-Based Genotyping of *BoLA MHC* Class II Genes. *Pathogens*. 2022; 11(1): 104. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010104>
- Сермягин А.А., Нарышкина Е.Н., Недашковский И.С., Ермилов А.Н., Богданова Т.В. Оценка эффекта голштинизации в популяции черно-пестрого скота Подмосковья. *АгроЗооТехника*. 2018; 1(3): 1. <https://doi.org/10.15838/alt.2018.1.3.1>
- Vasimuddin M., Misra S., Li H., Aluru S. Efficient Architecture-Aware Acceleration of BWA-MEM for Multicore Systems. *2019 IEEE Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)*. IEEE. 2019; 314–324. <https://doi.org/10.1109/IPDPS.2019.00041>
- Danecek P. *et al.* Twelve years of SAMtools and BCFtools. *GigaScience*. 2021; 10(2): giab008. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giab008>
- Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution*. 2021; 38(7): 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Xu A., van Eijk M.J., Park C., Lewin H.A. Polymorphism in *BoLA-DRB3* exon 2 correlates with resistance to persistent lymphocytosis caused by bovine leukemia virus. *Journal of Immunology*. 1993; 151(12): 6977–6985. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.151.12.6977>
- Гладырь Е.А., Зиновьева Н.А., Быкова А.С., Виноградова И.В., Эрнст Л.К. Молочная продуктивность коров в зависимости от инфицированности вирусом лейкоза и генотипа по *BoLA-DRB3*. *Достижения науки и техники АПК*. 2012; (8): 46–49. <https://elibrary.ru/pcybit>

Выводы/Conclusions

За последние 40–50 лет в группе быков-производителей черно-пестрого скота выросла доля генотипов, несущих аллели, связанные с повышенной чувствительностью к лейкозу.

Насыщение современной популяции черно-пестрого скота нежелательными аллелями может быть связано как с привнесением их в генофонд в результате голштинизации, так и с проводимой селекционной работой, направленной на повышение молочной продуктивности.

Таким образом, одним из элементов стратегии повышения продуктивного долголетия животных может быть корректировка проводимой селекционной работы в части отбора для воспроизводства стада особей с учетом аллельного статуса по гену *BoLA-DRB3*.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. FGGN-2024-0015).

REFERENCES

- Marin-Flamand E. *et al.* Relationship of persistent lymphocytosis, antibody titers, and proviral load with expression of interleukin-12, interferon- γ , interleukin-2, interleukin-4, interleukin-10, and transforming growth factor- β in cows infected with bovine leukemia virus from a high-prevalence dairy complex. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 2022; 86(4): 269–285.
- Lo C.-W. *et al.* *BoLA-DRB3* Polymorphism is Associated with Differential Susceptibility to Bovine Leukemia Virus-Induced Lymphoma and Proviral Load. *Viruses*. 2020; 12(3): 352. <https://doi.org/10.3390/v12030352>
- Maccari G. *et al.* IPD-MHC 2.0: an improved inter-species database for the study of the major histocompatibility complex. *Nucleic Acids Research*. 2017; 45(D1): D860–D864. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1050>
- Takehisa S.-N., Aida Y. Structure, function and disease susceptibility of the bovine major histocompatibility complex. *Animal Science Journal*. 2006; 77(2): 138–150. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2006.00332.x>
- Ilie D.E. *et al.* Kompetitive Allele Specific PCR Genotyping of 89 SNPs in Romanian Spotted and Romanian Brown Cattle Breeds and Their Association with Clinical Mastitis. *Animals*. 2023; 13(9): 1484. <https://doi.org/10.3390/ani13091484>
- Itenge T.O., Haikukutu L., Lyaku J.R. The Bovine Major Histocompatibility Complex and Its Role in Tick and Tick-borne Disease Resistance and Immune Responsiveness in *Bos Indicus* and their Crosses with *Bos Taurus* in Sub-Saharan Africa: A Review. *Welwitschia International Journal of Agricultural Sciences*. 2020; 2: 67–80. <https://doi.org/10.32642/wijas.v2i.1408>
- Makarov V.V. Enzootic bovine leucosis. *Russian veterinary journal*. 2020; (2): 18–25 (in Russian). <https://doi.org/10.32416/2500-4379-2020-2-18-26>
- Lohr C.E. *et al.* Phenotypic Selection of Dairy Cattle Infected with Bovine Leukemia Virus Demonstrates Immunogenetic Resilience through NGS-Based Genotyping of *BoLA MHC* Class II Genes. *Pathogens*. 2022; 11(1): 104. <https://doi.org/10.3390/pathogens11010104>
- Sermyagin A.A., Naryshkina E.N., Nedashkovsky I.S., Yermilov A.N., Bogdanova T.V. Evaluation of Holsteinization effect in the population of White-and-Black cattle in the Moscow oblast. *Agricultural and Livestock Technology*. 2018; 1(3): 1 (in Russian). <https://doi.org/10.15838/alt.2018.1.3.1>
- Vasimuddin M., Misra S., Li H., Aluru S. Efficient Architecture-Aware Acceleration of BWA-MEM for Multicore Systems. *2019 IEEE Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS)*. IEEE. 2019; 314–324. <https://doi.org/10.1109/IPDPS.2019.00041>
- Danecek P. *et al.* Twelve years of SAMtools and BCFtools. *GigaScience*. 2021; 10(2): giab008. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giab008>
- Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution*. 2021; 38(7): 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Xu A., van Eijk M.J., Park C., Lewin H.A. Polymorphism in *BoLA-DRB3* exon 2 correlates with resistance to persistent lymphocytosis caused by bovine leukemia virus. *Journal of Immunology*. 1993; 151(12): 6977–6985. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.151.12.6977>
- Gladyr E.A., Zinovieva N.A., Bykova A.S., Vinogradova I.V., Ernst L.K. Milk productivity of cows in dependence of the infection by BVL and genotype on *BoLA-DRB3*. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2012; (8): 46–49 (in Russian). <https://elibrary.ru/pcybit>

15. Сермягин А.А. и др. Связь генотипов BoLA-DRB3 с племенной ценностью по показателям молочной продуктивности в российской популяции молочного скота. *Сельскохозяйственная биология*. 2016; 51(6): 775–781. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.775rus>
16. Yang Y. et al. Dairy Cows Experimentally Infected With Bovine Leukemia Virus Showed an Increased Milk Production in Lactation Numbers 3–4: A 4-Year Longitudinal Study. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13: 946463. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.946463>
17. Nakatsuchi A., Matsumoto Y., Aida Y. Influence of BoLA-DRB3 Polymorphism and Bovine Leukemia Virus (BLV) Infection on Dairy Cattle Productivity. *Veterinary Sciences*. 2023; 10(4): 250. <https://doi.org/10.3390/vetsci10040250>
18. Norby B., Bartlett P.C., Byrem T.M., Erskine R.J. Effect of infection with bovine leukemia virus on milk production in Michigan dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(3): 2043–2052. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10089>
19. Nekouei O., VanLeeuwen J., Stryhn H., Kelton D., Keefe G. Lifetime effects of infection with bovine leukemia virus on longevity and milk production of dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*. 2016; 133: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.09.011>

ОБ АВТОРАХ

Александра Сергеевна Абдельманова

доктор биологических наук, старший научный сотрудник
 abdelmanova@vij.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>

Маргарет Сергеевна Форнара

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
 margaretforanara@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8844-177X>

Некруз Фарходович Бакоев

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
 nekruz82@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0324-3580>

Наталья Анатольевна Зиновьева

доктор биологических наук, профессор, академик РАН,
 директор
 n_zinovieva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

Федеральный исследовательский центр животноводства —
 ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
 пос. Дубровицы, 60, Подольский р-н, Московская обл., 142132,
 Россия

15. Sermyagin A.A. et al. Associations of BoLA-DRB3 genotypes with breeding values for milk production traits in Russian dairy cattle population. *Agricultural Biology*. 2016; 51(6): 775–781. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.775eng>

16. Yang Y. et al. Dairy Cows Experimentally Infected With Bovine Leukemia Virus Showed an Increased Milk Production in Lactation Numbers 3–4: A 4-Year Longitudinal Study. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13: 946463. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.946463>

17. Nakatsuchi A., Matsumoto Y., Aida Y. Influence of BoLA-DRB3 Polymorphism and Bovine Leukemia Virus (BLV) Infection on Dairy Cattle Productivity. *Veterinary Sciences*. 2023; 10(4): 250. <https://doi.org/10.3390/vetsci10040250>

18. Norby B., Bartlett P.C., Byrem T.M., Erskine R.J. Effect of infection with bovine leukemia virus on milk production in Michigan dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(3): 2043–2052. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10089>

19. Nekouei O., VanLeeuwen J., Stryhn H., Kelton D., Keefe G. Lifetime effects of infection with bovine leukemia virus on longevity and milk production of dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*. 2016; 133: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.09.011>

ABOUT THE AUTHORS

Alexandra Sergeevna Abdelmanova

Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher
 abdelmanova@vij.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>

Margaret Sergeevna Fornara

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
 margaretforanara@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8844-177X>

Nekruz Farkhodovich Bakoev

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher
 nekruz82@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0324-3580>

Natalia Anatolyevna Zinovieva

Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian
 Academy of Sciences, Director
 n_zinovieva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal
 Husbandry,
 60 Dubrovitsy, Podolsk district, Moscow region, 142132,
 Russia



МАК 2025

Межрегиональная Агропромышленная Конференция



12+

РЕКЛАМА

5–6 ФЕВРАЛЯ 2025 | СТАТЬ ПАРТНЁРОМ

РАЗДЕЛЫ МАК: ЗОНА ПАРТНЕРОВ

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- ◆ Селекция и семеноводство
- ◆ Удобрения
- ◆ Гербициды
- ◆ Средства защиты растений

ЖИВОТНОВОДСТВО

- ◆ Корма и кормовые добавки
- ◆ Селекция, генетика, репродукция
- ◆ Оборудование для содержания и ухода

УСЛУГИ ДЛЯ АПК

- ◆ Технологии
- ◆ Финансирование и страхование бизнеса
- ◆ Цифровизация и оптимизация процессов
- ◆ Логистика

Официальная поддержка:



Министерство
сельского хозяйства
Челябинской области

Организатор:



ПЕРВОЕ
ВЫСТАВОЧНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ

www.makural.ru

г. Челябинск, Гранд Отель Видгоф
 +7 (351) 755-55-10

УДК 636.2:577.212.3

Краткое сообщение



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-109-112

Х.М. Джатдоев

Т.А. Эркенов ✉

Северо-Кавказская государственная академия, Черкесск, Россия

✉ erkenov_timur@yahoo.com

Поступила в редакцию: 29.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Джатдоев Х.М., Эркенов Т.А.

Short communications



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-109-112

Khyzyr M. Dzhatdоеv

Timur A. Erkenov ✉

North Caucasus State Academy, Cherkessk, Russia

✉ erkenov_timur@yahoo.com

Received by the editorial office: 29.07.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Dzhatdоеv K.M., Erkenov T.A.

Полиморфизм некодирующих последовательностей у овец карачаевской породы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Генетическая структура автохтонных пород овец представляет особый интерес, поскольку позволяет оценивать пути распространения генетических потоков древнего овцеводства, а также выявлять молекулярно-генетические системы и их полиморфизм, ассоциированные с механизмами адаптации к меняющимся условиям окружающей среды. С целью сравнения генетических структур грубошерстных пород овец — карачаевской, калмыцкой и эдильбаевской, отличающихся по происхождению и условиям разведения, в работе оценены особенности генетических структур путем полилокусного генотипирования высокополиморфных геномных элементов — длинных концевых повторов пяти ретротранспозонов: SIRE-1, PaswS 5, BARE-1, BERV β -3 и BERV k-1. В результате получены данные о высоком полиморфизме фрагментов геномной ДНК, фланкированных инвертированными повторами участков этих ретротранспозонов, причем по трем из них (SIRE-1, PaswS 5 и BARE-1) калмыцкие и эдильбаевские овцы оказались ближе друг к другу, чем к карачаевской овце, что соответствует накопленным данным об уникальности происхождения и условий обитания карачаевской породы.

Ключевые слова: автохтонные породы, овцы, карачаевские овцы, ретротранспозоны, полиморфизм, полилокусное генотипирование, генетические дистанции

Для цитирования: Джатдоев Х.М., Эркенов Т.А. Полиморфизм некодирующих последовательностей у овец карачаевской породы. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 109–112. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-109-112>

Polymorphism of non-coding sequences in karachai sheep

ABSTRACT

Relevance. The genetic structure of autochthonous sheep breeds is of particular interest, since it allows us to assess the ways of spreading the genetic streams of ancient sheep breeding, as well as to identify molecular genetic systems and their polymorphism associated with mechanisms of adaptation to changing environmental conditions. In order to compare the genetic structures of coarse-haired sheep breeds — Karachay, Kalmyk and Edilbaevskaya, differing in origin and breeding conditions, the features of genetic structures were evaluated by polylocus genotyping of highly polymorphic genomic elements — long terminal repeats of five retrotransposons: SIRE-1, PaswS 5, BARE-1, BERV β -3 and BERV k-1. As a result, data were obtained on the high polymorphism of genomic DNA fragments flanked by inverted repeats of the sites of these retrotransposons, and for three of them (SIRE-1, PaswS 5 and BARE-1) Kalmyk and Edilba sheep turned out to be closer to each other than to the Karachai sheep, which corresponds to the accumulated data on the uniqueness of origin and habitat conditions the Karachai breed.

Key words: autochthonous breeds, sheep, Karachai sheep, retrotransposons, polymorphism, polylocus genotyping, genetic distances

For citation: Dzhatdоеv K.M., Erkenov T.A. Polymorphism of non-coding sequences in Karachai sheep. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 109–112 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-109-112>

Введение/Introduction

Карачаевская порода овец относится к достаточно хорошо представленной грубошерстной группе. Она является уникальной автохтонной породой Северного Кавказа, и ее уникальность заключается в том, что, помимо высокой хозяйственно биологической ценности, она обладает еще несвойственными для овец многих других пород признаками, такими как высокая резистентность к инфекционным болезням, приспособленность к резким перепадам температур, гипоксии в горных условиях, способности преодолевать большие расстояния при перегоне на пастбище в резко пересеченной местности [1].

Карачаевская порода выведена более 200 лет назад в Карачаево-Черкесии, отмечаются ее независимое происхождение и отсутствие генетических связей с современными породами, создана народной селекцией путем улучшения местной овцы в условиях круглогодичного пастбищного содержания.

К настоящему времени выполнены масштабные исследования, направленные на картирование областей локализации геномных элементов в геноме овец, ассоциированных с изменчивостью фенотипических характеристик, связанных с продуктивностью и адаптационными признаками, для выявления подтвержденных мишеней искусственного и естественного отборов (CSS) [2]. В общей сложности идентифицированы 518 CSS по всему геному овец, классифицированных как связанные с изменчивостью характеристик продуктивности (147 продCSS) и показателей адаптивности (219 адапCSS). Обнаружено, что гены, входящие в состав CSS, ассоциированы с биологическими процессами адаптации и продуктивности.

В исследованиях генов у 15 автохтонных русских пород, связанных с балансом между продуктивностью и адаптивностью животных, выделены 2 хорошо дифференцированные группы. В первую входили, в частности, 3 грубошерстные породы, такие как карачаевская, калмыцкая и эдильбаевская, причем первая — горная, две другие — степные [3].

В данном исследовании, несмотря на наличие определенного сходства проекций признаков продуктивности и адаптивности на конкретные гены, вовлекаемые в соответствующие характеристики, карачаевская овца заметно отличалась от других пород.

Цель исследования — выявление своеобразия генетической структуры карачаевской породы с помощью полилокусного генотипирования по высокополиморфным ДНК-маркерам, представленным фрагментами геномной ДНК, фланкированными инвертированными повторами участков ретротранспозонов (Inter Retrotransposon Amplified Polymorphism — IRAP-маркеры), занимающих почти половину генома и наиболее изменчивых элементов геномов млекопитающих у 3 грубошерстных пород овец — карачаевской, эдильбаевской и калмыцкой.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

В анализ включены следующие овцы 3 пород: эдильбаевской (60 голов, ОАО «Эдильбай-Волгоград»), калмыцкой (30 голов, крестьянско-фермерское хозяйство «Харада», Республика Калмыкия), карачаевской (20 голов, частное хозяйство, пос. Индустрия, Ставропольский край).

Образцы крови получали из яремной вены животных в соответствии с «Позицией по этике использования животных в исследованиях, выполняемых при поддержке Российского научного фонда»¹. ДНК выделяли с использованием набора «ДНК-Экстран 1» («Синтол», Россия) в соответствии с рекомендациями производителя.

В качестве праймеров использовали олигонуклеотидные последовательности («Синтол», Россия), гомологичные длинным терминальным повторам (Long Terminal Repeat, LTR) следующих эндогенных ретровирусов: LTR SIRE-1 (Soybean Interspersed Repetitive Element 1 [5, 6] праймер 5'GCAGTTATGCAAGTGGGATGAGCA3'; PawS5 семейства R173 [7], праймер 5'AACGAGGGGTTCGAGGCC3'; BARE-1 [8], праймер 5'CCAACTAGAGGCTTGCTAGGGAC3'; эндогенный ретровирус BERV K-1, участвовавший в формировании плаценты у млекопитающих (baboon placental ERV) [9, 10], и BERV β-3 (bovine endogenous retrovirus β-3) [11], входящий в семейство эндогенных ретровирусов, экспрессирующихся в разных органах, в частности у крупного рогатого скота [12], праймеры 5'TATCAGGCCCTCTCCGCATG3' и 5'GGACCTTCTCCTTCAAGGC3' соответственно.

ПЦР проводили в общем объеме 20 мкл с использованием коммерческого набора реагентов для ОТ-ПЦР («Синтол», Россия). Условия амплификации: начальная денатурация (t = 94 °C, 2 мин.); денатурация (t = 94 °C, 30 сек.), отжиг (t = 55 °C, 30 сек.), элонгация (t = 72 °C, 2 мин.) — 30 циклов; финальная элонгация (t = 72 °C, 10 мин.).

ПЦР проводили на амплификаторе «Терцик» («ДНК-Технология», Россия). Продукты амплификации разделяли в горизонтальных 1,5%-ных агарозных гелях. Гели окрашивали бромистым этидием. Размеры фрагментов ДНК определяли с помощью маркера молекулярной массы 100 п. о. + 1,5 т. п. о. + 3 т. п. о. (12 фрагментов от 100 до 3000 п. о.) M27 («СибЭнзим», Россия). Каждый фрагмент в полученных спектрах ДНК рассматривали как отдельный локус. Наличие (отсутствие) фрагмента определенной длины в спектрах оценивалось как генотип локуса. Расчет показателя PIC (полиморфного информационного содержания) проводился с использованием формулы для биаллельных локусов, основанной на принципе Харди — Вайнберга, для которой $PIC = 2f(1 - f)$, где f — частота встречаемости отсутствия продукта амплификации, которое оценивалось как рецессивный аллель.

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

Исследования полиморфизма фрагментов геномной ДНК овец, фланкированных инвертированными повторами длинных терминальных повторов 5 ретротранспозонов (см. Материалы и методы), выполнялись на образцах периферической крови 3 пород овец — карачаевской, калмыцкой, эдильбаевской.

Выявлен и суммарно (с учетом внутривидового полиморфизма каждого фрагмента геномной ДНК отдельно) оценен полиморфизм полученных с использованием в качестве праймера участков исследуемых ретротранспозонов в полимеразной цепной реакции (ПЦР) продуктов амплификации (ампликонов). Суммарно по всем спектрам оценивали полиморфизм надежно и воспроизводимо выявляемых 75 локусов: полученные с праймером SIRE-1 16 локусов, PawS 5 — 17, BARE-1 — 16, BERVk-1 — 14, BERV β-3 — 12 (табл. 1, рис. 1).

¹ https://rscf.ru/fondfiles/PotE_rus.pdf

Таблица 1. Усредненные характеристики спектров ампликонов геномной ДНК овец суммарно по породам, полученных с использованием 5 IRAP-PCR-маркеров (см. Материалы и методы)

Table 1. Average characteristics of the spectra of sheep genomic DNA amplicons in total by breeds, obtained using five IRAP-PCR-markers (see materials and methods)

IRAP-маркеры	SIRE-1	Pasw 5	BARE-1	BERV β-3	BERV k-1
Границы длин фрагментов спектра	1490–320	1910–480	1430–330	1300–450	1300–190
Количество локусов в спектре	16	17	16	12	14
PIC _{пр.}	0,224	0,185	0,197	0,127	0,175
P _{пр.} (%)	63	53	50	33	43

Примечание: PIC — полиморфное информационное содержание спектра ампликонов, P — доля полиморфных локусов.

Рис. 1. Электрофореграмма спектров ампликонов геномной ДНК эдильбаевской овцы, полученных с использованием в качестве праймеров фрагментов 5 ретротранспозонов, указанных в верхней строке фотографий (IRAP-маркеры). М-маркер молекулярных масс, 3000, 1500, 1000, 500 пар оснований (п. о.)

Fig. 1. Electropherogram of the spectra of amplicons of genomic DNA of the Edilbaev sheep obtained using fragments of five retrotransposons as primers, indicated in the upper row of the photographs (IRAP-markers). M-marker of molecular masses, 3000, 1500, 1000, 500 base pairs (bp)

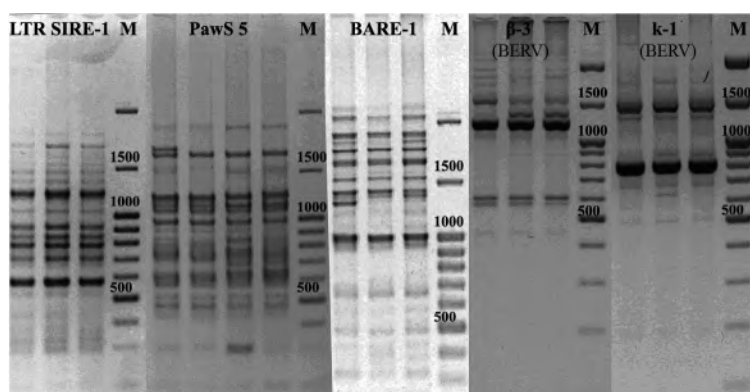


Таблица 2. Характеристики спектров IRAP-PCR-маркеров у исследованных пород овец

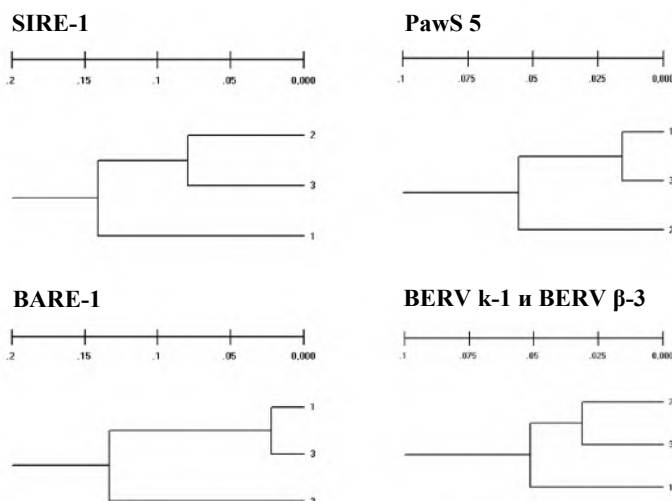
Table 2. Characteristics of IRAP-PCR-marker spectra in the studied sheep breeds

IRAP маркеры	SIRE-1	PawS 5	BARE-1	BERV k-1	BERV β-3
Породы	PIC P, %	PIC P, %	PIC P, %	PIC P, %	PIC P, %
Калмыцкие овцы	0,112 31	0,159 47	0,154 25	0,099 21	0,037 17
Карачаевские овцы	0,043 13	0,199 47	0,050 13	0,130 29	0,041 8
Эдильбаевские овцы	0,081 19	0,113 35	0,157 38	0,152 36	0,111 25

Примечание: PIC — полиморфное информационное содержание спектра ампликонов, P — доля полиморфных локусов.

Рис. 2. Дендрограммы, построенные на основании генетических дистанций (DN), рассчитанных по значениям полиморфизма спектров праймеров SIRE-1, PawS 5, BARE-1 и BERV у разных пород овец: 1 — калмыцких, 2 — карачаевских, 3 — эдильбаевских

Fig. 2. Dendrograms based on genetic distances (DN) calculated from the polymorphism values of the spectra of primers SIRE-1, PawS 5, BARE-1 and BERV in different breeds of sheep: 1 — Kalmyk, 2 — Karachai, 3 — Edilbaev



Спектры фрагментов ДНК, полученные в результате генотипирования групп родственных между собой пород овец (калмыцких и эдильбаевских) по особенностям истории происхождения, эколого-географическим условиям обитания, но отличающихся по генетической структуре, оцененной по полиморфизму микросателлитных локусов [13], оказались достаточно близки по IRAP-маркерам. Так, при использовании в качестве праймера терминального участка ретротранспозона LTR-SIRE-1 они характеризовались близкими значениями полиморфизма (PIC_{ср.} = 0,081; 0,112; p = 19%; 31% соответственно) (табл. 2).

Высокий уровень полиморфизма выявлен в спектрах фрагментов ДНК всех исследованных групп овец, полученных с использованием праймера PawS 5. Полиморфизм спектров по праймеру BARE-1 у калмыцких и эдильбаевских овец сходен с таковым по праймеру PawS 5, тогда как группа карачаевских овец оказалась менее полиморфной.

Полиморфизм спектров, полученных с использованием фрагментов эндогенных бета-ретровирусов млекопитающих, отличался в зависимости от используемого праймера. Так, спектры праймера BERV k-1 были более полиморфны по сравнению со спектрами праймера BERV β-3. При этом по спектрам праймера BERV k-1 не обнаруживается выраженной межпородной дифференциации.

Отмечаются относительно низкие значения полиморфизма у калмыцких овец по сравнению с эдильбаевскими и карачаевскими (табл. 2).

При сравнении относительно близких пород (калмыцкой и эдильбаевской) первые оказываются наиболее разнородными исходя из полиморфизма, полученного по праймерам к фрагментам ретротранспозонов растений, за исключением праймера BARE-1, где значения P и PIC сравнимы с другими породами. И, наоборот, спектры фрагментов ДНК праймеров к ретротранспозонам животных были более полиморфны у эдильбаевских овец.

По значениям генетических расстояний, рассчитанных по методу М. Нея (DN) [14], были построены дендрограммы (рис. 2). Известную историю происхождения пород отражают дендрограммы, построенные на основании полиморфизма, полученного с использованием праймеров, исходно применяемых для генотипирования злаков (PawS 5 и BARE-1). То есть степные породы — калмыцкая и эдильбаевская, имеющие общий корень, образуют общий кластер, а горная карачаевская обособляется.

В наибольшей степени эти породы удалены друг от друга на дендрограммах, полученных исходя из значений полиморфизма спектров фрагментов праймера

SIRE-1 и объединенных значений полиморфизма спектров праймеров BERV (рис. 2).

Различия в расположении разных пород в дендрограмме помогут понять уровень разнообразия и адаптивности популяций, что будет полезно для программ по селекции и консервации овец.

Выводы/Conclusions

Согласно полученным данным, дифференциация пород овец по всем праймерам имела общую определенную закономерность, и ни в одном случае исходные популяции овец, то есть калмыцкие (по сравнению

с эдильбаевскими) и карачаевские, не объединялись в один кластер.

Карачаевская порода, представляющая горный тип, выделяется в отдельный кластер. Это может указывать на то, что горные и степные породы имеют разные адаптации к условиям проживания и отличия в их генетическом фоне.

Наибольшее генетическое различие зафиксировано по данным полиморфизма, полученным от праймеров SIRE-1 и BERV. Это говорит о значительных генетических различиях между данными группами овец.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1023083000004-7-4.1.1 «Генетические ресурсы карачаевской породы лошадей и карачаевской породы овец в разных эколого-географических зонах»).

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 1023083000004-7-4.1.1 "Genetic resources of the Karachai breed of horses and the Karachai breed of sheep in different ecological and geographical zones").

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гаджиев З.К. Перспективы развития грубошерстных овец мясо-шерстно-молочного направления продуктивности на Северном Кавказе. *Сельскохозяйственный журнал*. 2009; 2(2–2): 17–21.
- Suárez-Vega A., Arranz J.J., Gutiérrez-Gil B. Integration of selective sweeps across the sheep genome: understanding the relationship between production and adaptation traits. *Genet Sel Evol*. 2024; 56(1): 40. <https://doi.org/10.1186/s12711-024-00910-w>
- Yurchenko A.A. et al. High-density genotyping reveals signatures of selection related to acclimation and economically important traits in 15 local sheep breeds from Russia. *BMC Genomics*. 2019; 8: 20(S3): 294. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5537-0>
- Глазко В.И., Косовский Г.Ю., Глазко Т.Т. Доместикация как частный случай эволюции: об универсальности принципов и механизмов (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2023; 58(5): 821–839. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.5.821rus>
- Laten H.M., Morris R.O. SIRE-1, a long interspersed repetitive DNA element from soybean with weak sequence similarity to retrotransposons: initial characterization and partial sequence. *Gene*. 1993; 8: 134(2): 153–159. [https://doi.org/10.1016/0378-1119\(93\)90089-1](https://doi.org/10.1016/0378-1119(93)90089-1)
- Laten H.M., Havecker E.R., Farmer L.M., Voytas D.F. 'SIRE1, an Endogenous Retrovirus Family from Glycine max, Is Highly Homogeneous and Evolutionarily Young. *Mol. Biol. Evol*. 2003; 20(8): 1222–1230. <https://doi.org/10.1093/molbev/msg142>
- Lee J.H., Graybosch R.A., Kaeppler S.M., Sears R.G. A PCR assay for detection of a 2RL.2BS wheat-rye chromosome translocation. *Genome*. 1996; 39(3): 605–608. <https://doi.org/10.1139/g96-076>
- Manninen I., Schulman A.H. BARE-1, a copia-like retroelement in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Mol Biol*. 1996; 22(5): 829–846. <https://doi.org/10.1007/BF00027369>
- Galli J., Almiñana C., Wiesendanger M., Schuler G., Kowalewski M.P., Klisch K. Bovine placental extracellular vesicles carry the fusogenic syncytin BERV-K1. *Theriogenology*. 2024; 223: 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.04.012>
- Baba K. et al. Identification of novel endogenous beta retroviruses which are transcribed in the bovine placenta. *J Virol*. 2011; 85(3): 1237–1245. <https://doi.org/10.1128/JVI.01234-10>
- Xiao R., Kim J., Choi H., Park K., Lee H., Park C. Characterization of the bovine endogenous retrovirus beta3 genome. *Mol Cells*. 2008; 29: 25(1): 142–147.
- Sakurai T., Kusama K., Imakawa K. Progressive Exaptation of Endogenous Retroviruses in Placental Evolution in Cattle. *Biomolecules*. 2023; 13(12): 1680. <https://doi.org/10.3390/biom13121680>
- Гладырь Е.А. и др. Оценка степени дифференциации эдильбаевской и калмыцкой пород овец по микросателлитам. *Достижения науки и техники АПК*. 2013; 3: 68–70.
- Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*. 1978; 89(3): 583–590. <https://doi.org/10.1093/genetics/89.3.583>

ОБ АВТОРАХ

Хызыр Магометович Джатдоев

кандидат сельскохозяйственных наук, директор научно-образовательного селекционного центра коневодства h.jatdo@mail.ru

Тимур Алипович Эркенов

кандидат сельскохозяйственных наук, директор Аграрного института erkenov_timur@yahoo.com

Северо-Кавказская государственная академия, Ставропольская ул., 36, Черкесск, 369000, Россия

REFERENCES

- Gadzhiev Z.K. Prospects for the development of coarse-wool sheep of meat-wool-milk productivity in the North Caucasus. *Agricultural Journal*, 2009; 2(2–2): 17–21 (in Russian).
- Suárez-Vega A., Arranz J.J., Gutiérrez-Gil B. Integration of selective sweeps across the sheep genome: understanding the relationship between production and adaptation traits. *Genet Sel Evol*. 2024; 56(1): 40. <https://doi.org/10.1186/s12711-024-00910-w>
- Yurchenko A.A. et al. High-density genotyping reveals signatures of selection related to acclimation and economically important traits in 15 local sheep breeds from Russia. *BMC Genomics*. 2019; 8: 20(S3): 294. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5537-0>
- Glazko V.I., Kosovsky G.Yu., Glazko T.T. Domestication as a special case of evolution: on the universality of principles and mechanisms (review). *Agricultural Biology*. 2023; 58(5): 821–839 (in Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.5.821rus>
- Laten H.M., Morris R.O. SIRE-1, a long interspersed repetitive DNA element from soybean with weak sequence similarity to retrotransposons: initial characterization and partial sequence. *Gene*. 1993; 8: 134(2): 153–159. [https://doi.org/10.1016/0378-1119\(93\)90089-1](https://doi.org/10.1016/0378-1119(93)90089-1)
- Laten H.M., Havecker E.R., Farmer L.M., Voytas D.F. 'SIRE1, an Endogenous Retrovirus Family from Glycine max, Is Highly Homogeneous and Evolutionarily Young. *Mol. Biol. Evol*. 2003; 20(8): 1222–1230. <https://doi.org/10.1093/molbev/msg142>
- Lee J.H., Graybosch R.A., Kaeppler S.M., Sears R.G. A PCR assay for detection of a 2RL.2BS wheat-rye chromosome translocation. *Genome*. 1996; 39(3): 605–608. <https://doi.org/10.1139/g96-076>
- Manninen I., Schulman A.H. BARE-1, a copia-like retroelement in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Mol Biol*. 1996; 22(5): 829–846. <https://doi.org/10.1007/BF00027369>
- Galli J., Almiñana C., Wiesendanger M., Schuler G., Kowalewski M.P., Klisch K. Bovine placental extracellular vesicles carry the fusogenic syncytin BERV-K1. *Theriogenology*. 2024; 223: 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.04.012>
- Baba K. et al. Identification of novel endogenous beta retroviruses which are transcribed in the bovine placenta. *J Virol*. 2011; 85(3): 1237–1245. <https://doi.org/10.1128/JVI.01234-10>
- Xiao R., Kim J., Choi H., Park K., Lee H., Park C. Characterization of the bovine endogenous retrovirus beta3 genome. *Mol Cells*. 2008; 29: 25(1): 142–147.
- Sakurai T., Kusama K., Imakawa K. Progressive Exaptation of Endogenous Retroviruses in Placental Evolution in Cattle. *Biomolecules*. 2023; 13(12): 1680. <https://doi.org/10.3390/biom13121680>
- Gladyr E.A. et al. Evaluation of the degree of differentiation of the Edilbaevskaya and Kalmyk breeds of sheep by microsatellites. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2013; 3: 68–70 (in Russian).
- Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*. 1978; 89(3): 583–590. <https://doi.org/10.1093/genetics/89.3.583>

ABOUT THE AUTHORS

Khyzyr Magometovich Dzhatdov

Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Scientific and Educational Breeding Center for Horse Breeding h.jatdo@mail.ru

Timur Alipovich Erkenov

Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Agricultural Institute erkenov_timur@yahoo.com

North Caucasus State Academy, Stavropolskaya Str., Cherkessk, 369000, Russia

УДК 636.2:577.212.3

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-113-116

Т.А. Эркенов¹ ✉Г.Ю. Косовский²¹Северо-Кавказская государственная академия, Черкесск, Россия²Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева, пос. Родники, Московская обл., Россия

✉ erkenov_timur@yahoo.com

Поступила в редакцию: 28.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Эркенов Т.А., Косовский Г.Ю.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-113-116

Timur A. Erkenov¹ ✉Gleb Yu. Kosovsky²¹North Caucasus State Academy, Cherkessk, Russia²Scientific Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding named after V.A. Afanasyev, Rodniki, Moscow Region, Russia

✉ erkenov_timur@yahoo.com

Received by the editorial office: 28.07.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Erkenov T.A., Kosovsky G.Yu.

Подбор полиморфных ДНК-маркеров на основе ретротранспозонов для контроля генетических структур карачаевской лошади

РЕЗЮМЕ

Сокращение биоразнообразия, стремительное исчезновение автохтонных пород животных сельскохозяйственных видов представляет реальную угрозу развития сельского хозяйства в глобальном масштабе. Особое значение это приобретает в связи с изменениями климата, увеличением антропогенного давления, накопления генотоксичных отходов жизнедеятельности человека. Необходимость исследований генетических ресурсов автохтонных пород, как правило, воспроизводимых в зонах рискованного животноводства, обусловлена не только задачами их сохранения, но и изучения механизма молекулярно-генетических основ адаптации к неблагоприятным факторам окружающей среды (в частности, у млекопитающих).

Цель работы — подбор ДНК-маркеров, характеризующихся высоким полиморфизмом и достаточно легкодоступным для полилокусного генотипирования у карачаевской породы лошадей, отличающейся высокой адаптацией к горной гипоксии.

В качестве ДНК-маркеров оценивался полиморфизм фрагментов геномной ДНК лошадей, фланкированных инвертированными участками длинных концевых повторов четырех эндогенных ретровирусов: SIRE-1, PawS5, BERV k-1 и BERV β-3. В результате исследований получены данные, что наиболее полиморфными участками геномной ДНК карачаевской лошади являются короткие фрагменты, фланкированные инвертированными повторами SIRE-1 и BERV β-3, что может быть использовано для выявления внутривидового разнообразия генетической структуры карачаевской лошади.

Ключевые слова: ДНК-маркеры, транспозоны, эндогенные ретровирусы, генотипирование, полиморфизм, карачаевская лошадь

Для цитирования: Эркенов Т.А., Косовский Г.Ю. Подбор полиморфных ДНК-маркеров на основе ретротранспозонов для контроля генетических структур карачаевской лошади. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 113–116.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-113-116>

Selection of polymorphic DNA-markers based on retrotransposons for the control of genetic structures of the Karachai horse

ABSTRACT

The biodiversity reduction and the rapid disappearance of autochthonous farm animal breeds pose a real threat to the development of agriculture on a global scale. This is of particular importance in connection with climate change, an increase of anthropogenic pressure, and the accumulation of genotoxic human waste. The need to study the genetic resources of autochthonous breeds, as a rule, reproduced in areas of risky animal husbandry, is due not only to the tasks of their conservation, but also to study the mechanism of molecular genetic bases of adaptation to adverse environmental factors (in particular, in mammals).

The aim of the work is to select DNA markers characterized by high polymorphism and easily accessible enough for polylocus genotyping in the Karachai horse breed, characterized by high adaptation to mountain hypoxia.

Polymorphism of fragments of horse genomic DNA flanked by inverted sections of long terminal repeats of four endogenous retroviruses: SIRE-1, PawS5, BERV k-1 and BERV β-3 was evaluated as DNA markers. As a result of the research, data were obtained that the most polymorphic sections of the genomic DNA of the Karachai horse are short fragments flanked by inverted repeats of SIRE-1 and BERV β-3, which can be used to identify the intrabreed diversity of the genetic structure of the Karachai horse.

Key words: DNA-markers, transposons, endogenous retroviruses, genotyping, polymorphism, Karachai horse

For citation: Erkenov T.A., Kosovsky G.Yu. Selection of polymorphic DNA-markers based on retrotransposons for the control of genetic structures of the Karachai horse. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 113–116 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-113-116>

Введение/Introduction

Сокращение биоразнообразия, исчезновение пород животных, уносящих с собой уникальные генетические варианты, — широко обсуждаемая проблема. Особый интерес представляют породы, веками воспроизводившиеся в регионах рискованного животноводства, поскольку в связи с этим обладают высокой способностью к адаптации к неблагоприятным для вида условиям.

В условиях изменения климата, роста антропогенной нагрузки повышается значимость исследований генетической структуры таких пород. К ним относится и карачаевская лошадь¹, известная своей адаптацией к высокогорной гипоксии. Это особенно интересно в связи с тем, что обнаруживается определенное сходство между высокогорными лошадьми и адаптированными к высокогорной гипоксии этносов и других видов [1, 2].

Одной из проблем использования ДНК-маркеров для контроля породной и внутривидовой динамики генетической структуры (в частности, автохтонных пород лошадей) является определенная сложность современных методов генотипирования животных в условиях, недостаточно специализированных для решения таких задач [3]. В связи с этим необходим подбор ДНК-маркеров, отличающихся высоким полиморфизмом и относительной простотой выявления.

По рекомендации International Society of Animal Genetics (ISAG) для генетической паспортизации лошадей используется панель из 17 локусов микросателлитов [4], но, к сожалению, большинство из них представлены диаллельными тандемными повторами, что существенно усложняет процесс генотипирования. Кроме того, в результате такого генотипирования оценивается полиморфизм только в лучшем случае по 17 локусам, причем в геноме домашней лошади суммарно все микросателлиты занимают менее 2% всех нуклеотидных последовательностей, в то время как основная часть генома (более 40%) представлена ретротранспозонами². Для того чтобы увеличить количество генотируемых локусов, удобнее использовать фрагменты ДНК, фланкированные инвертированными повторами микросателлитов. Преимущество заключаются в том, что в качестве праймера в полимеразной цепной реакции можно использовать только один праймер, получая удобные для анализа с разными праймерами (участками микросателлитов) несколько десятков фрагментов ДНК (локусов) длинами от 100 пар оснований (п. о.) до, как правило, 3000 п. о. (Inter-Simple Sequences Repeats — ISSR-маркеры) [5].

К настоящему времени накоплены данные, свидетельствующие о том, что такой показатель, как уровень гетерозиготности по микросателлитным локусам у достаточно удаленных видов, оказался сравнительно близким по сравнению с результатами полилокусного генотипирования животных с применением в качестве праймеров фрагментов длинных концевых повторов ретротранспозонов [6]. Использование фрагмента длинного концевого повтора ретротранспозона (Inter Retrotransposon Amplified Polymorphism — IRAP-маркеры) в качестве одного праймера в полимеразной цепной реакции похоже на работу с микросателлитами, но оказалось, что их полиморфизм существенно варьирует от одного ретротранспозона к другому у разных видов [6].

Цель работы — подбор наиболее эффективных IRAP-маркеров с использованием фрагментов длинных концевых повторов (LTR) четырех разных ретротранспозонов для полилокусного генотипирования представителей карачаевской лошади.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В анализ работы, проведенной в 2024 году, включены мультилокусные спектры IRAP-маркеров у лошадей карачаевской породы ООО «Аргомак» (Малокарачаевский р-н, Карачаево-Черкесия) — 30 кобыл и 2 жеребца.

Геномную ДНК выделяли из клеток периферической крови лошадей с помощью коммерческого набора реагентов «ДНК-Экстран-1» («Синтол», Россия). IRAP-ПЦР проводили по модифицированной методике Э. Зеткевич и соавт. [7]. В качестве праймеров использовали олигонуклеотидные последовательности («Синтол», Россия), гомологичные длинным терминальным повторам (Long terminal repeat — LTR) эндогенных ретровирусов: LTR SIRE-1 (soybean interspersed repetitive element 1 [8, 9] праймер 5-GCAGTTATGCAAGTGGGATGAGCA3; PawS5 семейства R173 [10], праймер 5-AACGAGGGGTTCGAGGCC3; эндогенных ретровирусов BERV K-1, участвовавший в формировании плаценты у млекопитающих (baboon placental ERV) [11, 12], и BERV β-3 (bovine endogenous retrovirus beta 3) [13], входящий в семейство эндогенных ретровирусов, экспрессирующихся в разных органах (в частности, у крупного рогатого скота) [14], праймеры 5-TATCAGGCCTCTCCGCATG3 и 5-GGACCTTCTCTCAAGGC3 соответственно.

ПЦР проводили в общем объеме 20 мкл с использованием коммерческого набора реагентов для ОТ-ПЦР («Синтол», Россия). Условия амплификации: начальная денатурация (t = 94 °C, 2 мин.); денатурация (t = 94 °C, 30 сек.), отжиг (t = 55 °C, 30 сек.), элонгация (t = 72 °C, 2 мин.) — 30 циклов; финальная элонгация (t = 72 °C, 10 мин.).

ПЦР проводили на амплификаторе «Терцик» («ДНК-Технология», Россия). Продукты амплификации разделяли в горизонтальных 1,5%-ных агарозных гелях. Гели окрашивали бромистым этидием. Размеры фрагментов ДНК определяли с помощью маркера молекулярной массы 100 п. о. + 1,5 т. п. о. + 3 т. п. о. (12 фрагментов от 100 до 3000 п. о.) M27 («СибЭнзим», Россия). Каждый фрагмент в полученных спектрах ДНК рассматривали как отдельный локус.

Используя алгоритмы программы BLASTn, выполнен поиск в референсном геноме домашней лошади, представленном в GenBank, областей, гомологичных фрагментам ДНК, которые применялись в ПЦР в качестве праймеров³. Для оценки наличия гомологии между выбранными праймерами и микроРНК использовалась база данных микроРНК⁴.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате исследований получены следующие данные. Суммарно по спектрам продуктов амплификации (ампликонам) в полимеразной цепной реакции (ПЦР) с использованием в качестве праймеров фрагментов LTR (Long terminal repeat) эндогенных ретровирусов надежно и воспроизводимо выявлены 54 локуса:

¹ Витт В. О. Морфологические показатели конституционных типов и система классификации конских пород. М.: Государственное издательство колхозной и совхозной литературы. 1934; 62–67.

² <https://repeatmasker.org/species/equCab.html>

³ Печур http://www.ncbi.nlm.nih.gov, GCA_002863925.1

⁴ <http://www.mirbase.org/>

в спектре праймера LTR SIRE-1 — 10 локусов, PawS 5 — 19 локусов, BERV k-1 — 14 локусов, BERV β -3 — 11 локусов.

Значения полиморфного информационного содержания (PIC) в спектрах ампликонов распределялись следующим образом: LTR SIRE-1 — PIC — 0,145, доля полиморфных локусов (P) — 33%; PawS 5 — PIC — 0,048, P — 11%; BERV k-1 — PIC — 0,057, P — 21%; BERV β -3 — 0,138, P — 36%. Из представленных данных следует, что наиболее полиморфные спектры выявляются при использовании в качестве праймеров в ПЦР последовательностей LTR SIRE-1 и BERV β -3.

Спектры ампликонов исследуемых животных были разделены на три группы в зависимости от их длины, рассчитанной на основе маркера молекулярной массы: «легкие» (от 100 до 900 пар оснований [п. о.]), «средние» (от 900 до 1900 п. о.) и «тяжелые» (от 1900 до 3000 п. о.) Предполагается, что эти группы представляют собой относительно близкое и наиболее плотное (легкие фрагменты, расстояние от 100 до 900 п. о.) расположение участков, гомологичных локализации фрагментов LTR эндогенных ретровирусов в альтернативных цепях ДНК, в то время как удаленное расположение таких последовательностей приводит к образованию тяжелых фрагментов (от 1900 до максимальной длины около 3000 п. о., амплифицируемых в используемых условиях ПЦР), и группы фрагментов ДНК среднего размера с промежуточными значениями длин.

Полученные данные свидетельствуют о выраженных отличиях спектров ампликонов, выявляемых при применении участков LTR различных типов эндогенных ретровирусов в качестве праймеров в ПЦР. Так, основной вклад (в почти половину спектра) в спектры праймеров PawS 5, BERV k-1, BERV β -3 вносили легкие фрагменты ДНК, при которых участки гомологии к ним расположены на наиболее близких расстояниях.

Для последовательности праймера SIRE-1 идентифицированы 196 фрагментов, праймера PawS5 — 155, праймера BERV k-1 — 200, праймера BERV β -3 — 200 фрагментов. В общем, наибольшее количество участков гомологии к LTR исследованных эндогенных ретровирусов выявлено при использовании в качестве праймера последовательностей, типичных для плацентарных,

BERV k-1 и BERV β -3 по сравнению с впервые выявленными у растений.

Выполнен поиск гомологии последовательностей, которые использовались в качестве праймеров, в базе данных микроРНК⁵ [15]. Обнаружено, что SIRE1 имеет высокую степень гомологии (> 60%) с bdi-MIR7752 злаковых трав [16], stu-MIR8003 картофеля [17], miR-2431 *Bos taurus* [18] и gsa-mir-1993 плоских червей [19]. Последовательность PawS5 имела гомологию с hsa-mir-1304, которая экспрессируется в эмбриогенезе у людей [20], последовательность BERV β -3 имела гомологию с hsa-miR-5682, экспрессия которого связана с метастазирующим раком простаты [21]. Только для последовательности BERV k-1 до сих пор не выявлено областей гомологии в базе данных микроРНК.

Поскольку известно, что эндогенные ретровирусы и их LTR являются источником элементов регуляторных сетей, контролирующих программы генной экспрессии у эукариот [22], можно ожидать, что именно это может быть причиной множественных включений исследованных последовательностей в геном карачаевской лошади. Низкий уровень полиморфизма спектров праймера BERV-1k может быть обусловлен относительно высоким давлением очищающего отбора, несмотря на предполагаемую «молодость» его происхождения, по сравнению с LTR эндогенного вируса BERV β -3 [23].

Выводы/Conclusions

Полученные данные свидетельствуют о достаточно высоком полиморфизме 54 локусов геномной ДНК карачаевской лошади, выявляемом при использовании последовательностей длинных концевых повторов эндогенных ретровирусов в ПЦР в качестве праймеров. По-видимому, наблюдаемый полиморфизм может быть обусловлен «древностью» вставок в геном исходных экзогенных ретровирусных последовательностей, а также вовлеченностью их в формирование сетей регуляторов генной экспрессии (в частности, микроРНК).

Судя по полученным данным, для полилокусного генотипирования карачаевской лошади можно использовать в качестве праймеров последовательности SIRE-1 и BERV β -3, позволяющие получать наиболее полиморфные спектры.

⁵ <http://www.mirbase.org/>

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 10230830000004-7-4.1.1 «Генетические ресурсы карачаевской породы лошадей и карачаевской породы овец в разных эколого-географических зонах»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Hendrickson S.L. A genome wide study of genetic adaptation to high altitude in feral Andean Horses of the páramo. *BMC Evol Biol.* 2013; 17: 13: 273. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-273>.
- Lee F.S. Hypoxia Inducible Factor pathway proteins in high-altitude mammals. *Trends Biochem Sci.* 2024; 49(1): 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2023.11.002>
- Гарафутдинов Р.Р. и др. Полиморфизм ДНК лошади *Equus caballus* и методы его выявления. *Биомика.* 2020; 12(2): 272–299.
- Dimoski P. Development of a 17-plex microsatellite polymerase chain reaction kit for genotyping horses *Croat. Med. J.* 2003; 44(3): 332–335.
- Horton C.A. et al. Short tandem repeats bind transcription factors to tune eukaryotic gene expression. *Science.* 2023; 381(6664): eadd1250. <https://doi.org/10.1126/science.add1250>

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 10230830000004-7-4.1.1 "Genetic resources of the Karachai breed of horses and the Karachai breed of sheep in different ecological and geographical zones").

REFERENCES

- Hendrickson S.L. A genome wide study of genetic adaptation to high altitude in feral Andean Horses of the páramo. *BMC Evol Biol.* 2013; 17: 13: 273. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-273>
- Lee F.S. Hypoxia Inducible Factor pathway proteins in high-altitude mammals. *Trends Biochem Sci.* 2024; 49(1): 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2023.11.002>
- Garafutdinov R.R. et al. DNA polymorphism of the horse *Equus caballus* and methods for its detection. *Biomika.* 2020; 12(2): 272–299 (in Russian).
- Dimoski P. Development of a 17-plex microsatellite polymerase chain reaction kit for genotyping horses *Croat. Med. J.* 2003; 44(3): 332–335.
- Horton C.A. et al. Short tandem repeats bind transcription factors to tune eukaryotic gene expression. *Science.* 2023; 381(6664): eadd1250. <https://doi.org/10.1126/science.add1250>

6. Попов Д.В., Косовский Г.Ю., Глазко В.И., Глазко Т.Т. Контроль гетерозиготности с применением ДНК-маркеров у сельскохозяйственных видов животных. *Кролиководство и звероводство*. 2022; 3: 44–51. https://doi.org/10.52178/00234885_2022_3_44
7. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*. 1994; 20(2): 176–183. <https://doi.org/10.1006/geno.1994.1151>
8. Laten H.M., Morris R.O. SIRE-1, a long interspersed repetitive DNA element from soybean with weak sequence similarity to retrotransposons: initial characterization and partial sequence. *Gene*. 1993; 8: 134(2): 153–159. [https://doi.org/10.1016/0378-1119\(93\)90089-1](https://doi.org/10.1016/0378-1119(93)90089-1)
9. Laten H.M., Havecker E.R., Farmer L.M., Voytas D.F. 'SIRE1, an Endogenous Retrovirus Family from Glycine max, Is Highly Homogeneous and Evolutionarily Young *Mol. Biol. Evol.* 2003; 20(8): 1222–1230. <https://doi.org/10.1093/molbev/msg142>
10. Lee J.H., Graybosch R.A., Kaeppler S.M., Sears R.G. A PCR assay for detection of a 2RL.2BS wheat-rye chromosome translocation. *Genome*. 1996; 39(3): 605–608. <https://doi.org/10.1139/g96-076>
11. Galli J., Almiñana C., Wiesendanger M., Schuler G., Kowalewski M.P., Klisch K. Bovine placental extracellular vesicles carry the fusogenic syncytin BERV-K1. *Theriogenology*. 2024; 15: 223: 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.04.012>
12. Baba K. *et al.* Identification of novel endogenous beta retroviruses which are transcribed in the bovine placenta. *J Virol*. 2011; 85(3): 1237–1245. <https://doi.org/10.1128/JVI.01234-10>
13. Xiao R., Kim J., Choi H., Park K., Lee H., Park C. Characterization of the bovine endogenous retrovirus beta-3 genome. *Mol Cells*. 2008; 29: 25(1): 142–147.
14. Sakurai T., Kusama K., Imakawa K. Progressive Exaptation of Endogenous Retroviruses in Placental Evolution in Cattle. *Biomolecules*. 2023; 13(12): 1680. <https://doi.org/10.3390/biom13121680>
15. Kozomara A., Griffiths-Jones S. miRBase: annotating high confidence microRNAs using deep sequencing data. *Nucleic Acids Res*. 2014; 42(Database issue):D68–73. <https://doi.org/10.1093/nar/gkt1181>
16. Bertolini E., Verelst W., Horner D.S., Gianfranceschi L., Piccolo V., Inzé D., Pè M.E., Mica E. Addressing the role of microRNAs in reprogramming leaf growth during drought stress in *Brachypodium distachyon*. *Mol Plant*. 2013; 6(2): 423–443. <https://doi.org/10.1093/mp/sss160>
17. Zhang R., Marshall D., Bryan G.J., Hornyik C. Identification and characterization of miRNA transcriptome in potato by high-throughput sequencing. *PLoS One*. 2013; 8(2): e57233. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057233>
18. Glazov E.A., Kongsuwan K., Assavalapsakul W., Horwood P.F., Mitter N., Mahony T.J. Repertoire of bovine miRNA and miRNA-like small regulatory RNAs expressed upon viral infection. *PLoS One*. 2009; 27: 4(7): e6349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006349>
19. Fromm B., Worren M.M., Hahn C., Hovig E., Bachmann L. Substantial loss of conserved and gain of novel MicroRNA families in flatworms. *Mol Biol Evol*. 2013; 30(12): 2619–2628. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst155>
20. Morin R.D. *et al.* Application of massively parallel sequencing to microRNA profiling and discovery in human embryonic stem cells. *Genome Res*. 2008; 18(4): 610–621. <https://doi.org/10.1101/gr.7179508>
21. Watahiki A. *et al.* MicroRNAs associated with metastatic prostate cancer. *PLoS One*. 2011; 6(9): e24950. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024950>
22. Hossain M.J., Nyame P., Monde K. Species-Specific Transcription Factors Associated with Long Terminal Repeat Promoters of Endogenous Retroviruses: A Comprehensive Review. *Biomolecules*. 2024; 14(3): 280. <https://doi.org/10.3390/biom14030280>
23. Garcia-Etxebarria K., Jugo B.M. Evolutionary history of bovine endogenous retroviruses in the *Bovidae* family. *BMC Evol Biol*. 2013; 13: 256. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-256>
6. Popov D.V., Kosovsky G.Yu., Glazko V.I., Glazko T.T. Heterozygosity control using DNA markers in agricultural animal species. Rabbit breeding and animal husbandry. 2022; 3: 44–51 (in Russian). https://doi.org/10.52178/00234885_2022_3_44
7. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*. 1994; 20(2): 176–183. <https://doi.org/10.1006/geno.1994.1151>
8. Laten H.M., Morris R.O. SIRE-1, a long interspersed repetitive DNA element from soybean with weak sequence similarity to retrotransposons: initial characterization and partial sequence. *Gene*. 1993; 8: 134(2): 153–159. [https://doi.org/10.1016/0378-1119\(93\)90089-1](https://doi.org/10.1016/0378-1119(93)90089-1)
9. Laten H.M., Havecker E.R., Farmer L.M., Voytas D.F. 'SIRE1, an Endogenous Retrovirus Family from Glycine max, Is Highly Homogeneous and Evolutionarily Young *Mol. Biol. Evol.* 2003; 20(8): 1222–1230. <https://doi.org/10.1093/molbev/msg142>
10. Lee J.H., Graybosch R.A., Kaeppler S.M., Sears R.G. A PCR assay for detection of a 2RL.2BS wheat-rye chromosome translocation. *Genome*. 1996; 39(3): 605–608. <https://doi.org/10.1139/g96-076>
11. Galli J., Almiñana C., Wiesendanger M., Schuler G., Kowalewski M.P., Klisch K. Bovine placental extracellular vesicles carry the fusogenic syncytin BERV-K1. *Theriogenology*. 2024; 15: 223: 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.04.012>
12. Baba K. *et al.* Identification of novel endogenous beta retroviruses which are transcribed in the bovine placenta. *J Virol*. 2011; 85(3): 1237–1245. <https://doi.org/10.1128/JVI.01234-10>
13. Xiao R., Kim J., Choi H., Park K., Lee H., Park C. Characterization of the bovine endogenous retrovirus beta-3 genome. *Mol Cells*. 2008; 29: 25(1): 142–147.
14. Sakurai T., Kusama K., Imakawa K. Progressive Exaptation of Endogenous Retroviruses in Placental Evolution in Cattle. *Biomolecules*. 2023; 13(12): 1680. <https://doi.org/10.3390/biom13121680>
15. Kozomara A., Griffiths-Jones S. miRBase: annotating high confidence microRNAs using deep sequencing data. *Nucleic Acids Res*. 2014; 42(Database issue):D68–73. <https://doi.org/10.1093/nar/gkt1181>
16. Bertolini E., Verelst W., Horner D.S., Gianfranceschi L., Piccolo V., Inzé D., Pè M.E., Mica E. Addressing the role of microRNAs in reprogramming leaf growth during drought stress in *Brachypodium distachyon*. *Mol Plant*. 2013; 6(2): 423–443. <https://doi.org/10.1093/mp/sss160>
17. Zhang R., Marshall D., Bryan G.J., Hornyik C. Identification and characterization of miRNA transcriptome in potato by high-throughput sequencing. *PLoS One*. 2013; 8(2): e57233. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057233>
18. Glazov E.A., Kongsuwan K., Assavalapsakul W., Horwood P.F., Mitter N., Mahony T.J. Repertoire of bovine miRNA and miRNA-like small regulatory RNAs expressed upon viral infection. *PLoS One*. 2009; 27: 4(7): e6349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006349>
19. Fromm B., Worren M.M., Hahn C., Hovig E., Bachmann L. Substantial loss of conserved and gain of novel MicroRNA families in flatworms. *Mol Biol Evol*. 2013; 30(12): 2619–2628. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst155>
20. Morin R.D. *et al.* Application of massively parallel sequencing to microRNA profiling and discovery in human embryonic stem cells. *Genome Res*. 2008; 18(4): 610–621. <https://doi.org/10.1101/gr.7179508>
21. Watahiki A. *et al.* MicroRNAs associated with metastatic prostate cancer. *PLoS One*. 2011; 6(9): e24950. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024950>
22. Hossain M.J., Nyame P., Monde K. Species-Specific Transcription Factors Associated with Long Terminal Repeat Promoters of Endogenous Retroviruses: A Comprehensive Review. *Biomolecules*. 2024; 14(3): 280. <https://doi.org/10.3390/biom14030280>
23. Garcia-Etxebarria K., Jugo B.M. Evolutionary history of bovine endogenous retroviruses in the *Bovidae* family. *BMC Evol Biol*. 2013; 13: 256. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-256>

ОБ АВТОРАХ

Тимур Алипович Эркенов¹

кандидат сельскохозяйственных наук, директор Аграрного института
erkenov_timur@yahoo.com

Глеб Юрьевич Косовский²

доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии наук, директор
<https://orcid.org/0000-0003-3808-3086>

¹Северо-Кавказская государственная академия, Ставропольская ул., 36, Черкесск, 369000, Россия

²Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева, ул. Трудовая, 6, пос. Родники, Раменский р-н, Московская обл., 140143, Россия

ABOUT AUTHORS

Timur Alipovich Erkenov¹

Candidat of Agricultural Sciences, Director of the Agricultural Institute
erkenov_timur@yahoo.com

Gleb Yurievich Kosovsky²

Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director
<https://orcid.org/0000-0003-3808-3086>

¹North Caucasus State Academy, 36 Stavropolskaya Str., Cherkessk, 369000, Russia

²Scientific Research Institute of Fur-Bearing Animal Breeding and Rabbit Breeding named after V.A. Afanasyev, 6 Trudovaya Str., Rodniki village, Ramensky district, Moscow region, 140143, Russia

УДК 633.2.03(212.6)

Научный обзор



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-117-124

Н.Г. Лапенко

О.В. Хонина ✉

М.А. Старостина

Северо-Кавказский федеральный
научный аграрный центр, Михайловск,
Ставропольский край, Россия

✉ honina.o@mail.ru

Поступила в редакцию: 08.08.2024

Одобрена после рецензирования: 11.11.2024

Принята к публикации: 25.11.2024

© Лапенко Н.Г., Хонина О.В., Старостина М.А.

Review



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-117-124

Nina G. Lapenko

Olesya V. Honina ✉

Maria A. Starostina

North Caucasian Federal Scientific Agrarian
Center, Mikhailovsk, Stavropol Territory,
Russia

✉ honina.o@mail.ru

Received by the editorial office: 08.08.2024

Accepted in revised: 11.11.2024

Accepted for publication: 25.11.2024

© Lapenko N.G., Honina O. V., Starostina M.A.

Обзор вопросов сохранения степных экосистем

РЕЗЮМЕ

Степные экосистемы — наиболее важные для народного хозяйства наземные экосистемы на территории России, на которых уже почти два века базируется основная часть российского сельского хозяйства. Вместе с тем степь — одна из самых уязвимых природных экосистем, поскольку подвержена влиянию различных экологических факторов (природных, антропогенных, техногенных). Наиболее ощутимый экологический фактор — антропогенный — оборотная сторона сельскохозяйственной деятельности человека. Изъятие целинных степей под пашню, нерегулируемое поголовье, превышение пастбищной нагрузки сверх допустимых норм привели к утрате былого биоразнообразия, высокой степени нарушенности степных экосистем, а в некоторых случаях и к полной утрате почвенного плодородия и растительного покрова и, как следствие, к опустыниванию территории. В сложившейся ситуации степные экосистемы России, в том числе Ставропольского края, нуждаются в восстановительных мероприятиях, направленных на сокращение и предотвращение масштабов деградации степных территорий, улучшение почвенного покрова и растительности, повышение биоразнообразия и продуктивности природных травостоев. Утраченная степная растительность должна быть возвращена в исходное ее местообитание. Необходимо поэтапное возобновление аборигенной флоры, основанное на применении ресурсосберегающих технологий восстановления природной растительности и сохранении целинных участков степных сообществ. Однако не менее значимо признание обществом неоспоримой важности и ценности степных экосистем. И конечно же, правовой статус. Таким образом, вопросы сохранения степных экосистем и их природно-ресурсного потенциала являются актуальными и требуют особого внимания.

Ключевые слова: степные экосистемы, природные ресурсы, биоразнообразие, дикорастущая флора, растительный покров, пастбищная дигрессия, антропогенное воздействие, ресурсосберегающая технология

Для цитирования: Лапенко Н.Г., Хонина О.В., Старостина М.А. Обзор вопросов сохранения степных экосистем. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 117–124.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-117-124>

Overview of issues of conservation of steppe ecosystems

ABSTRACT

Steppe ecosystems are the most important terrestrial ecosystems for the national economy in Russia, on which the bulk of Russian agriculture has been based for almost two centuries. At the same time, the steppe is one of the most vulnerable natural ecosystems, as it is influenced by various environmental factors (natural, anthropogenic, man-made). The most tangible environmental factor — anthropogenic — is the downside of human agricultural activity. The removal of virgin steppes for arable land, unregulated livestock, excess of pasture load in excess of permissible norms led to the loss of former biodiversity, a high degree of disturbance of steppe ecosystems, and in some cases, a complete loss of soil fertility and vegetation cover, and as a result to desertification of the territory. In the current situation, the steppe ecosystems of Russia, including the Stavropol Territory, need restoration measures aimed at reducing and preventing the scale of degradation of steppe territories, improving soil cover and vegetation, increasing biodiversity and productivity of natural grasslands. The lost steppe vegetation should be returned to its original habitat. It is necessary to gradually resume the native flora, based on the use of resource-saving technologies for restoring natural vegetation and preserving virgin areas of steppe communities. However, the recognition by society of the indisputable importance and value of steppe ecosystems is no less significant. And of course, the legal status.

Key words: steppe ecosystems, natural resources, biodiversity, wild flora, vegetation cover, pasture digression, anthropogenic impact, resource-saving technology

For citation: Lapenko N.G., Honina O.V., Starostina M.A. Overview of issues of conservation of steppe ecosystems. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 117–124 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-117-124>

Введение/Introduction

Природные степные экосистемы — результат многовековой эволюции. В прошлом они занимали обширные пространства степной Евразии и были флористически разнообразны.

Основная жизненная форма степей — травянистые многолетники преимущественно семейства злаковых. Доминирующих растений-ценозообразователей в степи насчитывается немного. Это в первую очередь ковыль, типчак, житняк, келерия и др. Степные травостои всех типов используются как весенне-летне-осенние пастбища, а в некоторых регионах и зимние для всех видов скота. На них как в прошлом, так и в настоящем выпасаются многочисленные стада животных [1, 2].

На сегодняшний день степные пастбища являются ценным хозяйственным кормовым фондом, основой увеличения производства продукции животноводства и продуктов питания для населения — молока, мяса и др. [3]. Однако современное состояние природных пастбищ и тенденция к их ухудшению вызывают большую тревогу.

В.Г. Мордкович считает: «За счет степных экосистем люди решали и решают самые насущные свои проблемы. Важнейшая из них — пищевые ресурсы» [4].

По этому поводу И.Э. Смелянский пишет: «Степной биом — наиболее важный для народного хозяйства биом на территории России. Именно степные экосистемы сформировали природную основу, на которой уже почти два века базируется основная часть российского сельского хозяйства» [5]. С этим нельзя не согласиться.

Степные экосистемы — основная кормовая база для животноводства, а соответственно, и источник снабжения населения пищей, в том числе для ликвидации существующего недостатка белков в рационе питания современного человека [6, 7].

Растительный покров степей весьма динамичен и подвержен различного рода сменам под воздействием факторов окружающей среды. Основные факторы, влияющие на функционирование степных экосистем, — природные (климат), антропогенные (деятельность человека) и техногенные (добыча полезных ископаемых и др.) [8, 9].

Наиболее существенным экологическим фактором, изменяющим и преобразующим природные сельскохозяйственные ландшафты, является антропогенный — оборотная сторона сельскохозяйственной деятельности человека (распашка степей, нерегулируемое поголовье, превышенная пастбищная нагрузка) [10–12].

Преимущественный правовой статус степей России — земли сельскохозяйственного назначения (около 90%). В настоящее время степные угодья находятся в основном в собственности физических и юридических лиц или в распоряжении муниципальных образований [7, 13].

Существующий хозяйственный подход сегодня в основном потребительский и истощительный у сельхозпроизводителей по отношению к природным ресурсам, в том числе и степным экосистемам что приводит к перегрузкам степных экосистем сверх допустимой пастбищной емкости, в результате чего происходят снижение биоразнообразия и перерождение или деградация зональных травостоев в менее ценные модификации [14, 15].

Два основных условия — сохранность пастбищных кормов и контроль численности поголовья — должны находиться под постоянным вниманием и регулироваться в режиме щадящего ресурсопользования. Если эти условия не будут соблюдаться, то неизбежно произойдет частичная или полная утрата почвенного плодородия и степной растительности и, как следствие, высокая степень нарушенности степных экосистем, а местами — очаги опустынивания или открытые пески [14, 15].

Российские ученые, изучая этот вопрос, считают, что «статус сельхозугодий и соответствующий характер рационального их использования могут обеспечить сохранение степных экосистем, но только в том случае, если изменится потребительское отношение к природным ресурсам, находящимся в ведении сельхозпроизводителей» [16].

Но не только аграрный сектор является фактором влияния на степную травостой. Это и другие угрозы, не связанные с сельским хозяйством, например дестабилизирующее действие климатического фактора [17, 18]. По многолетним метеоданным, аридизация климата, особенно на юге России, в том числе на Ставрополье, не уменьшается, а наоборот, нарастает: если в XIX веке были отмечены 40 засушливых лет, то в XX — уже 49 [19, 20].

Степные территории испытывают техногенное влияние на травостой. Это добыча и транспортировка нефти и газа, угля и других полезных ископаемых, мелиоративные работы. Нередко это не только нарушение растительного покрова, но и загрязнение почв нефтепродуктами. Опасность загрязнения нефтепродуктами чревата, поскольку связана с высокой чувствительностью к ним компонентов биогеоценозов [21–23].

И всё же основные факторы воздействия на природные экосистемы — пастбищная нагрузка и климат (засушливость и континентальность). Под влиянием неумеренной пастбы животных травостой претерпевает значительные изменения, меняются характер и структура фитоценоза, ухудшаются кормовые качества травостоя, снижается продуктивность фитомассы.

Утрата ценных кормовых видов растений, упрощение и унификация растительных сообществ ведут к снижению видового разнообразия и продуктивности степных экосистем. Даже незначительное на первый взгляд сокращение численности дикорастущей флоры может вследствие нарушения популяционной структуры привести к массовому разрушению биогеоценозов [24, 25].

Таким образом, необходимы действенные меры по сохранению растительного покрова степных экосистем.

Цель данной работы — изучение степных экосистем для решения проблемы сохранения их биоразнообразия, борьбы с опустыниванием и восстановления деградированной степной растительности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Обзор вопросов сохранения природных степных экосистем России и их природно-ресурсного потенциала был построен на основе изучения научных трудов ведущих ученых, материалов собственных научных публикаций и проведенных полевых изысканий, статистических материалов Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр)^{1, 2}.

¹ Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2005 году [электронный ресурс]. <https://rosreestr.gov.ru/>

² Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2023 году [электронный ресурс]. <https://rosreestr.gov.ru/>

В ходе проведения исследований были проанализированы протоколы численности поголовья крупного и мелкого рогатого скота, посевные площади кормовых культур, площади природных кормовых угодий 13 регионов России, таких как Астраханская область, Алтайский край, Республика Бурятия, Волгоградская область, Республика Дагестан, Республика Калмыкия, Красноярский край, Ростовская область, Ставропольский край, Саратовская область, Республика Тыва, Республика Хакасия, Чеченская Республика, где выявлена высокая степень нарушенности степных экосистем, на основе которых с помощью статистических и аналитических методов установить связь между численностью поголовья скота и усиливающимися процессами опустынивания с построением таблиц с данными 1991–2024 гг.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ статистических данных^{1, 2}, проведенный для 13 регионов России, в которых выявлена высокая степень нарушенности степных экосистем, а местами и открытые пески, показал, что экономические реформы, проводимые в нашей стране последние 30 лет, в том числе и в аграрном секторе, сопровождались снижением численности поголовья крупного и мелкого рогатого скота как основного потребителя пастбищных кормов (табл. 1, 2).

Для большинства степных регионов России, характеризующихся усиливающимися процессами опустынивания, характерно продолжающееся до настоящего времени снижение поголовья крупного (и особенно мелкого) рогатого скота. Наиболее отчетливо выражено снижение поголовья в Волгоградской, Ростовской, Саратовской областях, Ставропольском, Красноярском, Алтайском краях, где численность крупного рогатого скота за последние 30 лет снизилась в 2,6–3,7 раза, а мелкого рогатого скота — в 2,8–3,8 раза. Лидерами по снижению поголовья овец оказались Алтайский край и Красноярский край — в 8–10,6 раза.

В отдельных субъектах Российской Федерации наблюдается относительно стабильное поголовье крупного и мелкого рогатого скота на текущий момент. Это республики Калмыкия, Тыва, Бурятия и Астраханская область. Регионы, наращивающие поголовье крупного и мелкого рогатого скота, — Республика Дагестан и Чеченская Республика.

Снижение поголовья сельскохозяйственных животных в степных районах (соответственно, снижение спроса на объемистые корма за анализируемый период) явилось причиной сокращения посевных площадей кормовых культур (табл. 3).

По статистическим данным, посевные площади кормовых культур в степных районах за анализируемый

Таблица 1. Динамика численности поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий в степной зоне Российской Федерации, характеризующейся усиливающимися процессами опустынивания, тыс. голов^{1, 2}

Table 1. Dynamics of the number of cattle in farms of all categories in the steppe zone of the Russian Federation, characterized by increasing desertification processes, thousand heads^{1, 2}

Субъекты Российской Федерации	Годы							2021–2022 гг. к 1991–1995 гг.
	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015	2016–2020	2021–2022	
Астраханская область	292,6	163,1	178,1	227,5	272,9	290,9	294,5	> 1,0
Алтайский край	1769,2	1172,3	1010,7	879,7	799,1	717,5	632,4	< 2,8
Республика Бурятия	465,1	344,2	323,5	345,1	354,2	329,1	339,2	< 1,4
Волгоградская область	1206,8	601,9	429,7	326,1	329,3	313,0	343,5	< 3,5
Республика Дагестан	709,0	647,7	788,8	893,3	966,2	972,0	945,9	> 1,3
Республика Калмыкия	285,3	145,3	202,5	394,6	588,9	445,0	298,0	> 1,0
Красноярский край	1112,1	733,1	558,3	433,3	392,6	360,2	303,1	< 3,7
Ростовская область	1649,6	718,1	634,0	578,1	606,9	603,3	626,2	< 2,6
Ставропольский край	862,2	488,4	412,3	371,3	361,6	305,3	264,4	< 3,3
Саратовская область	1297,2	740,6	583,8	526,0	452,5	426,4	425,3	< 3,1
Республика Тыва	190,6	134,5	94,1	126,2	152,6	171,4	195,1	> 1,0
Республика Хакасия	217,6	146,8	141,7	157,4	172,7	171,5	171,6	< 1,3
Чеченская Республика	170,0	170,0	205,3	221,2	233,0	248,4	257,6	> 1,5
Всего	10 227,3	6206,0	5562,8	5479,8	5682,5	5354,0	5096,8	< 0,5

Таблица 2. Динамика численности поголовья овец в хозяйствах всех категорий в степной зоне Российской Федерации, характеризующейся усиливающимися процессами опустынивания, тыс. голов^{1, 2}

Table 2. Dynamics of the number of sheep in farms of all categories in the steppe zone of the Russian Federation, characterized by increasing desertification processes, thousand heads^{1, 2}

Субъекты Российской Федерации	Годы							2021–2022 гг. к 1991–1995 гг.
	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015	2016–2020	2021–2022	
Астраханская область	1044,5	480,1	804,4	1313,1	1488,0	1384,2	1288,2	> 1,2
Алтайский край	1229,7	405,7	240,0	196,6	229,5	226,4	166,7	< 7,4
Республика Бурятия	851,1	266,9	212,3	241,2	266,8	274,8	297,6	< 2,9
Волгоградская область	2067,4	709,7	624,1	729,8	963,4	1024,1	1003,5	< 2,1
Республика Дагестан	3121,0	2389,0	3744,1	4755,5	5025,3	4928,6	4715,4	> 1,5
Республика Калмыкия	2248,3	821,5	1388,1	2435,7	2604,3	2453,9	1538,1	< 1,5
Красноярский край	548,7	168,9	87,8	62,4	67,8	80,2	51,7	< 10,6
Ростовская область	2525,8	632,8	642,7	852,3	1135,6	1150,7	959,6	< 2,6
Ставропольский край	4495,9	1690,3	1426,4	1948,4	2101,6	1628,1	1194,4	< 3,8
Саратовская область	1894,0	462,0	400,1	537,1	565,1	556,7	541,6	< 3,5
Республика Тыва	1013,9	683,9	671,5	900,1	1064,5	1119,8	1192,6	> 0,9
Республика Хакасия	968,7	227,3	114,5	140,4	248,8	321,9	344,4	< 2,8
Чеченская Республика	120,0	129,2	165,2	201,5	221,6	258,0	295,1	> 2,5
Всего	22 129,0	9067,3	10 521,2	14 314,1	15 982,3	15 407,4	13 588,9	< 0,61

Таблица 3. Посевные площади кормовых культур в степной зоне Российской Федерации, характеризующейся усиливающимися процессами опустынивания, в динамике, тыс. га^{1, 2}

Table 3. Acreage of forage crops in the steppe zone of the Russian Federation, characterized by increasing desertification processes, in dynamics, thousand hectares голов^{1, 2}

Субъекты Российской Федерации	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2020 г.	2023 г.	2023 г. к 1990 г.
Астраханская область	116,26	14,43	14,52	22,33	19,36	< 6,0
Алтайский край	2067,36	1451,07	1053,36	708,59	599,15	< 3,5
Республика Бурятия	388,91	80,86	69,68	46,02	41,02	< 9,5
Волгоградская область	1431,75	412,12	119,14	116,93	117,71	< 12,2
Республика Дагестан	178,32	74,13	93,24	126,59	128,69	< 1,9
Республика Калмыкия	300,79	40,78	46,52	20,3	14,47	< 20,8
Красноярский край	1135,33	738,57	397,58	357,01	280,57	< 4,0
Ростовская область	1654,73	561,85	261,53	177,57	140,06	< 11,8
Ставропольский край	1292,94	610,3	214,93	120,59	82,82	< 15,6
Саратовская область	1735,18	780,59	238,05	185,99	162,41	< 10,7
Республика Тыва	130,9	11,03	6,41	37,29	26,66	< 4,9
Республика Хакасия	271,9	116,84	115,65	128,05	127,66	< 2,1
Чеченская Республика	83,1	72,4	62,74	38,11	36,36	< 2,3
Всего	10 787,47	4964,97	2693,35	2085,37	1776,94	< 6,1

Таблица 4. Динамика изменения площади природных кормовых угодий в степной зоне Российской Федерации, характеризующейся усиливающимися процессами опустынивания^{1, 2}

Table 4. Dynamics of changes in the area of natural forage lands in the steppe zone of the Russian Federation, characterized by increasing desertification processes^{1, 2}

Субъекты Российской Федерации	На 1 января 2006 г., тыс. га		На 1 января 2024 г., тыс. га	
	кормовые угодья	в том числе пастбища	кормовые угодья	в том числе пастбища
Астраханская область	2778,1	2391,7	2887,5	2482,7
Алтайский край	4026,0	2796,2	4017,3	2786,4
Республика Бурятия	2233,0	1843,7	2245,9	1856,2
Волгоградская область	2863,4	2656,9	2859,4	2652,5
Республика Дагестан	2752,7	2590,5	2750,9	2588,6
Республика Калмыкия	5322,7	5231,0	5456,0	5353,0
Красноярский край	2132,1	1340,6	2114,7	1333,1
Ростовская область	2673,0	2581,4	2464,9	2377,2
Ставропольский край	1733,9	1628,7	1730,0	1624,9
Саратовская область	2583,9	2477,0	2519,0	2396,9
Республика Тыва	3537,0	3460,6	3489,0	3412,5
Республика Хакасия	1184,7	1024,4	1181,0	1018,9
Чеченская Республика	632,2	575,3	606,3	552,5

период (с 1990 по 2023 г.) сократились более чем в 6 раз. В Волгоградской, Ростовской, Саратовской областях, Ставропольском крае посевные площади сократились более чем в 10 раз, в Республике Калмыкия — в 20 раз. За счет такого резкого сокращения посевных площадей кормовых культур основным источником кормов для животных на сегодняшний день в этих районах являются природные степи.

Площади природных кормовых угодий рассматриваемых авторами 13 степных регионов в динамике сократились незначительно (табл. 4). Однако за счет недостаточного получения кормов с пашни природные пастбищные угодья стали основной кормовой базой для крупного и мелкого рогатого скота, пастбищная нагрузка на них увеличилась в несколько раз, как следствие, усилились дигрессионные процессы зональных травостоев, увеличилась площадь опустынивания.

По факту степи этих регионов, являясь важными компонентами природной экосистемы и будучи востребованными, особенно в животноводческом секторе, наиболее уязвимы и нарушены в агроландшафтах, что подтверждается исследованиями многих ученых фитоценологов [13, 14, 24, 25].

В настоящее время природная растительность степного юга России, в том числе восточного Ставрополья, используемая в качестве селхозугодий под выпас и сенокосение, как показал проведенный анализ, представлена двумя стадиями деградации — сильнодеградированной и очень сильнодеградированной. То есть в травостое многих степных сообществ практически отсутствуют виды дикорастущей флоры, характерные для рассматриваемой территории исследования. Это целинные злаки доминанты — виды житняка, ковыля, овсяницы, келерии. Данный травостой обогащен нецелинными видами, не имеющими кормовой значимости, нередко сорными (гулявником Лёзеля, солянкой южной, тысячелистником, полынью и мн. др.) [26, 27].

Российские ученые серьезно озабочены решением проблемы экологической устойчивости и сохранения степных экосистем. Однако время показало, что ни приоритеты, ни стратегии сохранения степей, разработанные учеными-степоведами, ни призывы экологов и неправительственных природоохранных организаций не решают проблему сохранения степных сообществ [28–30].

На текущий момент степи наименее защищены в законодательном отношении: «Российское законодательство не выделяет степи как специфический объект регулирования, в нем отсутствует само понятие “степь”». В стране есть Лесной кодекс, но нет Степного кодекса, хотя степи, занимая существенно меньшую площадь, по вкладу в экономику страны дают не меньше, а даже больше, чем леса» [5].

Правовой статус степей в России не изменился с конца XX века. Степи не являются самостоятельным объектом правового регулирования (в отличие, например, от лесов). Нет специальных административных структур и схем для управления степями как экосистемами. Нет специальных механизмов правовой защиты степных экосистем от антропогенных угроз. В частности, нет защиты от распашки и иного радикального преобразования (мелиорации, облесения и пр.), разработки недр, застройки [7, 29, 30].

Ученые-степеведы в своих исследованиях, посвященных проблемам сохранения биоразнообразия степной растительности и восстановления деградированной степной растительности, отмечают, что степной травостой сельскохозяйственных территорий является природной основой, на которой базируются сельхозпроизводители практических всех регионов России, в частности животноводы, используя их в качестве пастбищных угодий и сенокосения. Здесь в первую очередь необходимо обеспечить их сохранение [31, 32].

Если степи, используемые в качестве селхозугодий, получают правовую защиту, то их сохранение в России будет гарантировано. Однако на сегодняшний день такой защиты нет. Поэтому никакие призывы ученых-степеведов, экологов и действия общественных природоохранных организаций и предприятий не смогут обеспечить сохранность степных экосистем, их биоразнообразие и долговременность существования [30, 33].

Вопросы восстановления степных экосистем не утратили своей актуальности. Известны эксперименты ученых по их экологической реставрации [34–37].

В сложившейся ситуации степные экосистемы России, в том числе и Ставропольского края, нуждаются в восстановительных мероприятиях, направленных на сокращение и предотвращение масштабов деградации степных территорий, улучшение почвенного покрова и растительности, повышение биоразнообразия и продуктивности природных травостоев [38–40].

Научные изыскания авторов направлены на решение рассматриваемой выше проблемы, не утратившей своей значимости, — заботы о сохранении биологического разнообразия степей — главного природного и генетического ресурса.

В качестве объекта исследования выбраны степные экосистемы аридной зоны, включающей восточную часть Ставропольского края (Левокумский, Нефтекумский, Курский, Степновский районы). Это обусловлено тем обстоятельством, что данная территория является зоной интенсивного пастбищного животноводства и ее растительный покров значительно подвержен деградационным процессам. Такие растительные модификации флористически бедны и обогащены преимущественно пастбищными сорняками, не имеющими кормовой ценности, такими как молочай Сегиера, мятлик луковичный, свинорой пальчатый, тысячелистник Биберштейна, ячмень заячий, и др. (рис. 1).

В связи с тем что в экстремальных экологических условиях восточной территории Ставропольского края посевы культурных кормовых растений не всегда дают положительный эффект, к тому же сортовые кормовые травы не восполняют биоразнообразие степных травостоев, авторами будет апробирована ресурсосберегающая технология воспроизводства биологического разнообразия степных экосистем методом агростепей (автор Д.С. Дзыбов) [34]. Это создание семенника из аборигенных дикорастущих видов местной флоры, близкого по ботаническому составу, биопродуктивности надземной фитомассы и другим показателям к целинным степям, функционирующим по принципу природных степных экосистем на базе солнечной энергии фотосинтеза, естественной влагообеспеченности, исключения химических средств (удобрений, гербицидов и пестицидов), предельной минимизации невозобновляемых источников энергии — ГСМ, самовозобновляемости (без пересевов) и высокой экологической чистоты корма и, как следствие, животноводческой продукции.

На текущий момент речь не идет о широкомасштабных мероприятиях, но в дальнейшем они возможны. Для этого требуются региональные программы по борьбе с опустыниванием, создание питомников дикорастущей флоры и прочее.

Выводы/Conclusions

Степные экосистемы подвержены воздействию различных экологических факторов. Наиболее весомый из них — антропогенный, являющийся причиной высокой степени нарушенности их растительного покрова.

Установлено, что экономические реформы аграрного сектора, проводимые в нашей стране, сопровождались изменением численности поголовья крупного и мелкого рогатого скота как основного потребителя пастбищных кормов.

Для большинства степных регионов России характерно продолжающееся до настоящего времени снижение поголовья животных. Показано, что в Волгоградской, Ростовской, Саратовской областях, Ставропольском, Красноярском, Алтайском краях численность крупного

Рис. 1. Сильнодеградированная растительная модификация с доминирующим в травостое молочаем Сегиера. Автор Н.Г. Лапенко

Fig. 1. Highly degraded plant modification with Seguer's milkweed dominating the herbage. Author N.G. Lapenko



рогатого скота за последние 30 лет снизилась в 2,6–3,7 раза, а мелкого рогатого скота — в 2,8–3,8 раза. Лидерами по снижению поголовья овец оказались Алтайский край и Красноярский край — в 8–10,6 раза. Исключение составляют Республика Дагестан и Чеченская Республика — регионы, наращивающие поголовье крупного и мелкого рогатого скота.

Показано, что посевные площади кормовых культур в степных районах за анализируемый период (с 1990 по 2023 г.) сократились более чем в 6 раз. В Волгоградской, Ростовской, Саратовской областях, Ставропольском крае посевные площади сократились более чем в 10 раз, а в Республике Калмыкия — в 20 раз. Площади же природных кормовых угодий рассматриваемых степных регионов мало изменились. За счет сокращения посевных площадей кормовых культур и недостаточного получения кормов с пашни увеличилась пастбищная нагрузка на растительный покров кормовых угодий и их экологическую устойчивость.

Выявлено, что степи, являясь природной основой, на которой базируются сельхозпроизводители практических всех регионов России, законодательно не защищены от распашки и иного преобразования (мелиорации, облесения и пр.), разработки недр, застройки.

Результатом исследования доказано, что степные экосистемы — объекты исследования аридной территории Ставропольского края — флористически бедны и обогащены преимущественно пастбищными сорняками (молочаем Сегиера, мятликом луковичным, свинороем пальчатым, тысячелистником Биберштейна, ячменем заячьим и др.). То есть природная растительность степного Ставрополя, используемая в качестве сельхозугодий, представлена двумя стадиями деградации — сильнодеградированной и очень сильнодеградированной.

В вопросах сохранения биологического разнообразия степей России — главного природного и генетического ресурса — приоритет должен быть отдан:

мониторингу экологического состояния степных экосистем, включающему инвентаризацию объектов мониторинга на основе их геоботанического обследования;

экологической реставрации степных экосистем — восстановлению мест обитания степных растений и животных.

Утраченная степная растительность должна быть возвращена в исходное ее местообитание. Необходимо поэтапное восстановление аборигенной

флоры. Прежде всего должны быть сохранены эталонные участки растительности природных экосистем, места произрастания хозяйственно ценных видов и форм дикорастущих, а также редких видов степных растений.

Использование зональной степной растительности, сохранившейся очагово на небольших локальных территориях, должно служить только целям их сохранения

для дальнейшего использования в фитомелиоративных мероприятиях по восстановлению степных экосистем.

Таким образом, степные экосистемы должны быть сохранены, необходимы юридическая защита и соответствующий характер рационального их использования, соответственно, должно измениться потребительское отношение к природным ресурсам, находящимся в ведении сельхозпроизводителей.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в работу.
Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-20027.
<https://rscf.ru/project/24-26-20027/>

FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation No. 24-26-20027.
<https://rscf.ru/en/project/24-26-20027/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лапенко Н.Г., Старостина М.А. Степные экосистемы Ставрополя и вопросы их сохранения. *Степи Северной Евразии. Материалы 9-го Международного симпозиума*. Оренбург: Оренбургский государственный университет. 2021; 432–437.
<https://doi.org/10.24412/cl-36359-2021-432-437>
2. Петрова М.В. Степи и их значение (глобальное и региональное). *Вопросы степеведения*. 2021; (1): 48–56.
<https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-1-48-56>
3. Гулянов Ю.А. Обзор экологически обоснованных подходов к повышению устойчивости полевых агроландшафтов в постцелинных регионах России. *Вопросы степеведения*. 2023; (2): 91–105.
<https://doi.org/10.24412/2712-8628-2023-2-91-105>
4. Мордкивич В.Г. Степные экосистемы. 2-е изд. Новосибирск: Гео. 2014; 170.
ISBN 978-5-906284-48-8
<https://www.elibrary.ru/yghcwx>
5. Смелянский И.Э. Биоразнообразие сельскохозяйственных земель России: современное состояние и тенденции. М.: МСОП. 2003; 55.
ISBN 5-98093-010-8
<https://www.elibrary.ru/qkwbpp>
6. Reinecke J.S.F., Smelansky I.E., Troeva E.I., Trofimov I.A., Trofimova L.S. Land Use of Natural and Secondary Grasslands in Russia. Squires V.R., Dengler J., Hua L., Feng H. (eds.). *Grasslands of the World. Diversity, Management and Conservation*. Boca Raton: CRC Press. 2017; 113–138.
<https://doi.org/10.1201/9781315156125-13>
7. Смелянский И.Э., Елизаров А.В. Стратегия сохранения степей России: взгляд неправительственных организаций. *Аридные экосистемы*. 2009; 15(1): 56–58.
<https://www.elibrary.ru/kaswiv>
8. Гулянов Ю.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Природоподобные технологии пастбищного использования степных угодий в условиях природных и антропогенных изменений. *Вопросы степеведения*. 2019; 15: 77–81.
<https://doi.org/10.24411/9999-006A-2019-11511>
9. Лазарева В.Г., Бананова В.А., Нгуен В.З., Сератирова В.В. Динамика растительности пастбищ Северо-Западного Прикаспия под влиянием климатических флуктуаций. *Географическая среда и живые системы*. 2022; (1): 31–39.
<https://www.elibrary.ru/lccoln>
10. Дзыбов Д.С., Лапенко Н.Г. Зональные и вторичные бородачевые степи Ставрополя. Ставрополь. 2003; 224.
ISBN 5-901563-64-6
<https://www.elibrary.ru/tdbhuj>
11. Лазарева В.Г., Бананова В.А., Нгуен Ван Зунг. Динамика современной растительности при пастбищном использовании в Северо-Западном Прикаспии. *Аридные экосистемы*. 2020; 26(4): 26–34.
<https://www.elibrary.ru/wclrcr>
12. Лапенко Н.Г., Хонина О.В., Костицын Р.Д. Влияние деструктивных факторов на растительность степных экосистем. *Аграрный вестник Урала*. 2023; (8): 68–77.
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-237-08-68-77>
13. Чибилев А.А., Мелешкин Д.С., Григорьевский Д.В. Современное состояние земель и сельскохозяйственных угодий регионов степного пояса России. *Вопросы степеведения*. 2021; (2): 72–81.
<https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-2-83-92>
14. Чибилев А.А. Степная Евразия — природно-исторический и культурный коридор между Востоком и Западом. *Степная Евразия — устойчивое развитие. Сборник материалов Международного форума*. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2022; 255–258.
<https://www.elibrary.ru/mggazv>
15. Chibilev A.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Developing Institutional Support for Rational Steppe Land Use. Maximova S.G., Raikin R.I., Chibilev A.A., Silanteyeva M.M. (eds.). *Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research*. Cham: Springer. 2023; 2: 45–57.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-78083-8_5
16. Левыкин С.В., Чибилев А.А., Кочуров Б.И., Казачков Г.В. К стратегии сохранения и восстановления степей и управления природопользованием на постцелинном пространстве. *Известия Российской академии наук. Серия: Географическая*. 2020; (4): 626–636.
<https://doi.org/10.31857/S2587556620040093>

REFERENCES

1. Lapenko N.G., Starostina M.A. Steppe ecosystems of Stavropol and issues of their preservation. *Steppes of Northern Eurasia. Proceedings of the 9th International Symposium*. Orenburg: Orenburg State University. 2021; 432–437 (in Russian).
<https://doi.org/10.24412/cl-36359-2021-432-437>
2. Petrova M.V. The role of steppes (global and regional scale). *Problems of steppe science*. 2021; (1): 48–56 (in Russian).
<https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-1-48-56>
3. Gulyanov Yu.A. Review of environmentally reasonable approaches to improving the sustainability of field agricultural landscapes in post-virgin regions of Russia. *Problems of steppe science*. 2023; (2): 91–105 (in Russian).
<https://doi.org/10.24412/2712-8628-2023-2-91-105>
4. Mordkovich V.G. Steppe ecosystems. 2nd ed. Novosibirsk: Geo. 2014; 170 (in Russian).
ISBN 978-5-906284-48-8
<https://www.elibrary.ru/yghcwx>
5. Smelyansky I.E. Biodiversity of agricultural lands of Russia: current state and trends. Moscow: IUCN. 2003; 55 (in Russian).
ISBN 5-98093-010-8
<https://www.elibrary.ru/qkwbpp>
6. Reinecke J.S.F., Smelansky I.E., Troeva E.I., Trofimov I.A., Trofimova L.S. Land Use of Natural and Secondary Grasslands in Russia. Squires V.R., Dengler J., Hua L., Feng H. (eds.). *Grasslands of the World. Diversity, Management and Conservation*. Boca Raton: CRC Press. 2017; 113–138.
<https://doi.org/10.1201/9781315156125-13>
7. Smelyansky I.E., Elizarov A.V. Russian steppe conservation strategy: NGOS' position. *Arid ecosystems*. 2009; 15(1): 56–58 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/kaswiv>
8. Gulyanov Yu.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Natural-like technologies for pastoral use of degrees in the conditions of natural and anthropogenic changes. *Problems of steppe science*. 2019; 15: 77–81 (in Russian).
<https://doi.org/10.24411/9999-006A-2019-11511>
9. Lazareva V.G., Bananova V.A., Nguyen V.Z., Seratirova V.V. Dynamics of vegetation of pastures in the North-Western Caspian region under the influence of climatic fluctuations. *Geographical Environment and Living Systems*. 2022; (1): 31–39 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/lccoln>
10. Dzybov D.S., Lapenko N.G. Zonal and secondary Borodachev steppes of Stavropol. Stavropol. 2003; 224 (in Russian).
ISBN 5-901563-64-6
<https://www.elibrary.ru/tdbhuj>
11. Lazareva V.G., Bananova V.A., Nguyen Van Zung. Dynamics of Modern Vegetation for Pasture Use in the Northwestern Pre-Caspian Region. *Arid Ecosystems*. 2020; 10(4): 276–283.
<https://doi.org/10.1134/S2079096120040137>
12. Lapenko N.G., Honina O.V., Kostitsyn R.D. The influence of destructive factors on the vegetation of steppe ecosystems. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; (8): 68–77 (in Russian).
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-237-08-68-77>
13. Chibilev A.A., Meleshkin D.S., Grigorevsky D.V. Modern structure and spatial distribution of agricultural lands in the regions of the Russia's steppe belt. *Problems of steppe science*. 2021; (2): 72–81 (in Russian).
<https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-2-83-92>
14. Chibilev A.A. Steppe Eurasia is a natural, historical and cultural corridor between East and West. *Steppe Eurasia — sustainable development. Collection of materials of the International forum*. Rostov-on-Don: Southern Federal University. 2022; 255–258 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/mggazv>
15. Chibilev A.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. Developing Institutional Support for Rational Steppe Land Use. Maximova S.G., Raikin R.I., Chibilev A.A., Silanteyeva M.M. (eds.). *Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research*. Cham: Springer. 2023; 2: 45–57.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-78083-8_5
16. Levykin S.V., Chibilev A.A., Kochurov B.I., Kazachkov G.V. To the strategy of steppes' conservation and restoration and natural resource use in the area of post-virgin lands. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya: Geograficheskaya*. 2020; (4): 626–636 (in Russian).
<https://doi.org/10.31857/S2587556620040093>

17. Губарев Д.И., Левицкая Н.Г., Деревягин С.С. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья. *Аридные экосистемы*. 2022; 28(1): 20–27.
<https://doi.org/10.24412/1993-3916-2022-1-20-27>
18. Диневиц Л., Каплан Л., Бадахова Г., Каплан Г. К вопросу об изменении климата. *Современные наукоемкие технологии*. 2013; (2): 60–63.
<https://www.elibrary.ru/pwathb>
19. Волкова В.И., Бадахова Г.Х., Кравченко Н.А., Каплан Г.Л. Динамика и современный температурный режим календарного лета на Ставропольской возвышенности. *Наука. Инновации. Технологии*. 2020; (4): 149–160.
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2020.4.11>
20. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: *Краевые сети связи*. 2007; 270. ISBN 978-5-91228-012-2
<https://www.elibrary.ru/qkgclj>
21. Prishchepov A.V. et al. Multiple trajectories of grassland fragmentation, degradation, and recovery in Russia's steppes. *Land Degradation and Development*. 2021; 32(11): 3220–3235.
<https://doi.org/10.1002/ldr.3976>
22. Назаров А.В., Суслонов А.В. Мониторинг формирования растительного покрова на экспериментальных нефтезагрязненных площадках. *В мире научных открытий*. 2010; (3–3): 47–49.
<https://www.elibrary.ru/mvomrn>
23. Мячина К.В., Дубровская С.А., Ряхов Р.В., Чибилев А.А. Влияние нефтедобычи на развитие эрозионной сети в Волго-Уральском степном регионе. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2023; 508(2): 283–289.
<https://doi.org/10.31857/S2686739722602162>
24. Лазарева В.Г., Бананова В.А., Петров К.М., Болдырева Д.А., Борликов Г.М. Трансформация пастбищных экосистем российского Прикаспия в новых социально-экономических условиях. *Юг России: экология, развитие*. 2015; 10(3): 127–135.
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2015-3-127-135>
25. Рыбашлыкова Л.П., Беляев А.И., Пугачева А.М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия. *Юг России: экология, развитие*. 2019; 14(4): 78–85.
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-4-78-85>
26. Лапенко Н.Г., Ерошенко Ф.В., Сторчак И.Г. Растительность степных фитоценозов и особенности ее вегетации в условиях Ставропольского края. *Аграрный вестник Урала*. 2020; (2): 9–19.
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19>
27. Лапенко Н.Г., Хонина О.В. Оценка пастбищной дигрессии степных экосистем аридной зоны Ставрополя. *Достижения науки и техники АПК*. 2022; 36(5): 16–20.
https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_5_16
28. Мордкович В.Г. Сукцессии биоэкосистем как хроно-хорологический феномен. *Почвы и окружающая среда*. 2023; 6(3): e216.
<https://doi.org/10.31251/pos.v6i3.216>
29. Катасонов С.М. О проблемах сохранения и восстановления степей в Оренбургской области. *Степной бюллетень*. 2011; 32: 65–68.
<https://www.elibrary.ru/onheqf>
30. Тишков А.А. Десять приоритетов сохранения биоразнообразия степей России. *Степной бюллетень*. 2003; 14: 10–18.
<https://www.elibrary.ru/tlbpm1>
31. Левыкин С.В., Падалко Ю.А., Чибилев А.А. Анализ современных проблем сотрудничества России и Казахстана в сфере природопользования и экологической безопасности. *Юг России: экология, развитие*. 2023; 18(4): 182–191.
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-4-182-191>
32. Чибилев А.А. Ландшафтно-экологический каркас как территориальная основа устойчивого развития сельскохозяйственных регионов России. *Юг России: экология, развитие*. 2022; 17(2): 115–121.
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-115-121>
33. Бакирова Р.Т. Устранение пробелов и противоречий в законодательстве для сохранения степных экосистем (на уровне Российской Федерации и Оренбургской области). *Степной бюллетень*. 2011; 32: 69–71.
<https://www.elibrary.ru/onheqf>
34. Дзыбов Д.С. Повышение биологического разнообразия агроландшафтов в степной и лесостепной зонах методом агроустоев. *Земледелие*. 2012; (3): 11–13.
<https://www.elibrary.ru/paczdt>
35. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. О теории и практике экологической реставрации нарушенных пастбищных экосистем в контексте современной концепции экологической ниши. *Нетрадиционное растениеводство. Экологические селекция и биотехнология. Охрана биосферы. Космология. Медицина и геронтология. Труды юбилейного, 25-го Международного научного симпозиума. Алушта: Форма*. 2016; 510–521.
<https://www.elibrary.ru/wnwjsz>
36. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З., Орловский Н.С., Шамсутдинова Э.З. Биогеоэкологические принципы реставрации пастбищ в центральноазиатской пустыне. *Вестник Российской академии наук*. 2021; 91(3): 273–282.
<https://doi.org/10.31857/S0869587321030087>
37. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. Биогеоэкологическая технология как способ ускоренного восстановления биоразнообразия и биологической производительности опустыненных пастбищных земель в Прикаспийской полупустыне. Охрана биосферы и космология. *Нетрадиционное растениеводство, селекция и биоземледелие. Экологическая экономика, технологии и системы питания. Медицина и геронтология. Материалы XXVI Международного научного симпозиума. Алушта: Форма*. 2017; 390–394.
<https://www.elibrary.ru/zuhbz1>
17. Gubarev D.I., Levitskaya N.G., Derevyagin S.S. Influence of Climate Change on Soil Degradation in Arid Zones of the Volga Region. *Arid Ecosystems*. 2022; 12(1): 15–21.
<https://doi.org/10.1134/S2079096122010061>
18. Dinevich L., Kaplan L., Badakhova G., Kaplan G. The issue of climate change. *Modern high technologies*. 2013; (2): 60–63 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/pwathb>
19. Volkova V.I., Badakhova G.Kh., Kravchenko N.A., Kaplan G.L Dynamics and Modern Temperature Regime of Calendar Summer over Stavropol Height. *Science. Innovation. Technologies*. 2020; (4): 149–160 (in Russian).
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2020.4.11>
20. Badakhova G.Kh., Knutas A.V. Stavropol Territory: modern climatic conditions. Stavropol: *Krayevyye seti svyazi*. 2007; 270 (in Russian). ISBN 978-5-91228-012-2
<https://www.elibrary.ru/qkgclj>
21. Prishchepov A.V. et al. Multiple trajectories of grassland fragmentation, degradation, and recovery in Russia's steppes. *Land Degradation and Development*. 2021; 32(11): 3220–3235.
<https://doi.org/10.1002/ldr.3976>
22. Nazarov A.V., Suslonov A.V. Monitoring of vegetation cover formation at experimental oil-contaminated sites. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2010; (3–3): 47–49 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/mvomrn>
23. Myachina K.V., Dubrovskaya S.A., Ryakhov R.V., Chibilev A.A. The impact of oil production on the erosion network development in Volga-Ural steppe region. *Doklady Rossijskoj akademii nauk. Nauki o Zemle*. 2023; 508(2): 283–289 (in Russian).
<https://doi.org/10.31857/S2686739722602162>
24. Lazareva V.G., Bananova V.A., Petrov K.M., Boldyreva D.A., Borlikov G.M. Transformation of Russian Caspian pasture ecosystems under the new socio-economic conditions. *South of Russia: ecology, development*. 2015; 10(3): 127–135 (in Russian).
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2015-3-127-135>
25. Rybashlykova L.P., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. Monitoring Successional Changes in Pasture Phytocenoses in 'Exhausted' Areas of Deflation in the North-West Caspian Region. *South of Russia: ecology, development*. 2019; 14(4): 78–85 (in Russian).
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-4-78-85>
26. Lapenko N.G., Eroshenko F.V., Storchak I.G. Vegetation of steppe phytocenoses and features of its vegetation under complicated conditions of the Stavropol krai. *Agrian Bulletin of the Urals*. 2020; (2): 9–19 (in Russian).
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-193-2-9-19>
27. Lapenko N.G., Honina O.V. Assessment of pasture degradation of steppe ecosystems in the arid zone of Stavropol. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2022; 36(5): 16–20 (in Russian).
https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_5_16
28. Mordkovich V.G. Bioecosystem succession as a chrono-chorological phenomenon. *The Journal of Soils and Environment*. 2023; 6(3): e216 (in Russian).
<https://doi.org/10.31251/pos.v6i3.216>
29. Katasonov S.M. Conservation and restoration of steppe in Orenburg province. *Steppe Bulletin*. 2011; 32: 65–68 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/onheqf>
30. Tishkov A.A. Ten priorities for preserving the biodiversity of the steppes of Russia. *Steppe Bulletin*. 2003; 14: 10–18 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/tlbpm1>
31. Levykin S.V., Padalko Yu.A., Chibilev A.A. Analysis of modern problems of cooperation between the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan in the field of environmental management and environmental safety. *South of Russia: ecology, development*. 2023; 18(4): 182–191 (in Russian).
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-4-182-191>
32. Chibilev A.A. The landscape and ecological framework as a territorial basis for stable development in Russia's agricultural regions. *South of Russia: ecology, development*. 2022; 17(2): 115–121 (in Russian).
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-115-121>
33. Bakirova R.T. Filling in gaps and removing contradictions in national and provincial legislation governing the conservation of steppe ecosystems. *Steppe Bulletin*. 2011; 32: 69–71 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/onheqf>
34. Dzybov D.S. Widening of biodiversity of agrolandscapes in steppe and forest-steppe zones with agrosteppe approach. *Zemledelie*. 2012; (3): 11–13 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/paczdt>
35. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z. On the theory and practice of ecological restoration of disturbed pasture ecosystems in the context of the modern concept of ecological niche. *Non-traditional crop production. Eco-friendly breeding and biotechnology. Protection of the bio-noosphere. Cosmology. Medicine and gerontology. The works of the jubilee, The 25th International Scientific Symposium. Alushta: Forma*. 2016; 510–521 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/wnwjsz>
36. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z., Orlovsky N.S., Shamsutdinova E.Z. Biogeocenotic principles of restoration of pastures in the Central Asian desert. *Vestnik Rossijskoy akademii nauk*. 2021; 91(3): 273–282 (in Russian).
<https://doi.org/10.31857/S0869587321030087>
37. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinova E.Z. Biogeocenotic technology as a way to accelerate the restoration of biodiversity and biological productivity of desolate pasture lands in the Caspian semi-desert. *Protection of the biosphere and cosmology. Non-traditional crop production, breeding and bio-agriculture. Eco-friendly economy, technologies and food systems. Medicine and gerontology. Proceedings of the XXVI International Scientific Symposium. Alushta: Forma*. 2017; 390–394 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/zuhbz1>

38. Талалаев С.А., Баженова И.А., Старостина М.А., Дьякова Л.В., Диджобаите Н.А. Влияние качества пастбищ на показатели шерсти овец. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2020; (4): 134–136.
<https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2020.4.134>

39. Лошаков А.В., Ключин П.В., Широкова В.А., Хуторова А.О., Савинова С.В. Экологические проблемы сельскохозяйственного землепользования засоленных земель в первой агроклиматической зоне Ставропольского края. Юг России: экология, развитие. 2019; 14(1): 105–116.
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-105-116>

40. Мусаев М.Р., Шаповалов Д.А., Широкова В.А., Ключин П.В., Хуторова А.О., Савинова С.В. Экологические проблемы сельскохозяйственного землепользования в Северо-Кавказском федеральном округе. Юг России: экология, развитие. 2016; 11(3): 181–192.
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2016-3-181-192>

ОБ АВТОРАХ

Нина Григорьевна Лапенко

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
sniish_stepi@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3856-690X>

Олеся Викторовна Хонина

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
honina.o@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8509-862X>

Мария Александровна Старостина

научный сотрудник
otd.forage@fnac.center
<https://orcid.org/0000-0003-0086-4258>

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр,
 ул. им. Никитина, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241,
 Россия

38. Talalaev S.A., Bazhenova I.A., Starostina M.A., Dyakova L.V., Didzhokaite N.A. Impact of pasture quality on sheep wool indicators. *Issues of regulatory regulation in veterinary medicine*. 2020; (4): 134–136 (in Russian).
<https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2020.4.134>

39. Loshakov A.V., Klyushin P.V., Shirokova V.A., Khutorova A.O., Savinova S.V. Ecological problems of agricultural land use of saline lands in the first agro-climatic zone of the Stavropol Territory. *South of Russia: ecology, development*. 2019; 14(1): 105–116 (in Russian).
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-105-116>

40. Musayev M.R., Shapovalov D.A., Shirokova V.A., Klyushin P.V., Khutorova A.O., Savinova S.V. Environmental problems of agricultural land management in the North Caucasian Federal District. *South of Russia: ecology, development*. 2016; 11(3): 181–192 (in Russian).
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2016-3-181-192>

ABOUT THE AUTHORS

Nina Grigoryevna Lapenko

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
sniish_stepi@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3856-690X>

Olesya Viktorovna Honina

Candidate of Agricultural Sciences,
 Leading Researcher
honina.o@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8509-862X>

Maria Alexandrovna Starostina

Research Associate
otd.forage@fnac.center
<https://orcid.org/0000-0003-0086-4258>

North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center,
 49 Nikonov Str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241,
 Russia

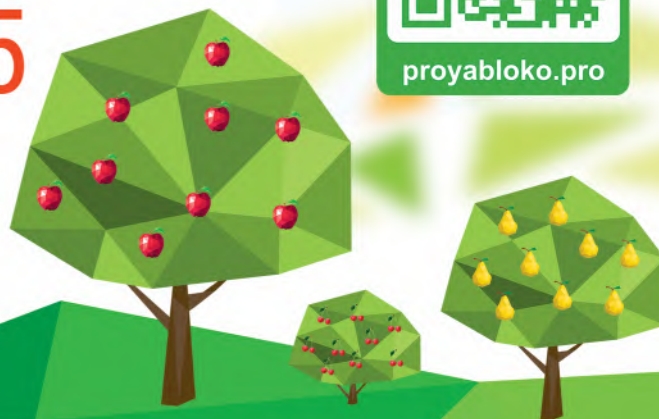


САДЫ РОССИИ PRO ЯБЛОКО 2025

ГЛАВНАЯ ВЫСТАВКА
ДЛЯ САДОВОДОВ

ИЮНЬ
2025

7-я международная выставка
технологий выращивания, хранения
и сбыта плодово-ягодной продукции



г. Минеральные Воды,
МВЦ Минводы ЭКСПО
РЕКЛАМА

УДК 528.9, 502(571.53)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132

И.А. Белозерцева ✉

Д.Н. Лопатина

Институт географии им. В.Б. Сочавы
Сибирского отделения Российской
академии наук, Иркутск, Россия

✉ belozia@mail.ru

Поступила в редакцию: 18.07.2024

Одобрена после рецензирования: 11.11.2024

Принята к публикации: 25.11.2024

© Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132

Irina A. Belozertseva ✉

Daria N. Lopatina

V.B. Sochava Institute of Geography of the
Siberian Branch of the Russian Academy of
Sciences, Irkutsk, Russia

✉ belozia@mail.ru

Received by the editorial office: 18.07.2024

Accepted in revised: 11.11.2024

Accepted for publication: 25.11.2024

© Belozertseva I.A., Lopatina D.N.

Почвы наиболее продуктивных сельскохозяйственных земель Иркутской области: картографирование, использование, оценка современного состояния

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В Иркутско-Черемховской равнине, составляющей 11% территории Иркутской области, где расположена основная часть сельхозугодий, отмечаются относительно хорошие природно-климатические условия. Площадь сельскохозяйственных земель в области составляет 4%, по отдельным районам — до 48%, из них более половины (а в отдаленных районах более 70%) заброшены с 1990-х гг. — после «перестройки» государственной системы.

Цель работы — дать оценку состояния плодородия почв используемых и заброшенных сельскохозяйственных земель.

Методы. Химико-аналитические работы проведены в соответствии с общепринятыми методами. Оценка состояния почв проведена по методике, предложенной авторами.

Результаты. Установлено, что почвы пашен и залежей отдаленных районов (Осинского, Боханского и др.) обладают лучшими показателями плодородия, худшими (по результатам данных исследований) — почвы Иркутского района. Почвы освоенной части территории области (Черемховский, Баяндаевский и Эхирит-Булагатский районы) по основным агрофизическим и агрохимическим показателям оцениваются в основном как «хорошие» и «удовлетворительные» (иногда «отличные», редко «неудовлетворительные»). Отличное состояние почв наблюдается на фоновых территориях, нетронутых хозяйственной деятельностью человека. Почвы используемых пашен около крупных населенных пунктов практически всех районов нуждаются во внесении минеральных калийных и фосфорных удобрений, реже — азотных (минеральных или органических). Имеется резерв сельскохозяйственных земель для использования в виде заброшенных угодий, но иногда они нуждаются в агрохимических, агротехнических и других мероприятиях, так как почвы еще недостаточно восстановились.

Ключевые слова: почвенные показатели, сельскохозяйственное использование земель, картографирование, оценка уровня плодородия почв, Предбайкалье

Для цитирования: Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Почвы наиболее продуктивных сельскохозяйственных земель Иркутской области: картографирование, использование, оценка современного состояния. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 125–132.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132>

Soils of the most productive agricultural lands of the Irkutsk region: mapping, use, assessment of the current state

ABSTRACT

Relevance. The Irkutsk-Cheremkhovskaya plain, which makes up 11% of the territory of the Irkutsk region, where the main part of farmland is located, has relatively good natural and climatic conditions. The area of agricultural land in the region is 4%, in some areas — up to 48%, of which more than half (and in remote areas more than 70%) have been abandoned since the 1990s — after the “restructuring” of the state system.

The purpose of the work is to assess the state of soil fertility of used and abandoned agricultural lands.

Methods. The assessment of the soil condition was carried out according to the author’s methodology in the form of generalizing data and a system of indices of individual indicators.

Results. It was found that the soils of arable land and deposits in remote areas (Osinsky, Bokhansky etc.) have the best fertility indicators, the worst (according to the results of these studies) are the soils of the Irkutsk region. The soils of the developed part of the territory of the region (Cheremkhovsky, Bayandaevsky and Ehirit-Bulagatsky districts) are assessed mainly as “good” and “satisfactory” according to the main agrophysical and agrochemical indicators (sometimes “excellent”, rarely “unsatisfactory”). Excellent soil condition is observed in the background areas untouched by human economic activity. The soils of the arable lands used near large settlements in almost all areas require the introduction of mineral potash and phosphorus fertilizers, less often nitrogen (mineral or organic). There is a reserve of agricultural land for use in the form of abandoned land, but sometimes they need agrochemical, agrotechnical and other measures, since the soils have not yet recovered enough.

Key words: soil indicators, agricultural use of land, mapping, assessment of the level of soil fertility, Baikal region

For citation: Belozertseva I.A., Lopatina D.N. Soils of the most productive agricultural lands of the Irkutsk region: mapping, use, assessment of the current stat. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 125–132 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132>

Введение/Introduction

Иркутская область составляет 4,5% от площади всей России. На значительной части территории области располагаются горные хребты, нагорья, средневысотные плато. Большую часть земель области (более 70%) занимают земли под лесной растительностью. Площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет около 4% по области, из них около половины — заброшенные сельскохозяйственные земли. 7% территории области находятся в пользовании предприятий и хозяйств, занимающихся сельскохозяйственным производством [1].

Согласно официальной статистике Росстата¹, площадь сельскохозяйственных земель в Иркутской области в 1990 г. составляла 1,57 млн га, а в 2016-м — 0,71 млн га. С развалом колхозов и совхозов были заброшены около 50% бывших сельскохозяйственных угодий.

Иркутско-Черемховскую равнину с соседними остепненными участками, занимающую 11% площади территории области, сибирские ученые² называют «Иркутский амфитеатр», земли которых интенсивно используются в сельском хозяйстве.

В общем объеме производства сельское хозяйство наиболее развитых районов (Баяндаевского, Эхирит-Булагатского, Черемховского и др.) занимает до 60%. Основу сельского хозяйства составляют 194 сельхозорганизации. Первые места в производстве сельхозпродукции (зерна, картофеля, овощей, молока, мяса, яиц и пр.) занимают объединения СХПК «Усольский свиноплекс», ОАО «Белореченское», СПК «Окинское», ООО «Саянский бройлер» и ОАО «Иркутский масложиркомбинат».

Многие предприятия животноводства сами себя обеспечивают растительными кормами, занимаются и земледелием. В области 3266 крестьянско-фермерских хозяйств³.

Многие работы посвящены оценке современного состояния российских сельхозугодий и повышению уровня плодородия почв [2–6]. Ученые отмечают малое содержание основных элементов питания растений в почвах сельскохозяйственных угодий в разных регионах страны. В.Г. Сычев, С.А. Шафран, С.Б. Виноградова пишут: «Многочисленные эксперименты показали, что увеличить урожайность можно только за счет систематического и целенаправленного использования удобрений, химической мелиорации и средств защиты растений...» [2].

По оценкам ВНИИ агрохимии, при использовании удобрений производство зерна возрастает в 2 раза и более. Со времени перестройки произошло сокращение применения удобрений. «Баланс питательных веществ в агропочвах в стране стал складываться в негативную сторону, объем их выноса из почв вырос в 3–4 раза относительно поступления» [4]. Эти отрицательные изменения свойственны нечерноземным регионам, к которым относятся и исследуемые районы. Процесс восстановления сельского хозяйства в отдаленных регионах только начинается, в том числе и в области.

Агрохимической характеристике почв Иркутской области и прилегающих территорий посвящены работы разных авторов. А.А. Шпедт и соавт. [7] дали краткую сравнительную характеристику некоторых почвенных показателей и климатических условий формирования почв сельскохозяйственных земель Красноярского края, Иркутской области, Республики Бурятия. А.А. Козлова, И.А. Белозерцева, Д.Н. Лопатина [8] рассмотрели разнообразие и закономерности пространственного распространения почв Южного Предбайкалья, составили карту почв исследуемой территории. Л.Л. Убугунов [9] дал характеристику почвенным ресурсам Республики Бурятия, агроэкологическому состоянию и рациональному использованию почв. В.А. Серышев и В.И. Солодун [10, 11] предложили методические принципы агроландшафтного районирования Иркутской области. Ш.Д. Хисматуллин составил карту эрозии почв сельскохозяйственных земель Иркутской области [12]. Л.И. Калеп [13] занималась проблемами использования почв сельскохозяйственных земель, составлена карта землепользования в Иркутской области.

А.В. Мартынов и соавт. опубликовали карту «Почвенное районирование. Атлас Байкальского региона»³. В.А. Кузьмин составил карту «Почвенно-географическое районирование. Атлас Иркутской области»², Ш.Д. Хисматуллин и соавт. — карты «Эрозия почв», «Трансформация пахотных земель»⁴, И.А. Белозерцева и соавт. — карту «Почвы. Экологический атлас Байкальского региона»⁵. О.Г. Лопатовской и А.А. Сугаченко осуществлено природно-мелиоративное районирование Приангарья⁶.

Несмотря на то что в регионе имеются относительно большие площади заброшенных земель, только авторами ранее были проведены единичные работы [1] по исследованию почв залежных сельскохозяйственных земель Иркутской области с целью их возможного возвращения в сельскохозяйственный оборот. Региональных работ, проведенных другими учеными, связанных с обследованием постагрозонных почв Иркутской области, нет. В связи с этим исследование авторов актуально, имеет практическое значение для развития региона и страны в целом. Возвращение залежных земель в производство может рассматриваться как потенциал увеличения сельскохозяйственного производства. Использование этого потенциала позволит уменьшить импорт продовольствия и поддержать отечественных производителей сельхозпродукции в Сибири.

Цели исследования — составить карту почв наиболее освоенной части Иркутской области (Южного Предбайкалья) на основе новой классификации почв России; создать карту используемых и залежных сельскохозяйственных земель, дать оценку уровню плодородия почв и возможности возврата заброшенных земель в сельскохозяйственный оборот.

¹ Росстат. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSXP_2016_T_3_web.pdf (дата обращения: 10.07.2024).

² Кузьмин В.А. Почвенный покров. Почвенно-географическое районирование. Атлас Иркутской области. Иркутск, М.: ИГ СО РАН. 2004; 40–41.

³ Мартынов А.В., Мартынов В.П., Цыбжитов Ц.Х., Кузьмин В.А. Карта почвенного покрова. М 1 : 2 500 000. Байкал. Атлас. М.: Федеральная служба геодезии и картографии. 1993; 130–131.

⁴ Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.; Иркутск: ИГ СО РАН. http://irkipedia.ru/content/irkutskaya_oblast_ekologicheskie_usloviya_razvitiya_atlas_2004 (дата обращения: 10.07.2024).

⁵ Белозерцева И.А., Убугунов Л.Л., Сороковой А.А., Убугунов В.Л., Доржготов Д., Убугунова В.И., Гынинова А.Б., Батхишиг О., Бадмаев Н.Б., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.Н., Цыбикдоржиев Ц.Д.-Ц. Почвы. Экологический атлас Байкальского региона [электронный ресурс геопортала]. Карта № 57. <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения: 10.07.2024).

⁶ Лопатовская О.Г., Сугаченко А.А. Мелиорация почв. Засоленные почвы: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета. 2010; 101.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В 2023–2024 гг. отобраны более 300 почвенных образцов из 87 основных разрезов и 65 прикопок в соответствии с действующим ГОСТ 58595-2019⁷ на пахотных и залежных землях и на фоновых участках. Объект исследования — почвы Иркутского, Черемховского, Боханского, Осинского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов Иркутской области. Систематика почв проведена по принципам «Классификации и диагностики почв России»⁸.

Химиико-аналитические исследования проведены в соответствии с общими требованиями в Химиико-аналитическом центре Института географии Сибирского отделения Российской академии наук.

Величина pH определена потенциометрическим методом⁹, содержание гумуса — методом Тюринана¹⁰.

Для определения содержания подвижного калия и фосфора применен метод Кирсанова (Мачигина)¹¹.

Метод ЦИНАО применялся для обменного аммония¹² и нитратов¹³, метод Савинова — для структурности почв¹⁴.

В Quantum-GIS (разработчик Фонд по открытому геопространственному программному обеспечению, OSGeo, Россия) создана карта-схема землепользования района с использованием крупномасштабных карт (топографических, космических и авиационных снимков), описаний основных площадок.

Для создания карт используемых и неиспользуемых земель в сельском хозяйстве применили космоснимки (LandsatLookViewer, SRTM и др.) 1988, 2013 и 2023 гг.^{15, 16}

Результаты и обсуждение / Results and discussion

С помощью полевых и камеральных работ созданы карты: почвенная, использования земель Южного Предбайкалья и прилегающей территории в 1988, 2013 и 2023 гг. (рис. 1, 2, табл. 1).

На территории наиболее освоенных земель в сельском хозяйстве распространены почвы темногумусовые, черноземы, черноземы глинисто-иллювиальные (глееватые), серые, дерново-подзолистые. По долинам рек находится комплекс аллювиальных почв (слоисто-аллювиальные, аллювиальные гумусовые, торфяно(перегнойно)-глеевые), встречаются черноземы глинисто-иллювиальные глеевые, гумусово-гидроморфические, перегнойно-гидроморфические и другие почвы. Большая часть земель с черноземами, серыми и темногумусовыми почвами обрабатывалась, часть их заброшена.

Используемые в сельском хозяйстве земли заняты антропогенными аналогами природных почв (агроземы темные, агрочерноземы глинисто-иллювиальные, агротемногумусовые, агросерые и др.) на месте естественных черноземов, темногумусовых,

Таблица 1. Легенда к карте «Почвы Южного Предбайкалья и прилегающей территории»

Table 1. Legend to the map "Soils of the Southern Pre-Baikal Region and the Adjacent Territory"

№ контура	Основные	Сопутствующие	Редко встречающиеся
<i>Почвы подтайги на водоразделах, склонах северной и южной экспозиции</i>			
1	Дерново-подзолы глеевые, литоземы	Торфяно-подзолы глеевые, петроземы	Торфяно-подбуры глеевые
2	Подзолы	Торфяно-подзолы	Торфяно-литоземы, петроземы
3	Дерново-подзолы	Торфяно-подзолы	Торфяно-подбуры
4	Дерново-подзолистые	Подзолистые типичные	Подбуры грубогумусированные
5	Подзолистые остаточнокarbonатные	Дерново-подзолистые остаточнокarbonатные	Карболитоземы, карбопетроземы
6	Дерново-подзолистые, в том числе остаточнокarbonатные	Дерново-подзолы	Подбуры
7	Дерново-подбуры	Подбуры	Дерново-подзолистые
8	Торфяно-подзолы	Торфяно-подзолистые остаточнокarbonатные	Карболитоземы, карбопетроземы
9	Торфяно-подбуры	Дерново-подбуры	Дерново-подзолистые
10	Торфяно-подзолистые глееватые	Дерново-подзолистые	Подзолистые
11	Торфяно-подзолистые остаточнокarbonатные	Торфяно-подзолистые	Торфяно-литоземы
12	Дерново-подзолистые, дерново-подбуры	Дерново-подзолистые остаточнокarbonатные	Карболитоземы, темногумусовые глееватые
13	Подзолистые грубогумусовые	Дерново-подзолистые, буроземы темные остаточнокarbonатные	Торфяно-подзолисто-глеевые, карболитоземы
14	Торфяно-подбуры	Дерново-подзолистые	Торфяно-подбуры
16	Буроземы грубогумусовые	Буроземы оподзоленные	Дерново-подзолистые
<i>Почвы лесостепи на склонах северной и южной экспозиции</i>			
17	Серые метаморфические	Серые, дерново-подзолистые	Темногумусовые, в том числе остаточнокarbonатные
18	Серые	Темно-серые, темногумусовые остаточнокarbonатные	Серые метаморфические
19	Темно-серые метаморфические	Темногумусовые остаточнокarbonатные	Серые метаморфические
21	Темногумусовые	Черноземы глинисто-иллювиальные (глеевые)	Серые, серогумусовые
<i>Почвы настоящей и сухой степи на южных склонах</i>			
15	Дерново-подзолистые остаточнокarbonатные	Серогумусовые, каштановые, каштановидные	Серые, литоземы серогумусовые, светлогумусовые
20	Темно-серые	Серые, темногумусовые остаточнокarbonатные	Темно-серые метаморфические, черноземы, в том числе засоленные
<i>Почвы долин рек</i>			
22	Аллювиальные торфяно-минеральные и торфяно-глеевые	Аллювиальные перегнойно-глеевые и темногумусовые (глеевые)	Слоисто-аллювиальные гумусовые, торфяно-криоземы глееватые
23	Слоисто-аллювиальные гумусовые	Аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые	Аллювиальные гумусовые глеевые, торфяно-криоземы
24	Аллювиальные гумусовые, темногумусовые метаморфизованные	Перегнойно-темногумусовые, черноземы	Аллювиальные темногумусовые, слоисто-аллювиальные (гумусовые)

⁷ ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб.

⁸ Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН [электронный ресурс]. <http://soils.narod.ru/obekt/obekt.html> (дата обращения: 10.07.2024).

⁹ ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

¹⁰ Ариушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ. 1970; 487.

¹¹ Теория и практика химического анализа почв. Ред. Л.А. Воробьева. М.: ГЕОС. 2006; 399.

¹² ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.

¹³ ГОСТ 26488-85 Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО.

¹⁴ Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986; 416.

¹⁵ Landsat Look Viewer [электронный ресурс]. <http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html> (дата обращения: 10.07.2024).

¹⁶ SRTM Tile Grabber [электронный ресурс]. <http://dwtkns.com/srtm/> (дата обращения: 10.07.2024).

Рис. 1. Почвы Южного Предбайкалья и прилегающей территории

Fig. 1. Soils of the Southern Pre-Baikal Region and Adjacent Territory

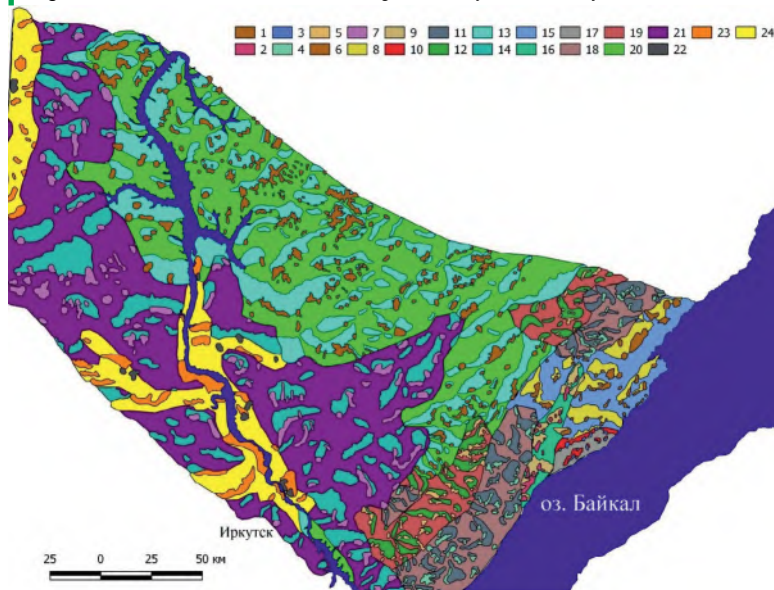
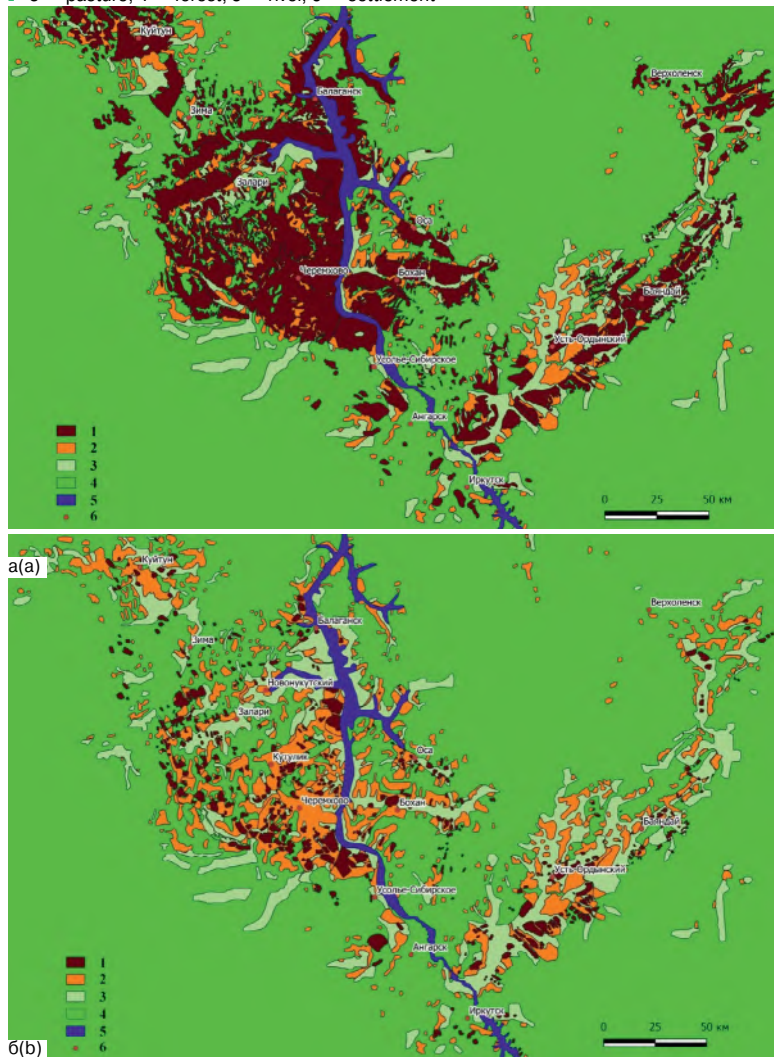


Рис. 2. Площади сельскохозяйственных земель в 1988 г. (а), 2013 г. (б) и 2023 г. (в):

1 — пашня, 2 — залежь, 3 — пастбище, 4 — лес, 5 — река, 6 — населенный пункт

Fig. 2. Agricultural land areas in 1988 (a), 2013 (b) and 2023 (c): 1 — arable land, 2 — fallow, 3 — pasture, 4 — forest, 5 — river, 6 — settlement



серых почв и др. Ранее природные почвы района формировались на суглинистых отложениях под степями и светлехвойными кустарничково-травяными лесами. Значительная часть пахотных земель расположена вблизи основных населенных пунктов.

По данным составленных карт в 2023 году, 34% наиболее освоенных районов области составляют сельскохозяйственные земли (из них 46% — заброшены, 14% — отведены под пашни, 32% — пастбища, сенокосы). Остальная территория исследуемых районов составляет 54% от общей площади — это главным образом земли под лесами и населенными пунктами.

В 1988 году весь потенциал сельскохозяйственных земель практически использовался полностью под пашни. С 1990 годов после перестройки государственной системы произошло увеличение площади заброшенных земель. В результате возникли временные социально-экономические проблемы, которые уже решаются. Процесс возрождения отечественного сельского хозяйства ускорился в последние годы из-за западных санкций, когда их продукция (зачастую некачественная) ушла с рынка¹⁸ [14].

За последние 10 лет площадь пахотных земель в исследуемых районах несколько увеличилась (на 13%) [1]. Возвращение заброшенных земель в оборот может рассматриваться как потенциал увеличения сельскохозяйственного производства.

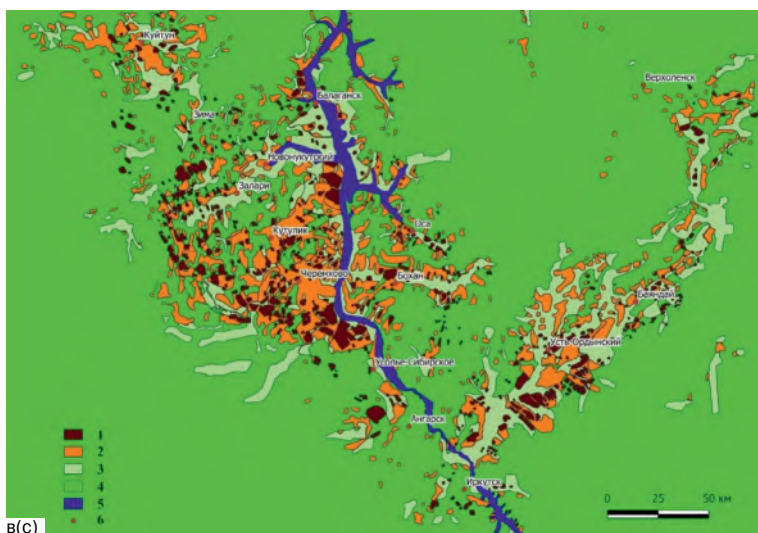
Условия произрастания культурных растений в наиболее освоенной Иркутско-Черемховской равнине одни из лучших по Иркутской области, так как представляют участок суббореального пояса, окруженного горными провинциями бореального пояса¹⁹. Выровненный рельеф, средняя высота над уровнем моря — 600–700 м, от 400 до 1509 м. Естественная растительность представлена сосновыми и лиственнично-сосновыми травяными и мелкотравно-разнотравными, остепненными лесами и лугами, степями высокой и средней продуктивности (40–80 ц/га). Условия недостаточного увлажнения (коэффициент сухости от 1,5 до 2,5 по²⁰), умеренно теплые и теплые (сумма активных температур Σt от 1400 до 1800 °C²¹). Периодически наблюдается засушливость первой половины лета. Породы: аргиллиты, алевролиты, бескарбонатные

¹⁸ Рожков Е. «Ножки Буша» опасны для здоровья. «Вести недели». РТР. Архивная копия от 17 октября 2007 года на Wayback Machine. — URL: <https://vesti7.ru/archive/news?id=616> (дата обращения: 12.05.2024).

¹⁹ Урусевская И.С., Алябина И.О., Винокова В.П. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации [карта]; науч. ред.: акад. РАН Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. М 1 : 1 : 2 500 000. М.: МГУ. 2013.

²⁰ Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеоиздат. 1971; 470.

²¹ Экологический атлас Байкальского региона. Иркутск: РАН [электронный ресурс геоportala]. <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения: 10.07.2024).



песчаники, известняки, красноцветные карбонатно-силикатные отложения. Многолетняя мерзлота отсутствует, теплый период с температурой воздуха более 10 °С — 90–104 дня, количество месяцев с отрицательной температурой воздуха — 5–6 месяцев. Земли под лугово-степной растительностью с черноземами, темногумусовыми, перегнойно(гумусово)-гидроморфическими, серыми, аллювиальными гумусовыми и перегнойно-глеевыми почвами занимают более 50% площади основных освоенных районов и пригодны для земледелия и выпаса скота.

В качестве индикаторов уровня плодородия почв рекомендуется использовать следующие показатели: реакцию среды, плотность, содержание гумуса, основных элементов питания растений (азота, фосфора, калия), физической глины, агрономически ценных агрегатов.

Известно, что накопление нитратов в почве свидетельствует о ее хорошем «санитарном» состоянии: те же физические и химические свойства и условия, которые благоприятны для большинства культурных растений. Мобильностью в почве отличаются нитраты. Относительно малоподвижен в почве аммонийный азот. Шкала и гигиеническая норма содержания аммонийного азота в почвах пока не разработаны, так как этот показатель динамичен, а увеличение его количества не оказывает токсического воздействия на культурные растения.

Агрономически ценные агрегаты (0,25–10 мм) положительно влияют на воздухопроницаемость и

водопроницаемость. Нормальной плотностью почв принято считать показатели до 1,0–1,1 г/см³, переуплотненные — со средней степенью уплотнения 1,3–1,5 г/см³ и с сильной степенью уплотнения более 1,5 г/см³ [15].

На основе полученных результатов и различным шкалам^{22, 23} составлена схема качественной оценки состояния почв по реакции среды, плотности, содержанию гумуса, нитратов, подвижного фосфора и калия (для зерновых культур), физической глины, агрономически ценных агрегатов (табл. 2).

Сводные показатели по сумме баллов отдельных показателей (ОП — оценка плодородия почв) приведены в таблице 3. Однако обобщающие характеристики и оценки маскируют плохое состояние отдельных показателей. Поэтому, принимая во внимание законы равнозначности, незаменимости и лимитирующего фактора, была разработана оценка состояния уровня плодородия почв в экспоненциальной форме (индекс плодородия — ИП), при этом указана оценка всех показателей. Например, ИП первой площадки (табл. 2):

$$\frac{pH_5 C_4 P_3 \Gamma_5}{N_2 K_2 D_2 A_1}$$

где: pH_5 — реакция водной вытяжки (актуальная кислотность) (состояние — отличное); C_4 — содержание гумуса выше среднего (хорошее); P_3 — содержание подвижного фосфора среднее (удовлетворительное); Γ_5 — содержание физической глины низкое (отличное); N_2 — содержание нитратного азота низкое (неудовлетворительное); K_2 — содержание подвижного калия низкое (неудовлетворительное); D_2 — плотность почв высокая (неудовлетворительная); A_1 — содержание агрономически ценных агрегатов очень низкое (плохое).

Используемые в ИП показатели: pH — актуальная кислотность, C — содержание гумуса, N — содержание нитратного азота, P — содержание фосфора, K — содержание калия, A — содержание агрономически ценных агрегатов, Γ — содержание физической глины, D — плотность почв. Числитель дает показатели с удовлетворительными (3), хорошими (4) и отличными (5) состояниями, а в знаменателе — с неудовлетворительными (2) и плохими (1).

Таблица 2. Шкала оценки состояния почв по показателям: $pH_{водн.}$, плотность, содержание физической глины, агрономически ценных агрегатов, гумуса, нитратов, подвижного фосфора и калия

Table 2. Scale for assessing the state of soils by indicators: pH_{H_2O} , density, content of physical clay, agronomically valuable aggregates, humus, nitrates, mobile phosphorus and potassium

$\frac{pH_{H_2O}}{pH_{KCl}}$	ПЗ	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	$N-NO_3$, мг/кг	Гумус, %	A, %	К	Г, %	D , г/см ³	ОП	ΣБ
$\leq 4,5$ $< 4,0$	сильная	< 25	< 100	$< 4, > 130$	< 1	< 20	очень низкое	> 40	$> 1,5$	плохое 1	< 16
$4,6-5,5$ $4,1-4,5$		26–50	101–200	4–8	2,1–3,0	20–40	низкое	< 10	1,3–1,5	неудовлетворительное 2	16–20
$5,1-5,5$ $4,6-5,0$		51–100	201–300	8–15	3,1–5,0	40–60	среднее	10–20	1,2–1,3	удовлетворительное 3	20–24
$5,6-6,0$ $5,1-5,5$	слабая	101–150	301–400	15–20	5,1–8,0	60–80	выше среднего	20–30	1,2–1,1	хорошее 4	24–30
$> 6,1$ $> 5,6$	не требуется	> 150	> 400	20–130	$> 8,0$	> 80	высокое	30–40	$< 1,1$	отличное 5	> 30

Примечание: ПЗ — потребность в известковании; A — содержание агрономически ценной структуры (%); К — уровень содержания фосфора, калия, нитратов, гумуса и агрономически ценных агрегатов; Г — содержание физической глины (частиц $< 0,01$ мм); D — плотность оценивалась по шкале [20–22]; ОП — оценка состояния плодородия почв по вышеприведенным показателям; Б — балл; К — состояние плодородия почв; ΣБ — сумма баллов.

²² Воробьева Г.А., Киселева Н.Д. Морфоаналитическая диагностика почв. Имитационно-обучающий тренинг по интерпретации результатов исследования почв. Иркутск: ИГУ. 2023; 145.

²³ Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий и рекомендации по применению удобрений в МО «Усть-Алтан» Осинского района Иркутской области. Ред. Буторин М.В. Иркутск: ФГБУ ЦАС «Иркутский». 2009; 27.

Из ИП первого участка видно, что почвы на данной площадке по таким показателям, как реакция среды, содержание гумуса, подвижного фосфора и фракций физической глины, находятся в благоприятном состоянии (отличном, хорошем и удовлетворительном). В плохом и неудовлетворительном состоянии находятся плотность,

содержание нитратов, калия и агрономически ценных агрегатов. По сумме баллов всех показателей (ОП = 23) почвы находятся в удовлетворительном состоянии (У).

По предложенной схеме проведена оценка уровня плодородия почв некоторых ключевых участков района в баллах и в виде индекса (табл. 3).

Таблица 3. Основные показатели почв некоторых ключевых площадок Иркутского, Черемховского, Бокханского, Осинского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов Иркутской области, оценка уровня их плодородия

Table 3. Some soil indicators of the main key sites of the Irkutsk, Cherekhovsky, Bokhansky, Osinsky, Bayandaevsky and Ekhirit-Bulagatsky districts of the Irkutsk region, assessment of their fertility level

Местоположение	Растительность, использование	Почва	Гор	pH _{водн.}	Гумус, %	N-NH ₄ , мг/кг	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Г, %	D, г/см ³	A, %	ΣБ	ОП	ИП
Иркутский район															
2,5 км на север от с. Баклаши, около пос. Пионерск	пар	агрозем	P	6,6 5	7,1 4	3,09	4,8 2	76 3	67 2	40 5	1,49 2	3,6 1	23	У	$\frac{pH_5C_4P_3G_5}{N_2K_2D_2A_1}$
3 км на север от с. Баклаши, вблизи пос. Пионерск	фон, сосняк злаково-разнотравный	дерново-подзолистая	AУ	6,1 5	9,1 5	32,34	0,7 1	715 5	408 5	31 5	0,8 55	40,2 4	33	О	$\frac{pH_5C_5P_5K_5G_5A_4D_5}{N_1}$
Около пос. Новолисиха	пашня	агрозем	A	5,8 4	0,6 1	4,75	16,6 4	3 1	22 1	24 4	1,35 2	24,7 2	19	Н	$\frac{pH_4N_4G_4}{C_1P_1K_1D_2A_2}$
В 2 км на северо-восток от с. Пивовариха	залежь 20 лет, разнотравно-злаковый луг с сорной растительностью и подростом сосны	агрозем	P	5,6 4	3,5 3	8,90	0,7 1	68 3	124 2	46 1	1,07 1	54,1 3	22	У	$\frac{pH_4C_3P_3D_5}{N_1K_2G_1A_3}$
Черемховский р-н															
1 км на север от пос. Касьяновка	фон злаково-разнотравный с осокой оспенный луг пар, сурепка, сорная растительность	чернозем глинисто-иллювиальный глееватый	AУ	6,9 5	12,2 5	30,1	2,5 3	160 5	498 5	43 1	0,61 5	68 2	26	О	$\frac{pH_5C_5N_3P_5K_5D_5}{G_1A_2}$
2,5 км на северо-запад от дер. Петровка	залежь 8 лет, осоково-разнотравно-злаковый луг с сорной растительностью и всходами сосны	агрозем темный	PU	6,9 5	3,7 3	7,3	11,7 3	35 2	110 2	57 1	1,56 1	60 3	15	Н	$\frac{pH_5C_4N_2A_3}{P_2K_2G_1D_1}$
500 м на северо-запад от г. Михайловка		агрозем темный	PU	7,9 5	4,2 3	7,4	0,8 1	17 1	46 1	48 1	1,33 2	6 1	9	П	$\frac{pH_5C_3}{N_1P_1K_1G_1A_1D_2}$
Эхирит-Булагатский и Баяндаевский р-ны															
2 км на северо-запад от пос. Усть-Ордынский	пашня, рожь	агрочернозем глинисто-иллювиальный	PU	7,2 5	5,4 4	5,34	1,80 1	39 2	175 2	41 1	1,48 2	24,4 2	14	Н	$\frac{pH_5C_4}{N_1C_2P_2K_2G_1D_2A_2}$
2,5 км на северо-восток от с. Капсал	залежь около 20 лет, разнотравно-злаковая степь с польной и сорной растительностью	агрозем темный	PU	7,9 5	5,2 4	17,06	35,70 5	142 4	498 5	51 1	1,01 5	57,4 3	28	О	$\frac{pH_5C_4N_5P_4K_5D_3A_3}{G_1}$
1,2 км на северо-запад от с. Покровка	пар, овес с сорной растительностью	аллювиальная агроперегно-глеевая	PU	8,2 5	19,0 5	12,22	17,20 4	39 2	408 5	55 1	1,21 3	43,0 3	23	Х	$\frac{pH_5C_5N_4K_5D_3A_3}{P_2G_1}$
1,5 км на север от дер. Боходдой	фон, разнотравно-осоково-злаковый заболоченный луг	аллювиальная перегно-глеевая	Н	8,2 5	16,4 5	—	18,1 4	78 3	670 5	36 5	0,60 5	9,7 1	28	О	$\frac{pH_5C_5N_4K_5D_5}{P_2A_1}$
Бокханский и Осинский р-ны															
2 км на северо-восток от с. Вершина, склон к долине р. Иды	фон, березово-сосновый разнотравный лес	темно-серая	AУ	6,7 5	6,1 4	37,5	51,8 5	101 4	390 4	32 5	0,80 5	96 5	37	О	$\frac{pH_5C_4N_5P_4K_4A_5G_5}{G_1}$
8,5 км на юг от дер. Тараса	пашня, донник, овес	агросерая	PU	6,6 5	5,1 4	5,0	15,8 4	44 2	115 2	23 4	1,29 3	56 3	27	Х	$\frac{pH_5C_4N_4A_3G_4}{P_2K_2}$
дер. Черниговская	пар, сорная растительность	агрочернозем	PU	7,9 5	5,4 4	11,3	8,1 3	49 2	200 3	21 4	1,21 3	71 4	28	Х	$\frac{pH_5C_4N_3A_4G_4}{P_2K_2}$
1 км на восток от дер. Грехневка	фон, елово-березово-сосновый разнотравно-зеленомошный лес	дерново-подзолистая	AУ	5,9 4	5,2 4	36,3	36,0 5	109 4	230 3	19 3	0,60 5	73 4	31	О	$\frac{pH_4C_4N_5P_4K_3A_4G_3}{G_1}$
1 км на запад от с. Харатинген	фон, разнотравно-злаковое лугово-степное сообщество	чернозем	AУ	8,3 5	10,6 5	21,0	22,7 5	405 5	1000 5	33 5	1,00 5	97 5	40	О	$\frac{pH_5C_5N_5P_5K_5A_5G_5}{G_1}$
дер. Черниговская	пашня, сорная растительность	агрочернозем	PU	7,9 5	5,4 4	11,3	8,1 3	49 2	200 3	21 4	1,14 2	71 4	27	Х	$\frac{pH_5C_4N_3A_4G_4}{P_2K_2}$
дер. Захаровская	залежь более 30 лет, пастбище, разнотравно-злаковый луг	агрозем темный	PU	7,2 5	7,7 4	13,8	8,7 3	325 5	950 5	39 5	0,90 5	71 4	36	О	$\frac{pH_5C_4N_3P_5K_5A_4G_5}{G_1}$

Примечание: D — плотность (г/см³); A — содержание агрономически ценных агрегатов (%); Г — содержание физической глины (%); ΣБ — сумма баллов; ОП — оценка плодородия почв в среднем по сумме баллов (отличное — О, хорошее — Х, удовлетворительное — У, неудовлетворительное — Н, плохое — П); состояние плодородия почв по отдельным компонентам: 5 — отличное, 4 — хорошее, 3 — удовлетворительное, 2 — неудовлетворительное, 1 — плохое; ИП — индекс плодородия, в нем содержание гумуса (С), нитратного азота (N), подвижного фосфора (P) и калия (K); в числителе — показатели в удовлетворительном, хорошем и отличном состоянии, в знаменателе — в неудовлетворительном и плохом состоянии.

Дерново-подзолистые, серые, черноземы глинисто-иллювиальные и их антропогенные аналоги в большинстве районов Иркутско-Черемховской равнины имеют близкую к нейтральной, нейтральную и слабощелочную реакцию ($pH_{\text{водн.}}$ от 7,3 до 6,5). Актуальная кислотность почв сельскохозяйственной территории варьирует от нейтральной до щелочной ($pH_{\text{водн.}}$ 6,5–8,6), что обусловлено припавыванием нижних карбонатных горизонтов.

pH_{KCl} солевой вытяжки используется для характеристики кислых почв и расчета нормативов внесения извести. В нашем случае кислые почвы не встречаются. Почвы в известковании не нуждаются. Исключение составили почвы Иркутского района, где иногда наблюдается слабокислая реакция ($pH_{\text{водн.}}$ 5,6–6,0, pH_{KCl} 5,1–5,5) пахотных и естественных горизонтов, у них имеется слабая потребность в известковании.

Концентрация гумуса в почвах колеблется от низкого (2,6%) уровня на пашнях до высокого (14,2%) уровня на условно «фоновых» участках с естественной растительностью. В почвах большей части исследованных почв концентрация гумуса имеет значения среднего, выше среднего и высокого уровня (удовлетворительное, хорошее и отличное состояние). В агроземах под паром и на пашне (Эхирит-Булагатский и Иркутский районы) зафиксировано самое низкое содержание гумуса — 0,6–3,1%. В аллювиальных перегнойно-глеевых, аллювиальных агроперегнойно-глеевых, черноземах и агрочерноземах фоновых, используемых и заброшенных участков Баяндаевского, Боханского и Осинского районов наблюдается самая высокая концентрация гумуса — 12,1–19,0%.

Содержание подвижного фосфора в гумусовых горизонтах исследованных почв варьирует от низкого и очень низкого (5–39 мг/кг) на фоновых, используемых и залежных участках до высокого (230–715 мг/кг) в естественных ландшафтах, что связано с разнообразием пород. Около половины образцов почв изученных площадей имеют средневысокий уровень содержания калия (204–670 мг/кг). Высокая (более 400 мг/кг) и низкая (менее 50 мг/кг) концентрация калия установлена в почвах фоновых, используемых и заброшенных участков, что связано с разнообразием пород.

Содержание аммиачного азота в верхних горизонтах составляет 3,0–55,7 мг/кг. Концентрация нитратов в почвах не превышает гигиенические нормы (130 мг/кг), варьирует от 0,7 мг/кг (в Иркутском районе) до 60,7 мг/кг (в Боханском районе). Большинство исследуемых участков характеризуются содержанием нитратов в почвах от среднего до высокого. Содержание нитратов в дерново-подзолистых почвах под лесом, в черноземе и агрочерноземе глинисто-иллювиальном некоторых пашен и залежей очень низкое.

Самые высокие значения нитратов в почвах встречаются на пашнях (как следствие применения удобрений) и залежах более 20 лет вблизи заброшенных крупных скотоводческих ферм.

По содержанию физической глины (фракции частиц < 0,001 мм от 19 до 62%) почвы наиболее освоенных Черемховского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов в основном находятся в плохом состоянии, иногда в отличном, что связано в большей части с естественными факторами и наследовано от подстилающих пород. Лучшие значения данного показателя в почвах отдаленных районов — Боханском и Осинском.

Показатели плотности почв варьируют от 0,60 до 1,56 г/см³ в верхних горизонтах почв наиболее освоенных районов, что говорит об их различном состоянии — от отличного до неудовлетворительного. Самые

высокие показатели плотности установлены в пахотных и подпахотных горизонтах почв Черемховского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов. Самые лучшие (низкие) показатели по плотности зафиксированы в почвах фоновой территории, в агропочвах отдаленных районов (Осинский и др.).

Содержание агрономически ценных агрегатов в гумусовых и пахотных горизонтах почв составляет от 10 до 84%, что свидетельствует о плохой — отличной структуре. Отличное состояние структуры зафиксировано в темногумусовых горизонтах фоновых участков и в подпахотных горизонтах агрочерноземов и агроземов темных под паром и залежью.

Таким образом, в связи с благоприятными климатическими условиями небольшого участка Иркутско-Черемховской равнины относительно всей области, окруженного средневысотными плато и горными хребтами, большая часть земель освоенных районов характеризуется положительными характеристиками агрохимических и агрофизических свойств.

Земли заброшенных сельскохозяйственных угодий при рациональном применении различных мероприятий пригодны для: производства зерна, картофеля, мяса и молока крупного рогатого скота; узкоспециализированной сельскохозяйственной деятельности (свинина, птица и яйцо, овощеводство, плоды и ягоды). Возможно выращивание ранних культур (зернобобовые, картофель, зерновые колосовые и др.). Рекомендуемые севообороты [11]: зернопаровые, зернопаропашные, зернопаротравяные, зернотравяные, зернопаротравяные, овощные, картофельные.

Выводы/Conclusion

В результате проведенных исследований выявлено, что состояние плодородия почв большей части площади используемой территории освоенных районов в сельском хозяйстве Иркутской области оценивается как благополучное. Составленные карты показывают, что 46% сельскохозяйственных земель в целом по области заброшены, а в отдаленных районах — более 70%. Отличными показателями характеризуются почвы фоновых территорий, залежи более 20 лет и некоторых пашен отдаленных районов (например, Боханского и Осинского). Содержание подвижного фосфора и калия, физической глины в почвах сильно варьирует независимо от использования, что обусловлено разнообразием подстилающих пород.

В некоторых случаях наиболее освоенных центральных районов в ряду отрицательных характеристик почв находятся такие показатели, как плотность, содержание основных элементов питания, физической глины, агрономически ценных агрегатов. Часто в исследованных почвах во всех районах наблюдается малое количество подвижного фосфора и калия, иногда нитратного азота. Некоторые почвы сельскохозяйственной территории Иркутского района имеют слабую потребность в известковании. Почвы большей части наиболее освоенных районов в известковании не нуждаются.

Почвы некоторых участков наиболее освоенных районов (Черемховского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского) находятся в плохом и удовлетворительном состоянии по показателям «содержание физической глины» и «содержание агрономически ценных агрегатов». Почвы на большей части заброшенных земель региона имеют хороший и средний уровень плодородия и могут быть введены в сельскохозяйственный оборот (иногда с применением агротехнических мероприятий, органических и минеральных удобрений).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке регионального гранта Российского научного фонда и Министерства экономического развития и промышленности Иркутской области (проект № 23-27-10013 (05-62-824/24) «Трансформация постагрогенных почв и возможность их введения в сельскохозяйственный оборот в условиях интенсивного природопользования и глобальных изменений окружающей среды»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лопатина Д.Н., Белозерцева И.А. Сельскохозяйственные земли бассейна р. Осы: использование и уровень плодородия. Региональные геосистемы. 2023; 47(3): 392–405. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-3-392-405>
2. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования. *Агрохимия*. 2020; (6): 3–13. <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125>
3. Сычев В.Г., Налиухин А.Н., Шевцова Л.К., Рухович О.В., Беличенко М.В. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов географической сети России. *Почвоведение*. 2020; (12): 1521–1536. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20120138>
4. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: Российская академия наук. 2019; 328. ISBN 978-5-907036-01-7 <https://elibrary.ru/etpunh>
5. Подколзин А.И. Эффективность удобрений в земледелии Ставрополя. *АПК: экономика, управление*. 2000; (1): 82–84.
6. Агеев В.В., Есаулко А.Н., Стороженко А.Ю., Подколзин А.И. К вопросу биологизации систем удобрения в севооборотах. *Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова*. 2003; 117: 3–5.
7. Шпедт А.А. и др. Почвенно-экологическая оценка сельскохозяйственных земель Красноярского края, Иркутской области, Республики Бурятия. *Земледелие*. 2022; (1): 9–13. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-9-13>
8. Козлова А.А., Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Почвы Южного Предбайкалья: разнообразие и закономерности пространственного распространения. *География и природные ресурсы*. 2021; 42(1): 103–114. <https://doi.org/10.15372/GIPR20210112>
9. Убугунов Л.Л. Почвенные ресурсы Республики Бурятия, их агроэкологическое состояние и рациональное использование. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2020; (2): 35–46. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.005>
10. Серышев В.А., Солодун В.И. Агроландшафтное районирование Иркутской области. *География и природные ресурсы*. 2009; (2): 86–94. <https://elibrary.ru/ktvgzx>
11. Солодун В.И. Агроландшафтное районирование Иркутской области. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. 2016; 215. <https://elibrary.ru/xqtpvb>
12. Хисматуллин Ш.Д. Эрозия на сельскохозяйственных землях Иркутской области. *География и природные ресурсы*. 1991; (4): 49–61.
13. Калеп Л.Л. К проблеме экологизации аграрного землепользования Байкальской природной территории. *География и природные ресурсы*. 2003; (2): 41–44.
14. Пехтерева Е.А. Регулирование внедрения ГМО в производство продуктов питания: пример Канады. *Россия и современный мир*. 2023; (1): 78–94. <https://doi.org/10.31249/rsm/2023.01.05>
15. Черемисинов А.Ю., Черемисинов А.А., Плотников С.А. Уплотнение орошаемых почв от воздействия сельскохозяйственных машин. *Лесотехнический журнал*. 2013; (4): 156–160. <https://elibrary.ru/rtvowl>

ОБ АВТОРАХ

Ирина Александровна Белозерцева

кандидат географических наук, заведующая лабораторией
belozia@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7995-2298>.

Дарья Николаевна Лопатина

кандидат географических наук, старший научный сотрудник.
daryaneu@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2696-0822>

Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук,
ул. Улан-Баторская, 1, Иркутск, 664033, Россия

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (Project No. 23-27-10013 (05-62-824/24) "Transformation of Post-Agrogenic Soils and the Possibility of Their Introduction into Agricultural Circulation in Conditions of Intensive Environmental Use and Global Environmental Changes").

REFERENCES

1. Lopatina D.N., Belozertseva I.A. Agricultural land of the Osa river basin: use and level of fertility. *Regional geosystems*. 2023; 47(3): 392–405 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-3-392-405>
2. Sychev V.G., Shafran S.A., Vinogradova S.B. Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agrokhimiya*. 2020; (6): 3–13 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125>
3. Sychev V.G., Naliukhin A.N., Shevtsova L.K., Rukhovich O.V., Belichenko M.V. Influence of Fertilizer Systems on Soil Organic Carbon Content and Crop Yield: Results of Long-Term Field Experiments at the Geographical Network of Research Stations in Russia. *Eurasian Soil Science*. 2020; 53(12): 1794–1808. <https://doi.org/10.1134/S1064229320120133>
4. Sychev V.G. The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation: Moscow: *Russian Academy of Sciences*. 2019; 328 (in Russian). ISBN 978-5-907036-01-7 <https://elibrary.ru/etpunh>
5. Podkolzin A.I. The effectiveness of fertilizers in Stavropol agriculture. *AIC: economy, management*. 2000; (1): 82–84 (in Russian).
6. Ageev V.V., Esaulko A.N., Storozhenko A.Yu., Podkolzin A.I. On the issue of biologization of fertilizer systems in crop rotations. *Byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta agrokhimii im. D.N. Pryanishnikova*. 2003; 117: 3–5 (in Russian).
7. Shpedt A.A. et al. Soil and ecological assessment of agricultural lands in the Krasnoyarsk territory, Irkutsk region, and the Republic of Buryatia. *Zemledelie*. 2022; (1): 9–13 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-9-13>
8. Kozlova A.A., Belozertseva I.A., Lopatina D.N. Soils of Southern Cisbaikalia: Diversity and Spatial Distribution Patterns. *Geography and Natural Resources*. 2021; 42(1): 58–70. <https://doi.org/10.1134/S1875372821010091>
9. Ubunonov L.L. Soil resources of the Republic of Buryatia, agroecological conditions and rational use. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov*. 2020; (2): 35–46 (in Russian). <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.005>
10. Seryshev V.A., Solodun V.I. Agro-landscape zoning of the Irkutsk region. *Geography and natural resources*. 2009; (2): 86–94 (in Russian). <https://elibrary.ru/ktvgzx>
11. Solodun V.I. Agro-landscape zoning of the Irkutsk region. Irkutsk: *Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky*. 2016; 215 (in Russian). <https://elibrary.ru/xqtpvb>
12. Khismatullin Sh.D. Erosion on agricultural lands of the Irkutsk region. *Geography and natural resources*. 1991; (4): 49–61 (in Russian).
13. Kalep L.L. To the problem of greening the agricultural land use of the Baikal natural territory. *Geography and natural resources*. 2003; (2): 41–44 (in Russian).
14. Pekhtereva E.A. Regulation of GMO integration in food production: the case of Canada. *Russia and the contemporary world*. 2023; (1): 78–94 (in Russian). <https://doi.org/10.31249/rsm/2023.01.05>
15. Cheremisinov A.Yu., Cheremisinov A.A., Plotnikov S.A. Consolidation of irrigated soils from the effects of agricultural machines. *Forestry Engineering Journal*. 2013; (4): 156–160 (in Russian). <https://elibrary.ru/rtvowl>

ABOUT THE AUTHORS

Ирина Александровна Белозерцева

Candidate of Geographical Sciences, Head of the Laboratory
belozia@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7995-2298>.

Daria Nikolaevna Lopatina

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher
daryaneu@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2696-0822>

V.B. Sochava Institute of Geography
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
1 Ulan-Batorskaya Str., Irkutsk, 664033, Russia

УДК 630.165.62

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139

А.М. Пастухова

Сибирский государственный университет
науки и технологий им. академика
М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

✉ albinp@yandex.ru

Поступила в редакцию: 17.06.2024

Одобрена после рецензирования: 11.11.2024

Принята к публикации: 25.11.2024

© Пастухова А.М.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139

Albina M. Pastukhova

Reshetnev University, Krasnoyarsk, Russia

✉ albinp@yandex.ru

Received by the editorial office: 17.06.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Pastukhova A.M.

Оценка полиморфности по росту полусибсового потомства сосны кедровой сибирской 19-летнего биологического возраста

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Селекционные исследования по испытанию семенного потомства ценных лесообразующих пород РФ имеют важное практическое значение и приобретают еще большую актуальность при переходе к интенсивному лесовыращиванию и внедрению генетических методов в лесное хозяйство.

Цель данной работы — оценка уровня изменчивости по росту полусибсового потомства сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в 19-летнем биологическом возрасте.

Методы. Изучен рост полусибсового потомства кедров сибирского 19-летнего биологического возраста. Исследования проводили в опытных культурах учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Данная территория согласно лесорастительному районированию относится к Среднесибирскому подтаежно-лесостепному району. У полусибсового потомства, полученного от свободного опыления материнских растений разного географического происхождения, изучали высоту, диаметр стволика на 5 см от поверхности земли. Для оценки общей комбинационной способности использовали индексную оценку потомства.

Результаты. Результаты исследования показали проявления полиморфности по скорости роста полусибсового потомства кедров сибирского 19-летнего биологического возраста. Выявлены значительные различия по высоте, диаметру стволика у корневой шейки в зависимости от исходного происхождения материнских деревьев и состава опылителей. Отмечено, что независимо от комбинации генов сохраняют высокую скорость роста полусибсы материнских деревьев тисульского, черемховского, танзыйского, алтайского и местного (бирюсинского) генотипов. Слабой общей комбинационной способностью отличались материнские деревья ленинградской популяции (Республика Казахстан). Проведенная индексная оценка потомства по двум годам наблюдения позволила подтвердить отмеченные закономерности в проявлении признаков материнских растений по скорости роста и отселектировать некоторые из них, отличающиеся высокой комбинационной способностью. В целом отмечены высокая полиморфность и дифференциация семей по скорости роста.

Ключевые слова: полусиб, кедр сибирский, скорость роста, индексная оценка, изменчивость, испытательные культуры

Для цитирования: Пастухова А.М. Оценка полиморфности по росту полусибсового потомства сосны кедровой сибирской 19-летнего биологического возраста. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 133–139.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139>

Assessment of polymorphism by growth of half-sibs *Pinus sibirica* Du Tour offspring of 19-year-old biological age

ABSTRACT

Relevance. Breeding studies on testing the seed offspring of valuable forest-forming breeds of the Russian Federation are of great practical importance and become even more relevant during the transition to intensive forest cultivation and the introduction of genetic methods in forestry.

The purpose of this work was to assess the level of variability in the growth of the half-sibs offspring *Pinus sibirica* Du Tour at the age of 19 years.

Methods. The growth of half-sibs offspring of Siberian cedar of 19-year-old biological age has been studied. Studies were carried out in experimental cultures of the educational and experimental forestry enterprise of Siberian State University named after M.F. Reshetnev. This territory, according to forest-growing zoning, belongs to the Central Siberian sub-taiga-forest-steppe region. In half-sibs offspring obtained from free pollination of maternal plants of different geographical origin, the height and diameter of the trunk were studied 5 cm from the surface of the earth. An index score of offspring was used to assess overall combinational ability.

Results. The results of the study showed manifestations of polymorphism in the growth rate of semi-Siberian cedar offspring of Siberian 19-year-old biological age. It is obtained from the free pollination of mother plants of different geographical origin and forms growing in plantation crops. Significant differences in height and stem diameter at the root neck were noted, depending on the initial origin of the parent trees and the composition of pollinators. It is noted that, regardless of the combination of genes, the semi-hybrids of the mother trees of the Tisulsky, Cheremkhovsky, Tansybeysky, Altai, and local (Biryusinsky) genotypes maintain a high growth rate. The maternal trees of the Leninogorsk population (Republic of Kazakhstan) were distinguished by a weak general combinational ability. The conducted index assessment of the offspring over two years of observation allowed us to confirm the noted patterns in the manifestation of signs of maternal plants in terms of growth rate and to isolate some of them, characterized by high combinational ability. In general, there is a high polymorphism and differentiation of families in terms of growth rate.

Key words: half-sib, *Pinus sibirica*, growth rate, index estimation, variability, test cultures

For citation: Pastukhova A.M. Assessment of polymorphism by growth of half-sibs *Pinus sibirica* Du Tour offspring of 19-year-old biological age. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 133–139 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139>

Введение/Introduction

Селекционные исследования основных лесобразующих пород во многом направлены на оценку полиморфности вида и поиск ценных биотипов, генотипов. Практический эффект от такого рода работ можно рассматривать в получении посадочного материала с нужными генетическими свойствами. Для этого необходимо проведение сети испытаний в поиске перспективных биотипов, генотипов, выявлении закономерностей проявления хозяйственно ценных признаков во втором и третьем поколениях [1–3]. Так, по данным Е.В. Титова, использование отселектированных клонов при создании промышленных орехопродуктивных плантаций позволяет получать с 1 га (при наличии 200 прививок и достаточном опылении) к 11–14-летнему возрасту 40–60 кг кедровых орехов, к 15–17 годам — 100–150 кг, к 20–25 годам — 200–320 кг.

При максимальном урожае биологическая продуктивность орехов повышается не менее чем вдвое. Орехопродуктивность 25-летних плантаций, заложенных отселектированным материалом, при размещении и смешении клонов, обеспечивающих максимальную урожайность, в 2–3 раза превышает среднюю орехопродуктивность лучших 200-летних таежных кедровников и приближается к показателям рощ вблизи сел [4]. Однако до сих пор остаются дискуссионными вопросы методики организации испытаний в нескольких поколениях, сроках его проведения, эффективности и целесообразности. Накопленные на текущий момент данные показывают необходимость дифференцировать подход в селекционной работе в зависимости от способа размножения, отбираемых биотипов и их видовой принадлежности.

По данным Б.В. Раевского, М.Л. Щурова [2], продолжительность периода предварительной оценки клонов сосны обыкновенной составляет 20 лет, тогда как для семенного потомства потребуется еще на 8–10 лет больше. По мнению М.В. Рогозина [5], для снижения затрат на закладку испытательных культур необходимо использовать значение общей комбинационной способности (ОКС) не менее двух урожаев, по семенам одного урожая прогнозировать рост семенного потомства других урожаев не представляется возможным.

Оценка эффективности отбора потомства плюсовых деревьев рассматривается через определение сдвига при отборе (респонс), селекционного дифференциала, интенсивности отбора, определении ОКС, определении «материнского эффекта» [6]. Как показывают испытания семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной, превышение по высоте составляет не более 10–20% над контролем. Это соответствует особенностям роста родительских деревьев и может быть объяснено адаптивным действием генов [7].

Установлена наследственно обусловленная неоднородность семенных генераций плюсовых деревьев по высоте и диаметру в испытательных культурах, имеющих второй класс возраста [6]. Многопараметрическое несходство плюсовых деревьев позволяет дать интегральную оценку их генотипической неидентичности, которая обеспечивает выделение в составе ассортимента лесосеменных плантаций и архивов клонов наиболее предпочтительных кандидатов для объектов постоянной лесосеменной базы [8].

При этом многие авторы отмечают изменения рангового положения по росту отобранного потомства при семенном размножении [9–13], проявлению географической изменчивости во втором поколении [14].

По данным испытаний Р.Г. Шеверножука и др. [15], в культурах разных селекционных категорий установлено значительное разнонаправленное изменение отнесенных темпов роста потомств в высоту в отрезке онтогенеза 16–25 лет. Это приводит к выравниванию в данном возрасте высот медленно- и быстрорастущих семей, что объясняется постепенным уменьшением влияния длительных «плюс» и «минус» модификаций, вызванных их различиями в стартовых условиях роста и местопрорастания материнских деревьев. В связи с этим у сосны обыкновенной до 20–25 лет в большинстве случаев нецелесообразно проведение генотипической оценки роста и вычисление различных генетико-статистических показателей, которые не устраняются повторностями опыта.

Актуальным до сих пор является и вопрос минимального возраста отбора, когда можно достоверно оценить хозяйственную ценность генотипа, биотипа, формы. Так, отобранные материнские деревья сосны кедровой сибирской (кедра сибирского), отличившиеся ранним семеношением, в 7-летнем возрасте дали потомство, превышающее по высоте среднее значение от 5,4 до 33,4 см [16].

Ю.Н. Ильичев [17] указывает, что в трехлетнем возрасте целесообразно проводить предварительную оценку потомства плюсовых деревьев кедра сибирского, так как 10–15% семей отстают в росте. О перспективности первичного отбора по скорости роста в молодом возрасте указывали А.М. Данченко, С.А. Кабанов [18]. Н.П. Братилова и др. указывают, что при селекции быстрорастущих и высокоурожайных экземпляров кедра сибирского необходимо проводить многократный отбор: первый — среди деревьев в высокопродуктивных естественных насаждениях, второй — среди потомства на лесных плантациях по показателям роста и репродуктивного развития, третий — среди семенного потомства [19].

Р.Н. Матвеева и др. [20] считают, что среди сеянцев 3–4-летнего возраста можно провести отбор быстрорастущих экземпляров по таким признакам, как высота и диаметр стволика. К быстрорастущим относятся те деревья, у которых показатель превышает средние значения на 2 σ и более. Быстрорастущие особи в этом возрасте закладывают 3 и более крупных верхушечных почек. Автор отмечает, что отбор у экземпляров кедра сибирского раннего семеношения целесообразно проводить по следующим коррелятивным признакам: фенологической форме, образованию двойных приростов побегов с мутовками на каждом приросте, густому охвоению. Коэффициенты корреляции между ранним репродуктивным развитием и данными показателями: $0,63 \pm 0,15$ — $0,88 \pm 0,06$.

Р.Н. Матвеевой и др. [20] в качестве элементов ранней диагностики хозяйственно ценных признаков предлагается использовать и ряд других показателей. Так, красная окраска гипокотилей кедра сибирского при появлении всходов коррелирует с лучшим ростом, повышенной приживаемостью саженцев, а в последующем — с большим содержанием кальция в кедровых семенах.

Отбор на декоративность (шаровидная форма) можно провести среди однолетних сеянцев, образовавших три и более мелких верхушечных почек. В 3–4-летнем возрасте диагностическими признаками, указывающими на быстроту роста, являются наибольшие показатели по диаметру стволика при редких посевах, по высоте — при загущенных посевах, образование не менее

двух крупных верхушечных почек. Высокой степенью генетической обусловленности характеризуется дата окончания роста в высоту или наличие вторичного прироста, отбор по этому признаку.

При изучении динамики роста кедров сибирского разных отселектированных групп установлено, что растения 10-летнего возраста многосемядольной формы в большей степени превосходили малосемядольные в сравнении с 25-летними. Экземпляры, имеющие первичную длинную хвою, раньше вступали в репродуктивную фазу, отличались регулярным формированием урожая. Одним из признаков ранней диагностики может служить отклонение в фенологическом развитии генеративных почек. По данным Р.Н. Матвеевой, О.Ф. Буторовой [20], растения поздней формы отличаются ранним семеношением, а для ранних форм характерна быстрота роста.

Однако остается дискуссионным и вопрос об уровне полиморфности в насаждениях, создаваемых отобранными семьями, клонами, как залого устойчивости таких фитоценозов в будущем.

Цель работы — оценка изменчивости по росту полусибирского потомства сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour, кедров сибирский) в 19-летнем биологическом возрасте.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили на территории Красноярского края. Объект исследований — полусибирское потомство кедров сибирского репродукции 2004 г., высаженное в опытные культуры учебно-опытного лесхоза Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева (СибГУ им. М.Ф. Решетнева) в 2010 г.

Данная территория согласно лесорастительному районированию относится к Среднесибирскому подтаежно-лесостепному району. В данных условиях среднегодовая температура близка к 0 °С. Наиболее жарким летним месяцем является июль, самыми холодными — январь и февраль к нему по среднемесячной температуре декабрь. Среднегодовое количество осадков несколько возросло в последние годы. Максимальное количество осадков приходится на июнь — август, что составляет 42% годового количества.

Количество осадков и их распределение по месяцам — вполне достаточно для роста и развития растительности. Появление снежного покрова приходится на начало октября, в отдельные годы снег выпадает в сентябре. К концу октября образуется устойчивый снежный покров, который держится до начала апреля; полный сход снега наблюдается в конце апреля — начале мая. Наиболее глубокий снег держится в феврале и марте. Таяние снежного покрова сравнительно быстрое (в течение одного месяца) и зависит в значительной степени от рельефа местности.

Продолжительность вегетационного периода составляет 153 дня (с 2 мая по 3 октября), а безморозного периода — в среднем 117 дней с колебаниями в разные годы от 102 до 146 дней. Последние заморозки весной приходятся на 26 мая с колебаниями в отдельные годы от 12 мая до 6 июня, а первые — в среднем на 21 сентября, самые ранние — на 10 сентября, самые поздние — на 6 октября.

Преобладающие ветры во все времена года юго-западного направления, они же имеют и наибольшую скорость. В целом климат местности резко

континентальный. Весна скоротечна, с резкими колебаниями температур. Лето умеренно теплое с достаточным увлажнением, теплыми днями и холодными ночами. Безморозный период короткий. Климат благоприятен для произрастания таких древесных и кустарниковых пород, как сосны, лиственницы, ели, пихты, кедров, березы, осины, спиреи, рябины, жимолости, что подтверждает наличие значительных площадей насаждений 1–2 классов бонитета основных лесообразующих пород.

В данных условиях были созданы опытные культуры полусибирского потомства, полученного от свободного опыления материнских растений разного географического происхождения и форм, произрастающих на разных плантациях в тех же условиях.

Плантационные культуры, в которых заготавливались семена для выращивания полусибирского потомства, представлены тремя участками: «Известковая-1», «Известковая-2», «Метеостанция». На плантациях «Известковая-1» и «Метеостанция» материнские растения отличаются разным географическим происхождением: алтайское (урочища Атушкен, Курли, Туштуезень), бирюсинское, танзыбейское, шумихинское, ярцевское (Красноярский край), ленинское (Республика Казахстан), черемховское (Иркутская обл.), читинское (Забайкальский край), тисульское (Кемеровская обл.) (табл. 1).

В плантационных культурах «Известковая-2» материнские растения принадлежат к разным морфологическим формам, выделенным в 1,3-летнем возрасте по числу верхушечных почек от одной до четырех, длине семядолей (длинная — ДПХ, короткая — КПХ), числу семядолей (от 10 до 14 шт.), форме семядолей (прямая — ПС, серповидная — СС), категории крупности (средние по высоте и диаметру, превышающие средние показатели и ниже средних), фенологической формой (ранние (НП) и поздние (ПП) — плантация «Известковая-2»). Биологический возраст материнских растений, отличавшихся разным географическим происхождением, составил 40 лет, форм — 25 лет.

Полусибирские выращивались в посевном отделении дендрария СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Посев семян

Таблица 1. Характеристика места сбора семян, использованных для создания плантационных культур

Table 1. Characteristics of the seed collection site used to create plantation crops

Происхождение семян	Место сбора семян			
	республика (край, область)	широта	долгота	высота над уровнем моря, м
Плантация «Известковая-1»				
Алтайское, урочище Курли (Ку)	Алтай	51°50 ¹	86°54 ¹	700
Бирюсинское (Би)	Красноярский	56°00	92°30 ¹	300
Танзыбейское (Та)	Красноярский	53°30 ¹	92°25 ¹	500
Шумихинское (Шу)	Красноярский	56°00	92°40	500
Черемховское (Че)	Иркутская	53°00	102°36 ¹	960
Читинское (Чи)	Забайкальский край			
Плантация «Метеостанция»				
Алтайское, урочище Атушкен (секция 5)	Алтай	51°45 ¹	86°40 ¹	700
Лениногорское (секция 4)	Казахстан	50°12	85°33 ¹	1700
Тисульское (секция 9)	Кемеровская	55°50	88°24	800
Ярцевское (секция 6)	Красноярский	61°00 ¹	90°00	100
Бирюсинское (секция 8)	Красноярский	56°00	92°40	500

осуществлялся осенью в широкие строки с расстоянием между центрами 25 см. После посева проведено мульчирование с целью сохранения влаги в почве и для избежания образования корки на ее поверхности. В дальнейшем в течение лета проводилась прополка сорняков.

На постоянное место полусибсы высаживали весной 2010 г. в борозды по отрезкам — по 3 растения в отрезке с шагом посадки 1 м, расстояние между центрами — 3 м. Каждая семья размещалась на территории опытного поля в нескольких проворностях (2–4 шт.) рендомизированно, за исключением семей с единичным количеством семян.

Категория земель, отведенных под опытные культуры, — сенокос. Площадь — 1,0 га.

Подготовка почвы осуществлялась бороздами с расстоянием между ними 3,0 м. После в течение лета проводилась прополка сорняков.

В работе применяли общепринятые в лесном хозяйстве методики¹: высоту дерева измеряли от поверхности земли до основания верхушечной почки с помощью рулетки; диаметр стволика на высоте 5 см от поверхности земли — штангенциркулем [19].

Статистическая обработка материалов исследований проведена согласно общепринятым методикам вариационной статистики Г.Ф. Лакин (1990 г.)² с помощью программного пакета анализа данных Microsoft Excel (США).

Для оценки достоверности различий между показателями животных опытных групп использовали t-критерий Стьюдента.

Исследования проведены в 2014 г. и 2023 г.

Экспериментальные данные были статистически обработаны с применением программы IBM SPSS Statistics (США). Для подтверждения различий по высоте и диаметру стволика между полусибсовым потомством был использован однофакторный дисперсионный анализ. Индексная оценка реакции признаков семей от свободного опыления проводилась по методике В.М. Роне³, использованная С.В. Ребко при анализе гибридного потомства сосны обыкновенной [10].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Рост полусибсового потомства кедра сибирского отличается высоким уровнем вариативности в зависимости от комбинации генотипов материнских растений, представленных на участках плантационных культур. Важно отметить, что на 13-й год после их высадки на постоянное место продолжается фаза интенсивного роста в высоту изучаемых полусибсов. При этом наблюдается процесс дифференциации растений по интенсивности роста в высоту и по диаметру стволика, на что указывают высокие уровни коэффициентов изменчивости. Так, высота растений варьировала от 0,5 до 5,21 м, диаметр стволика — от 1,16 до 9,12 см, средний прирост — от 2,7 до 27,4 см.

Замедленным ростом полусибсового потомства отличаются растения из коллекции климатипов, собранных на участке «Метеостанция», что, возможно, связано с влиянием северного генотипа (ярцевского), который произрастает только здесь и по розе ветров не может переопылить коллекцию участка «Известковый» (табл. 2).

Таблица 2. Показатели 19-летнего полусибсового потомства
Table 2. Indicators of 19-year-old half-sib offspring

Показатель	М	±m	±σ	V, %	min	max
Плантация «Известковая-1»						
Высота, м	2,57	0,072	0,920	35,8	0,65	5,21
Диаметр стволика, см	4,55	0,141	1,808	39,8	1,16	9,12
Средний прирост по высоте, см	13,50	0,38	4,84	35,8	3,40	27,40
Плантация «Известковая-2»						
Высота, м	2,17	0,123	0,810	37,3	0,50	4,27
Диаметр стволика, см	4,18	0,237	1,556	37,2	1,17	8,04
Средний прирост по высоте, см	11,4	0,65	4,26	37,3	2,70	22,50
Плантация «Метеостанция»						
Высота, см	2,15	0,069	0,725	33,8	0,80	3,76
Диаметр стволика, см	3,94	0,148	1,546	39,2	1,36	8,02
Средний прирост по высоте, см	11,30	0,36	3,82	33,8	4,20	19,80

Различие между участками «Известковая-1» и «Известковая-2» заключается прежде всего в том, что на втором произрастают материнские деревья одного бирюсинского происхождения, но более молодого возраста. Средние показатели высоты, диаметра стволика и среднего прироста участка «Известковый-2» уступают первому, что можно отчасти объяснить меньшим генотипическим разнообразием материнских деревьев, которые дали урожай. Достоверность различий по высоте и диаметру стволика у корневой шейки между семенным потомством, чьи материнские деревья произрастают на разных участках плантационных культур, подтверждается результатами дисперсионного анализа.

Как видно из представленных результатов, полученная значимость больше принятой, равной 0,05 (табл. 3).

Сумма квадратов внутри групп показывает, что значительное влияние на высоту и диаметр у корневой шейки имеет не только место происхождения материнских растений, но и внешние факторы.

Сравнение по росту семенного потомства от свободного опыления материнских растений показало, что и во втором поколении сохраняется высокая скорость роста семей алтайского, черемховского, тисульского и местного (бирюсинского) происхождения.

Слабое проявление признака материнских растений наблюдается у полусибсов ленинградского происхождения. Ранее проведенные исследования за ростом материнских деревьев показали, что лучшими по высоте, диаметру ствола на высоте 1,3 м были растения алтайского, танзайского, бирюсинского (местного)

Таблица 3. Дисперсионный анализ по высоте и диаметру стволика полусибсового потомства кедра сибирского
Table 3. Analysis of variance for the height and diameter of the stem of half-sibs progeny of Pinus sibirica

Показатель	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F	Значимость
Высота, см					
Между группами	12,900	2	6,450	8,994	0,000
Внутри групп	225,181	314	0,717		
Всего	238,081	316			
Диаметр стволика, см					
Между группами	22,779	2	11,389	3,964	0,020
Внутри групп	902,160	314	2,873		
Всего	924,939	316			

Примечание: уровень значимости $p = 0,05$.

¹ Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур. Л.: Ленинградская ордена Ленина ЛТА им. С.М. Кирова. 1967: 49.

² Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спецвузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 1990: 352.

³ Роне В.М. и др. Индекс селекционной оценки потомств. Методические рекомендации и указания для лесного хозяйства: сборник научных трудов / Государственный комитет лесного хозяйства Совмина СССР, Литовский НИИ лесного хозяйства, Латвийский НИИ лесохозяйственных проблем, Эстонский НИИ лесного хозяйства и охраны природы, БелНИИЛХ; под ред. Л.А. Кайрюкшиса (пред.) и др. Вильнюс: Мокслас. 1979; IV: 14–16.

Таблица 4. Показатели полусибсового потомства кедров сибирского в зависимости от географического происхождения материнских деревьев

Table 4. Indicators of half-sib offspring of *Pinus sibirica* depending on the geographical origin of the mother trees

Происхождение семьи	M	± m	± σ	V, %	t_{05} при $t_{05} = 2,04$
Высота, м					
<i>Плантация «Известковая»</i>					
Алтайское, ур. Курли	2,79	0,141	1,022	36,7	0,80
Танзыйское	2,54	0,141	0,881	34,7	0,25
Шумихинское (ед. семьи)	2,62	0,195	0,781	29,8	0,01
Черемховское	2,65	0,164	0,838	31,6	0,20
Читинское (ед. семьи)	1,64	0,150	0,635	38,8	3,95
Бирюсинское (ед. семьи)	2,60	0,191	0,741	28,5	–
<i>Плантация «Метеостанция»</i>					
Алтайское, ур. Атушкен	2,22	0,188	0,820	37,0	1,14
Ленинское (ед. семьи)	1,76	0,127	0,583	33,1	4,18
Тисульское (ед. семьи)	2,38	0,405	0,573	24,1	0,21
Ярцевское	2,25	0,117	0,853	38,0	1,35
Бирюсинское (ед. семьи)	2,47	0,113	0,564	22,8	–
Диаметр стволика, см					
<i>Плантация «Известковая»</i>					
Алтайское, ур. Курли	4,75	0,261	1,888	39,7	0,60
Танзыйское	4,36	0,269	1,681	38,5	0,15
Шумихинское (ед. семьи)	5,16	0,506	2,025	39,2	1,07
Черемховское	4,90	0,362	1,845	37,6	0,81
Читинское	3,03	0,245	1,040	34,3	2,79
Бирюсинское (ед. семьи)	4,44	0,442	1,713	38,5	–
<i>Плантация «Метеостанция»</i>					
Алтайское, ур. Атушкен	3,70	0,355	1,546	41,7	2,26
Ленинское (ед. семьи)	3,03	0,245	1,040	34,3	4,83
Тисульское (ед. семьи)	3,75	1,005	1,421	37,8	0,88
Ярцевское	4,16	0,242	17,622	42,4	1,49
Бирюсинское (ед. семьи)	4,66	0,232	1,163	25,0	–

происхождений. Отставали в росте деревья ярцевского и ленинского происхождения. В семенном потомстве репродукции 2005 г. выявлено влияние географического происхождения материнских популяций на длину семян, высоту сеянцев. Как и в полусибсовом потомстве 2004 г., наибольшей высотой, длиной семян отличались сеянцы алтайского, танзыйского происхождения, числом семян — черемховского и ленинского [19].

Интересно проявление признака северной популяции (ярцевской): в семенном потомстве при сочетании разных генов рост в высоту и по диаметру стволика значительно отличается от бирюсинского варианта (табл. 4).

Однако исходно материнские растения ярцевского происхождения в плантационных культурах проявляют замедленный рост.

Для оценки комбинационной способности материнских растений были выбраны отдельные семьи, отличающиеся разной скоростью роста. Для учета возрастных изменений была выбрана методика индексной оценки потомства и взяты данные по высоте полусибсов в 10- и 19-летнем биологическом возрасте.

Данные периоды соответствуют разным фазам развития опытных культур — фазе приживаемости и фазе

Таблица 5. Индексная оценка по высоте семей материнских деревьев разного географического происхождения 19-летнего возраста

Table 5. Index assessment of the height of families of mother trees of different geographical origins of 19 years of age

Номер семьи	Высота по возрастам, см		Диаметр стволика, см	Ранг J
	10 лет	19 лет		
Плантация «Известковая-1»				
Та-9	0,35	2,89	5,42	5
Та-19	0,39	3,09	4,68	4
Та-24	0,31	2,77	4,45	6
Та-76	0,26	1,47	2,19	14
Та-85	0,28	1,32	1,84	15
Би-6	0,33	2,43	3,81	9
Би-59	0,43	2,63	4,31	7
Ку-39	0,37	3,25	5,95	2
Ку-83	0,34	1,93	3,08	13
Ку-101	0,36	2,40	4,07	11
Ку-155	0,31	3,13	4,95	3
Че-54	0,39	2,24	3,92	12
Че-57	0,29	2,41	4,49	10
Че-58	0,59	3,38	6,35	1
Шу-11	0,39	2,63	5,16	8
Плантация «Метеостанция»				
4-24	0,27	1,76	3,19	10
4-73	0,26	1,82	3,71	9
4-127	0,22	1,56	2,92	12
5-9	0,12	1,60	3,28	11
5-35	0,33	3,05	4,17	3
5-53	0,56	3,17	5,36	2
5-143	0,54	3,76	8,02	1
6-13	0,30	2,73	5,31	4
6-23	0,26	2,13	3,99	7
6-36	0,26	2,79	4,50	5
8-10	0,41	2,60	4,77	6
9-80	0,39	1,97	2,75	8

интенсивного роста. Индексная оценка полусибсового потомства показала, что высокой ОКС отличаются семьи материнского дерева Че-58 (черемховское происхождение), алтайского Ку-39, Ку-155, 5-35, 5-53, 5-143, ярцевского 6-13, 6-36 (табл. 5).

Учитывая, что этап индивидуального роста в опытных культурах еще продолжается, полученные результаты следует рассматривать как промежуточные.

Выводы/Conclusions

Таким образом, проведенные исследования показали проявление высокой полиморфности по скорости роста полусибсового потомства.

Полусибсы материнских деревьев алтайского, черемховского, тисульского, бирюсинского климатипов отличаются высокой скоростью роста.

Отмечено, что при свободном опылении деревьев северной популяции (ярцевской) в полусибсовом потомстве проявилась высокая скорость роста, в отличие от их материнских растений (низкорослых).

Применение индексной оценки потомства позволило установить достоверно высокую общую комбинационную способность у ряда семей выделенных климатипов.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
The author is responsible for the work and the submitted data.
Автор несет ответственность за плагиат.
The author is responsible for plagiarism.
Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.
The author declared no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FEFE-2024-0013 по заказу Министерства науки и высшего образования РФ коллективом научной лаборатории «Селекция древесных растений» по теме «Селекционно-генетические основы формирования целевых насаждений и рационального использования древесных ресурсов Красноярского края (Енисейской Сибири)».

FUNDING

The research was carried out within the framework of state task No. FEFE-2024-0013 commissioned by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation by the staff of the scientific laboratory "Selection of woody plants" on the topic "Breeding and genetic foundations for the formation of target plantations and rational use of wood resources of the Krasnoyarsk Territory (Yenisei Siberia)".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Видякин А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений. *Хвойные бореальной зоны*. 2010; 27(1–2): 18–24. <https://www.elibrary.ru/nejqar>
- Раевский Б.В., Куклина К.К., Щурова М.Л. Селекционно-генетическая оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии. *Труды Карельского научного центра РАН*. 2020; (3): 45–59. <https://doi.org/10.17076/eb1163>
- Царев А.П., Лаур Н.В. Испытательные культуры *Pinus sylvestris* в Республике Карелия. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2020; 85: 266–272. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-85-266-272>
- Титов Е.В. Платационное лесовыращивание кедровых сосен. Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия. 2004; 165. <https://www.elibrary.ru/rewhbn>
- Рогозин М.В. Общая комбинационная способность *Pinus sylvestris* L. на семенных участках. *Сибирский лесной журнал*. 2014; (2): 53–61. <https://www.elibrary.ru/smhfsv>
- Бессчетнова Н.Н. Оценка эффективности отбора плюсовых деревьев сосны обыкновенной в испытательных культурах в Нижегородской области. *Лесной вестник*. 2009; (2): 31–36. <https://www.elibrary.ru/knpnmxl>
- Егоров М.Н. Испытание потомств как одна из ключевых проблем в генетике и селекции древесных пород (на примере *Pinus sylvestris* L.). *Лесной вестник*. 2002; (5): 37–45. <https://www.elibrary.ru/hvyosz>
- Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Горелов А.Н. Индекс неидентичности в сравнительной оценке плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов в Нижегородской области. *Сельские территории — основа развития страны: современное состояние, проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научно-педагогических работников и молодых ученых*. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 20–26. <https://www.elibrary.ru/bfneul>
- Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Оптимальный возраст оценки генетических свойств плюсовых деревьев в испытательных культурах ели европейской. *Лесоведение*. 2020; (5): 442–450. <https://doi.org/10.31857/S0024114820040038>
- Ребко С.В. Оценка гибридного потомства сосны обыкновенной с использованием селекционных индексов. *Проблемы лесоведения и лесоводства. Сборник научных трудов*. Гомель: Институт леса Национальной академии наук Беларуси. 2009; 69: 268–275. <https://www.elibrary.ru/gajuwj>
- Крекова Я.А., Чеботко Н.К. Рост полусибисовых потомств сосны обыкновенной в испытательных культурах северного Казахстана. *3i: intellect, idea, innovation — интеллект, идея, инновация*. 2023; (4): 78–85. https://doi.org/10.52269/22266070_2023_4_78
- Илинов А.А., Раевский Б.В. Генетическое разнообразие деревьев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Различных селекционных категорий в плюсовых насаждениях Карелии. *Экологическая генетика*. 2021; 19(1): 23–35. <https://doi.org/10.17816/ecogen50176>
- Игнатенко Р.В., Ершова М.А., Галибина Н.А., Раевский Б.В. Цитогенетическая характеристика семенного потомства клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2022; (1): 9–22. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-1-9-22>
- Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Щерба Ю.Е., Комарницкий В.В., Иванов В.С., Гришлов Д.А. Влияние географического происхождения на рост сосны кедровой сибирской во втором поколении. *Хвойные бореальной зоны*. 2019; 37(6): 426–431. <https://www.elibrary.ru/lspfan>
- Шевверножук Р.Г., Королева Н.Б., Бытченко Н.В. Рост полусибисовых потомств сосны обыкновенной в испытательных культурах. *Генетическая оценка исходного материала в лесной селекции. Сборник научных трудов*. Воронеж: Научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции. 2000; 50–58. <https://www.elibrary.ru/tsksoz>
- Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Братилова Н.П., Соколова Е.Ю., Щерба Ю.Е. Рациональное использование генофонда сосны кедровой сибирской путем создания плантаций потомства разных популяций. *Современное садоводство*. 2015; (1): 79–86. <https://www.elibrary.ru/tpybrx>
- Ильичев Ю.Н. Перспектива качественного отбора деревьев кедра сибирского в горных условиях. *Хвойные бореальной зоны*. 2010; 27(1–2): 83–86. <https://www.elibrary.ru/nejqfh>
- Данченко А.М., Кабанов С.А. Оценка роста полусибисового потомства сосны кедровой сибирской в открытом грунте и теплице. *Хвойные бореальной зоны*. 2007; 24(2–3): 174–178. <https://www.elibrary.ru/juikcz>
- Братилова Н.П., Матвеева Р.Н., Орешенко С.А., Пастухова А.М. Изменчивость и отбор 42–45-летних деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения (зеленая зона г. Красноярск). Красноярск: Сибирский государственный технологический университет. 2013; 133. ISBN 978-8173-0571-5
- Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедра сибирского. Красноярск: Сибирский государственный технологический университет. 2000; 242. ISBN 5-8173-0009-5

REFERENCES

- Vidyakin A.I. Efficiency of plus selection of trees. *Conifers of the boreal area*. 2010; 27(1–2): 18–24 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nejqar>
- Raevsky B.V., Kuklina K.K., Shchurova M.L. Genetic and breeding assessment of Scots pine plus trees in Karelia. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2020; (3): 45–59 (in Russian). <https://doi.org/10.17076/eb1163>
- Tsarev A.P., Laur N.V. Test plantations of *Pinus sylvestris* in Karelia Republic. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2020; 85: 266–272 (in Russian). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-85-266-272>
- Titov E.V. Plantation reforestation of cedar pines Voronezh: *Voronezh State Academy of Forestry and Technologies*. 2004; 165 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rewhbn>
- Rogozin M.V. General combination ability of common pine (*Pinus sylvestris* L.) on seminal gardens. *Siberian journal of forest science*. 2014; (2): 53–61 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/smhfsv>
- Besschetnova N.N. Assessment of the effectiveness of selection of *Pinus sylvestris* L. in test crops in the Nizhny Novgorod region. *Forestry bulletin*. 2009; (2): 31–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/knpnmxl>
- Egorov M.N. Testing of offspring as one of the key problems in genetics and selection of tree species (on the example of *Pinus sylvestris* L.). *Forestry bulletin*. 2002; (5): 37–45 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hvyosz>
- Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Gorelov A.N. Non-identity index in the comparative assessment of plus *Pinus sylvestris* L. trees in clone archives in the Nizhny Novgorod region. *Rural areas are the basis for the country's development: current state, problems and prospects. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers and young scientists*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2022; 20–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bfneul>
- Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Optimal age of the elite trees' genetic properties assessment in test cultures of a Norway spruce. *Russian Journal of Forest Science*. 2020; (5): 442–450 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0024114820040038>
- Rebko S.V. Evaluation of hybrid offspring of Scots pine using breeding indices. *Problems of forestry and forestry. Collection of scientific papers*. Gomel: Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus. 2009; 69: 268–275 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gajuwj>
- Krekova Ya.A., Chebotko N.K. The growth of semi-siberian offspring of scots pine in test crops of northern Kazakhstan. *3i: intellect, idea, innovation*. 2023; (4): 78–85 (in Russian). https://doi.org/10.52269/22266070_2023_4_78
- Ilyinov A.A., Raevsky B.V. Genetic diversity of Scots pine trees of different selection categories in plus stands of Karelia. *Ecological genetics*. 2021; 19(1): 23–35 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/ecogen50176>
- Ignatenko R.V., Ershova M.A., Galibina N.A., Raevsky B.V. Cytogenetic characteristics of seed progeny of Scots pine plus tree clones in Karelia. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry journal*. 2022; (1): 9–22 (in Russian). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-1-9-22>
- Matveeva R.N., Butorova O.F., Shcherba Iu.E., Komarnitsky V.V., Ivanov V.S., Grishlov D.A. Influence of geographic origin on the growth of *Pinus sibirica* du tour in the second generation. *Conifers of the boreal area*. 2019; 37(6): 426–431 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/lspfan>
- Shevernzhuk R.G., Koroleva N.B., Bytchenko N.V. Growth of half-sib offspring of *Pinus sylvestris* L. in test crops. *Genetic assessment of source material in forest selection. Collected scientific works*. Voronezh: Scientific Research Institute of Forest Genetics and Breeding. 2000; 50–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tsksoz>
- Matveeva R.N., Butorova O.F., Bratiloa N.P., Sokolova E.Yu., Shcherba Yu.E. The rational use of the Siberian cedar pine gene pool for creating plantations by offspring of different populations. *Contemporary horticulture*. 2015; (1): 79–86 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tpybrx>
- Ilyichev Yu.N. The prospects of selection of *Pinus sibirica* plus trees. *Conifers of the boreal area*. 2010; 27(1–2): 83–86 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nejqfh>
- Danchenko A.M., Kabanov S.A. Assessment of the growth of half-sib offspring of *Pinus sibirica* in open ground and greenhouse. *Conifers of the boreal area*. 2007; 24(2–3): 174–178 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/juikcz>
- Bratiloa N.P., Matveeva R.N., Oreshenko S.A., Pastukhova A.M. Variability and selection of 42–45-year-old *Pinus sibirica* trees of different geographical origin (green zone of Krasnoyarsk). Krasnoyarsk: *Siberian State Technological University*. 2013; 133 (in Russian). ISBN 978-8173-0571-5
- Matveeva R.N., Butorova O.F. Genetics, breeding, seed production of *Pinus sibirica*. Krasnoyarsk: *Siberian State Technological University*. 2000; 242 (in Russian). ISBN 5-8173-0009-5

ОБ АВТОРАХ**Альбина Михайловна Пастухова**

кандидат сельскохозяйственных наук

albinp@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0024-9925>

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
пр-т. Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660037, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Albina Mikhailovna Pastukhova**

Candidate of Agricultural Sciences

albinp@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0024-9925>

Reshetnev Siberian State University of Science
and Technology
31 Krasnoyarskiy rabochiy prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russia



Подпишитесь на Telegram канал ИД «Аграрная наука»



Ежедневно вы будете получать
свежие новости АПК
и сельского хозяйства,
анонсы отраслевых событий,
знакомиться с результатами
научных исследований,
репортажами и интервью.



Оформите подписку на информационные e-mail рассылки



Дважды в неделю на ваш e-mail ящик
будут приходить уведомления
о топовых событиях АПК,
аналитика, прогнозы,
приглашения на выставки
и конференции.

**Через наши рассылки вы можете познакомиться
со своими товарами и услугами
потенциальных клиентов.**

Связаться с редакцией:

**Тел. +7 (495) 777 67 67
(доб. 1453)**

agrovetpress@inbox.ru



Е.В. Калмыкова ✉
П.А. Кузьмин
Е.С. Лушникова
П.А. Крылов

Федеральный научный центр
агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской
академии наук, Волгоград, Россия

✉ kalmukova-ev@vfanc.ru

Поступила в редакцию: 19.07.2024
Одобрена после рецензирования: 11.11.2024
Принята к публикации: 25.11.2024

© Калмыкова Е.В., Кузьмин П.А., Лушникова Е.С.,
Крылов П.А.



Elena V. Kalmykova ✉
Petr A. Kuzmin
Elizaveta S. Lushnikova
Pavel A. Krylov

Federal Scientific Center for Agroecology,
Integrated Land Reclamation and Protective
Aforestation of the Russian Academy
of Sciences, Volgograd, Russia

✉ kalmukova-ev@vfanc.ru

Received by the editorial office: 19.07.2024
Accepted in revised: 11.11.2024
Accepted for publication: 25.11.2024

© Kalmykova E.V., Kuzmin P.A., Lushnikova E.S.,
Krylov P.A.

Генотипирование родового комплекса *Caragana*, произрастающего на территориях с аридным климатом, с применением ISSR-маркеров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для повышения продуктивности и устойчивости искусственных защитных насаждений наряду с лесохозяйственными мероприятиями большое внимание уделяется вопросам генетической паспортизации. Генотипирование родового комплекса *Caragana* в настоящее время возможно провести только с помощью неспецифических маркеров, так как геном исследуемых объектов, произрастающих на территории с аридным климатом, не секвенирован.

Цель исследования — генотипирование родового комплекса *Caragana* с использованием ISSR на территории с характерным аридным климатом.

Методы. Для выполнения намеченной программы проводили полевые и лабораторные опыты согласно существующим и вновь разработанным методикам.

Результаты. Исследование показало, что локусы UBC 880 (1100 п. н.) и UBC 818 (450 п. н.) могут являться маркерами *C. arborescens f. pyramidalis* «Несравненная ВНИАЛМИ», *C. arborescens* — UBC 823 (650 п. н.), а для *C. frutex* — UBC 815 (500 п. н.). Полученные результаты подтверждают успех нового сорта, его высокую устойчивость к засухе. *C. arborescens f. Pyramidalis* «Несравненная ВНИАЛМИ» может быть рекомендована для защитного лесоразведения и агролесомелиорации засушливых районов.

Ключевые слова: аридные территории, генотипирование, агролесомелиорация, карагана древо-видная, карагана кустарниковая, ISSR-маркеры, засухоустойчивость

Для цитирования: Калмыкова Е.В., Кузьмин П.А., Лушникова Е.С., Крылов П.А. Генотипирование родового комплекса *Caragana*, произрастающего на территориях с аридным климатом, с применением ISSR-маркеров. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 140–144.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-140-144>

Genotyping of the generic complex *Caragana*, growing in areas with an arid climate, using ISSR markers

ABSTRACT

Relevance. To increase the productivity and sustainability of artificial protective plantings, along with forestry activities, much attention is paid to the issues of genetic certification. Genotyping of the genus *Caragana* complex can currently only be carried out using nonspecific markers, since the genome of the studied objects growing in areas with an arid climate has not been sequenced. The purpose of the study was to genotype the *Caragana* genus complex using ISSR in an area with a characteristic arid climate.

Methods. To implement the planned program, field and laboratory experiments were carried out according to existing and newly developed methods.

Results. The study showed that loci UBC 880 (1100 bp) and UBC 818 (450 bp) may be markers of *C. arborescens f. pyramidalis* “Incomparable VNIALMI”, *C. arborescens* — UBC 823 (650 bp) and for *C. frutex* — UBC 815 (500 bp). The results obtained confirm the success of the new variety and its high resistance to drought. *C. arborescens f. Pyramidalis* “Incomparable VNIALMI” can be recommended for protective afforestation and agroforestry in arid areas.

Key words: arid territories, genotyping, agroforestry, caragana tree, caragana shrubby, ISSR markers, drought resistance

For citation: Kalmykova E.V., Kuzmin P.A., Lushnikova E.S., Krylov P.A. Genotyping of the generic complex *Caragana*, growing in areas with an arid climate, using ISSR markers. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 140–144 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-140-144>

Введение/Introduction

Основным направлением повышения жизнеспособности и долговечности искусственных насаждений в аридном регионе являются селекционно-генетические приемы их создания [1, 2]. В настоящее время изучение биологического разнообразия и морфологических особенностей родовых комплексов древесно-кустарниковых растений сопровождается оценкой их молекулярно-генетических параметров, на основе которых могут быть созданы «уникальные» биоресурсные коллекции [3, 4].

В связи с необходимостью исключения ошибок в маркировке родословных деревьев на лесосеменных плантациях лесообразующих видов для продолжения селекционного процесса необходимо осуществить генотипирование.

Caragana Lam. относится к семейству бобовых (*Fabaceae*), объединяет более 70 видов, жизненная форма этого рода представляется листопадным кустарником различной высоты со сложными парноперистыми листьями с мелкими листочками [5, 6]. Во время цветения видны ярко-желтые цветочки. Плоды узкие, бурые, линейно-цилиндрические стручки. Когда плод созревает в июле — августе, стручок скручивается и раскрывается, выбрасывая семена в форме боба. Родом кустарник из Алтая, встречается на Южном Урале, в Восточном и Центральном Казахстане, на Кавказе [7–9].

Caragana быстро приспосабливается к климатическим условиям среды произрастания. Является ценным объектом для агролесомелиорации, обладающим всеми нужными характеристиками, такими как длинный и мощный стержневой корень с придаточными корнями, морозоустойчивость и засухоустойчивость [10, 11].

Учеными ФНЦ агроэкологии РАН ранее была выведена новая форма *Caragana arborescens* f. *pyramidalis* «Несравненная ВНИАЛМИ» с более высокой

засухоустойчивостью. Рекомендуется для посадки в зеленых лесных насаждениях различного назначения и в качестве декоративного сорта для озеленения (аллейные и групповые посадки, солитеры).

Для генотипирования родового комплекса *Caragana* в настоящий возможно провести только с помощью неспецифических маркеров, так как геном исследуемых объектов, произрастающих на территории с аридным климатом, не секвенирован [3]. Особенностью маркер-опосредованного анализа является возможность его проведения на любом этапе развития растения [12].

В связи с этим среди неспецифических маркеров наилучшим будет являться ISSR [13, 14]. ISSR-маркеры являются неспецифическими маркерами мультислокового типа, амплифицирующие фрагменты ДНК разных длин пар нуклеотидов. Данные участки находятся в геноме между микросателлитами. ISSR-маркеры лучше всего подходят для генотипирования и эффективны при отсутствии специфических маркеров [15].

Цель исследования — проведение генотипирования родового комплекса *Caragana* с использованием ISSR на территории с характерным аридным климатом.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Оценку жизненного состояния проводили в 2024 г. на 2-пробных площадках на территории Кировского селекционно-семеноводческого комплекса (ССК) (г. Волгоград, Россия) по 5-балльной шкале категорий жизненного состояния по визуальным характеристикам кроны по методике В.А. Алексеева¹. Если выбранная особь соответствует критериям здорового кустарника, то относится к 1-му классу жизненного состояния.

Для генотипирования были взяты по 30 особей *C. arborescens*, *C. frutex* и *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» с каждой площадки в возрасте 23 и 24 лет, соответственно, в начале периода активной вегетации.

В 2004 году сорт прошел сортоиспытание на коллекционном участке Волгоградского лесхоза и был включен в Госреестр по Российской Федерации (№ 9553689)². Авторами данного кустарника выступают С.Н. Крючков и Г.П. Архангельская (авторское свидетельство № 42281)³ (рис. 1).

Образцы листовой пластинки *C. arborescens*, *C. frutex* и *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» сразу же помещались в холод и были транспортированы в лабораторию для хранения при $t = 20^\circ\text{C}$.

Геномную ДНК экстрагировали из образцов листьев массой 50 мг с использованием ЦТАБ с 0,2%-ным β -меркаптоэтанолом. Концентрация и качество (A260/A280) ДНК оценивались с помощью флуориметра Qubit 4.0. (Thermo Fisher Scientific Inc., США) и спектрофотометра SpectrostarNano (BMG Labtech, Германия).

Для проведения ПЦР была использована готовая смесь реагентов для ПЦР с красителями qPCRmix-HS (Евроген) согласно инструкции производителя с ISSR-праймерами (табл. 1).

ПЦР проводили с помощью системы Applied Biosystems QuantStudio 5 (Thermo Fisher Scientific, США) со следующим режимом: предварительная денатурация при $t = 95^\circ\text{C}$ (10 мин.); 40 циклов амплификации:

Рис. 1. Сортообразцы караганы пирамидальной формы сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» на опытных участках ФНЦ агроэкологии РАН

Fig 1. Samples of pyramidal caragana variety variety "Incomparable VNIALMI" on experimental plots of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences



¹ Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989; 4: 51–57.

² Крючков С.Н., Архангельская Г.П. Акация древовидная «Несравненная ВНИАЛМИ». Авторское свидетельство от 04.10.2005 № 42281. Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. Москва, 2005.

³ Авторское свидетельство № 42281 Российской Федерации. Акация древовидная «Несравненная ВНИАЛМИ»: заявл. 09.12.2004; опубл. 04.10.2005 / Г.П.Архангельская, С.Н.Крючков; заявитель ГПУ ВНИИ агролесомелиорации.

денатурация при $t = 95^{\circ}\text{C}$ (30 с.), отжиг при $t = 50^{\circ}\text{C}$ (30 с.), элонгация при $t = 72^{\circ}\text{C}$ (60 с.), финальная элонгация при $t = 72^{\circ}\text{C}$ (10 мин.).

Электрофорез полученных ампликонов проводили в 2%-ном агарозном геле с последующим окрашиванием бромистым этидием. Для определения длины фрагментов ДНК использовался ДНК-маркер, Step50 plus («Биолабмикс», Россия).

Для визуализации результатов реакции после электрофореза использовали гель-документирующую систему iBright CL1500 (Thermo Fisher Scientific Inc., США).

Частоту полиморфизмов и количество полос, образуемых каждым праймером, рассчитывали индивидуально с учетом 3-кратной амплификации каждого выбранного ISSR-маркера. Локусы ПЦР на основе ISSR оценивались как присутствующие 1 или отсутствующие 0, каждый из которых рассматривался как независимый.

Полученные бинарные матрицы использовались для расчета характеристик связывания праймеров в программе POPGENE версии 1.31⁴.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

C. arborescens L. — многоствольный кустарник (8–15 побегов) высотой около $3,5 \pm 0,2$ м с выраженной эллиптической формой проекции кроны. Цветение хорошее, плодоношение массовое. Жизнеспособность — 1-й класс.

C. frutex L. — многоствольный кустарник с тонкими побегами высотой около $1,7 \pm 0,3$ м с выраженной округлой яйцевидной формой проекции кроны. Цветение хорошее, плодоношение массовое. Жизнеспособность — 1-й класс.

C. arborescens f. *Pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» представляет собой быстрорастущее многоствольное дерево (7–12 побегов) средней величины (до 5,0 м) с узкопирамидальной ажурной кроной (проекция кроны 4,0 × 4,0 м). Цветение слабое, плодоношение единичное. Жизнеспособность — 1-й класс. Сорт характеризуется комплексной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

Для генотипирования родового комплекса *Caragana* были использованы 12 ISSR-праймеров. На первом этапе было оценено их жизненное состояние. В ходе оценки *Caragana* двух форм кустарниковой и древовидной и *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» не было обнаружено внешних повреждений кроны. Не выявлено болезней и вредителей. Мертвые или усыхающие ветви не обнаружены.

Прохождение фенологических фаз развития — в пределах многолетних среднестатистических наблюдений. В связи с этим жизненное состояние растений было оценено на 5 баллов.

Выделенная ДНК из листовых пластинок представителей родового комплекса *Caragana* обладала высокими качественными показателями при длинах волн $\lambda 260/280$ и $\lambda 260/230$ и достаточной концентрации для проведения ПЦР.

Для выявления внутривидового генетического разнообразия *Caragana* были протестированы 12 ISSR-праймеров у исследуемых форм.

Для детализации эффективности примененных ISSR-праймеров была проведена оценка частоты встречаемости по каждому локусу у трех форм *Caragana*, полученных с помощью электрофореза ампликонов.

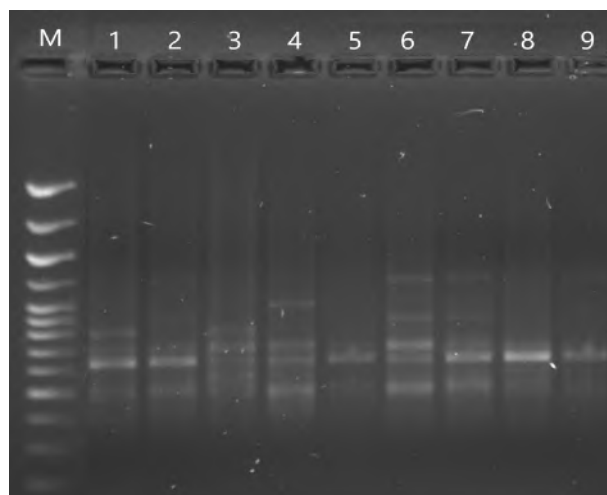
Таблица 1. Используемые ISSR-маркеры

Table 1. ISSR markers used

Название	Последовательность '5–3'	Температура отжига праймера (T_m , $^{\circ}\text{C}$)
UBC811	GAG AGA GAG AGA GAG AC	54,2
UBC815	CTC TCT CTC TCT CTC TG	50,0
UBC818	CACACACACACACAG	53,0
UBC823	TCT CTC TCT CTC TCT CC	50,7
UBC826	ACA CAC ACA CAC ACA CC	54,7
UBC834	AGA GAG AGA GAG AGA GY	51,5
UBC835	AGA GAG AGA GAG AGA GYC	54,0
UBC836	AGA GAG AGA GAG AGA GYA	51,5
UBC840	GAG AGA GAG AGA GAG AYT	51,5
UBC841	GAG AGA GAG AGA GAG AYC	54,0
UBC880	GGA GGG AGG GAG GGA G	62,4
UBC890	VHV GTG TGT GTG TGT GT	50,0

Рис. 2. Примеры электрофореграмм продуктов амплификации у *C. arborescens* с ISSR-праймером — UBC 823, Std маркер молекулярного веса (50–1500 п. н.)

Fig 2. Examples of electropherograms of amplification products in *C. arborescens* with an ISSR primer — UBC 823, Std molecular weight marker (50–1500 bp)



Каждый анализируемый локус ISSR-маркера формировал специфичный спектр продуктов амплификации особей *C. frutex*, *C. arborescens* и *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» (рис. 2, 3).

В ходе анализа электрофореграмм было выявлено наличие однотипных локусов при использовании 811, 890 ISSR-праймеров между особями *C. frutex*, *C. arborescens* и *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ». Остальные 10 ISSR-маркеров показали наличие отличий между исследуемыми формами *Caragana*. В частности, у *C. frutex* был отмечен уникальный локус 500 п. н. при использовании UBC 815. Для *C. arborescens* был обнаружен уникальный локус 650 п. н. при использовании UBC 823. Локусы у трех форм *Caragana* при использовании UBC 840 были высокополиморфными между всеми особями.

Далее была произведена оценка параметров генетической изменчивости особей *C. frutex*, *C. arborescens* и *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» (табл. 2).

У особей *C. arborescens* показатели среднего абсолютного числа аллелей были выше в 1,2 раза по сравнению с другими формами, при этом наименьшим значением обладала *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ». Эффективное число

⁴ <https://www.scienceopen.com/document?vid=094a9876-8644-439b-9ce0-940bb59991de>

Рис. 3. Примеры электрофореграмм продуктов амплификации у двух форм *Caragana* с ISSR-праймером: А — UBC 811, Б — UBC 815, Std маркер молекулярного веса (50–1500 п. н.), 2–10 — *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ», 11–18 — *C. frutex*

Fig 3. Examples of electropherograms of amplification products in two forms of *Caragana* with an ISSR primer: А — UBC 811, Б — UBC 815, Std molecular weight marker (50–1500 bp), 2–10 — *C. arborescens* f. *pyramidalis* variety «Incomparable VNIALMI», 11–18 — *C. frutex*

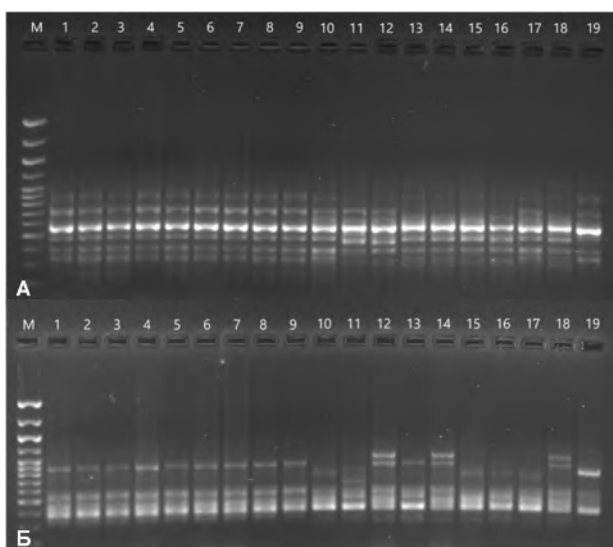


Таблица 2. Показатели генетического разнообразия представителей родового комплекса *Caragana*

Table 2. Indicators of genetic diversity of representatives of the generic complex *Caragana*

Родовой комплекс <i>C. arborescens</i>	n_a	n_e	I	% полиморфных локусов
<i>C. frutex</i>	1,36 ± 0,48	1,24 ± 0,35	0,21 ± 0,28	36,08
<i>C. arborescens</i>	1,57 ± 0,50	1,30 ± 0,34	0,28 ± 0,28	56,70
<i>C. arborescens</i> f. <i>pyramidalis</i> сорта «Несравненная ВНИАЛМИ»	1,27 ± 0,45	1,18 ± 0,34	0,15 ± 0,26	27,84

Примечание: n_a — абсолютное число аллелей на локус; n_e — эффективное число аллелей на локус; I — генетическая дистанция по Нейю; I — индекс Шеннона (у всех вышеуказанных параметров в скобках даны стандартные отклонения)

аллелей на локус было очень близко между формами родового комплекса *Caragana*. Это в свою очередь демонстрирует большую вариабельность генетической структуры. Расчетный индекс Шеннона был выше в 1,8 раза и 1,3 раза у особей *C. arborescens*

по сравнению с *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» и *C. frutex* соответственно. Высокое значение полиморфизма локусов было зафиксировано у особей *C. arborescens*, в то время как наименьший показатель — у *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ», что подтверждает ее моноклональность. Высокий полиморфизм может быть связан с устойчивостью и большей пластичностью особей *C. arborescens* по сравнению с *C. frutex* и *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ».

Полученные результаты с высокой вероятностью указывают на моноклональность насаждений *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ», для которых уникальными локусами являются UBC 880 (1100 п. н.) и UBC 818 (450 п. н.). Для *C. arborescens* — UBC 823 (650 п. н.), у *C. frutex* — UBC 815 (500 п. н.).

Таким образом, из 12 протестированных праймеров только 2 могут быть использованы для выявления особей с характерными фенотипическими признаками *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» от других представителей родового комплекса.

Проведенное исследование подтверждает теорию о том, что *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» является моноклональным растением и при этом обладает устойчивостью к засухе, как и *C. arborescens*. В связи с вышесказанным *C. arborescens* f. *pyramidalis* сорта «Несравненная ВНИАЛМИ» является перспективным объектом для селекции и решения задач агролесомелиорации и защитного лесоразведения на территориях с засушливым климатом.

Выводы/Conclusion

Исследование показало, что локусы UBC 880 (1100 п. н.) и UBC 818 (450 п. н.) могут являться маркерами *C. arborescens* f. *pyramidalis* «Несравненная ВНИАЛМИ», для *C. frutex* — UBC 815 (500 п. н.), для *C. arborescens* — UBC 823 (650 п. н.). Полученные результаты подтверждают успех данного сорта, его высокую устойчивость к засухе. *C. arborescens* f. *Pyramidalis* «Несравненная ВНИАЛМИ» может быть рекомендована для защитного лесоразведения и агролесомелиорации засушливых районов.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00273 «Создание биоресурсной коллекции видов растений для борьбы с деградацией аридных регионов России».

FUNDING

The materials were prepared as part of the grant the Russian Science Foundation No. 23-26-00273 «Creation of a bioresource collection of plant species to combat the degradation of arid regions of Russia».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Крючков С.Н., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Егоров С.А., Романенко А.К., Горбушова Д.А. Подбор селекционно значимых признаков древесных видов для агролесомелиорации и защитного лесоразведения. *Научно-агрономический журнал*. 2024; (2): 6–15. <https://doi.org/10.34736/FNC.2024.125.2.001.06-15>
- Иозус А.П., Завьялов А.А., Крючков С.Н. Селекционное семеноводство перспективных интродуцентов в сухой степи. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; (1): 141–145. <https://www.elibrary.ru/yxdlsh>
- Беляев А.И., Крылов П.А., Пугачева А.М., Деревшикова Л.В. Анализ наличия геномов древесно-кустарниковых растений, используемых в агролесомелиорации южных регионов России. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023; (2): 30–42. <https://www.elibrary.ru/ttkjca>

REFERENCES

- Kryuchkov S.N., Solonkin A.V., Solomentseva A.S., Egorov S.A., Romanenko A.K., Gorbushova D.A. Selection of Breeding-Significant Features of Tree Species for Agroforestry and Protective Afforestation. *Scientific Agronomy Journal*. 2024; (2): 6–15 (in Russian). <https://doi.org/10.34736/FNC.2024.125.2.001.06-15>
- Iozus A.P., Zavyalov A.A., Kryuchkov S.N. Breeding seeding perspective introduced in dry steppe. *International journal of applied and fundamental research*. 2019; (1): 141–145 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yxdlsh>
- Belyaev A.I., Krylov P.A., Pugacheva A.M., Derevshchikova L.V. Analysis of the presence of the genomes of wood and shrubs plants used in agro-forest-melioration in the southern regions of Russia. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2023; (2): 30–42 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ttkjca>

4. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Chistyakov M.S., Suchkov D.K., Ryabkova G.V. Biodiversity and ecosystem stability based on molecular and genetic technologies in plant breeding. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1112: 012102.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1112/1/012102>
5. Montile A., Tishkina E., Filisteev A. Characterization of the size and spatiotemporal structure of the coenopopulation *Caragana arborescens* lam. in the forest park of Yekaterinburg. *II International Conference on Agriculture, Earth Remote Sensing and Environment (RSE-II-2023)*. Les Ulis. 2023; 392: 02012.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339202012>
6. Пакшинцева А.А., Карпукхин М.Ю. Роль караганы (*Caragana* Lam.) в озеленении. *Достижения аграрной науки — в производство*. Сборник тезисов научной конференции. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2020; 47–48.
<https://www.elibrary.ru/ichejv>
7. Залывская О.С., Бабич Н.А. Зимостойкость и морозоустойчивость интродуцентов. *Лесной вестник*. 2014; 18(1): 105–109.
<https://www.elibrary.ru/rwxhmx>
8. Трещевская Э.И., Тихонова Е.Н., Голядкина И.В., Трещевская С.В., Князев В.И. Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) как кустарниковая порода при биологической рекультивации техногенных ландшафтов. *Лесотехнический журнал*. 2021; 11(3): 31–44.
<https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/3>
9. Новикова А.А., Шейкина О.В., Новиков П.С., Доронина Г.У. Оценка возможности применения ISSR-маркеров для систематизации и генетической паспортизации растений рода *Rhododendron*. *Научный журнал КубГАУ*. 2012; 82: 79–89.
<https://www.elibrary.ru/pgkyiv>
10. Abd-dada H., Bouda S., Khachtib Y., Bella Y.A., Haddioui A. Use of ISSR markers to assess the genetic diversity of an endemic plant of Morocco (*Euphorbia resinifera* O. Berg). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2023; 21(1): 91.
<https://doi.org/10.1186/s43141-023-00543-4>
11. Ramzan F., Kim H.T., Younis A., Ramzan Y., Lim K.-B. Genetic assessment of the effects of self-fertilization in a *Lilium* L. hybrids using molecular cytogenetic methods (FISH and ISSR). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021; 28(3): 1770–1778.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.019>
12. Крючков С.Н., Морозова Е.В., Изюс А.П. Основные направления и результаты селекции древесных видов для защитного лесоразведения в засушливых условиях юго-востока Европейской России. *Успехи современного естествознания*. 2018; (3): 65–69.
<https://www.elibrary.ru/yvgcym>
13. Luo C., Chen D., Cheng X., Liu H., Li Y., Huang C. SSR Analysis of Genetic Relationship and Classification in Chrysanthemum Germplasm Collection. *Horticultural Plant Journal*. 2018; 4(2): 73–82.
<https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.01.003>
14. Solomentseva A.S. *et al.* Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 579: 012056.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012056>
15. Ma F., Na X., Xu T. Drought responses of three closely related *Caragana* species: implication for their vicarious distribution. *Ecology and Evolution*. 2016; 6(9): 2763–2773.
<https://doi.org/10.1002/ece3.2044>

ОБ АВТОРАХ

Елена Владимировна Калмыкова

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
kalmukova-ev@vfanc.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>

Пётр Анатольевич Кузьмин

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярной селекции
kuzmin-p@vfanc.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1303-765X>

Елизавета Сергеевна Лушникова

лаборант-исследователь лаборатории молекулярной селекции
lushnikova-e@vfanc.ru

Павел Андреевич Крылов

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник — заведующий лабораторией геномных и постгеномных технологий
krylov-p@vfanc.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9587-5886>

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Университетский пр-т, 97, Волгоград, 400062, Россия

4. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Chistyakov M.S., Suchkov D.K., Ryabkova G.V. Biodiversity and ecosystem stability based on molecular and genetic technologies in plant breeding. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1112: 012102.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1112/1/012102>

5. Montile A., Tishkina E., Filisteev A. Characterization of the size and spatiotemporal structure of the coenopopulation *Caragana arborescens* lam. in the forest park of Yekaterinburg. *II International Conference on Agriculture, Earth Remote Sensing and Environment (RSE-II-2023)*. Les Ulis. 2023; 392: 02012.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339202012>

6. Pakshintseva A.A., Karpukhin M.Yu. The role of karagana (*Caragana* lam.) in landscaping. *The achievements of agricultural science are being put into production*. Collection of abstracts of the scientific conference. Ekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2020; 47–48.
<https://www.elibrary.ru/ichejv>

7. Zalyvskaia O.S., Babich N.A. Winter hardiness and frost resistance of introduced species. *Forestry bulletin*. 2014; 18(1): 105–109 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/rwxhmx>

8. Treshchevskaya E.I., Tikhonova E.N., Golyadkina I.V., Treshchevskaya S.V., Knyazev V.I. *Caragana arborescens* Lam. as a shrub species for biological reclamation of post-technogenic areas. *Forest Engineering journal*. 2021; 11(3): 31–44 (in Russian).
<https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/3>

9. Novikova A.A., Sheikina O.V., Novikov P.S., Doronina G.U. Estimation of the ISSR-markers application for systematization and genetic certification of genus *Rhododendron*. *Scientific Journal of KubSAU*. 2012; 82: 79–89 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/pgkyiv>

10. Abd-dada H., Bouda S., Khachtib Y., Bella Y.A., Haddioui A. Use of ISSR markers to assess the genetic diversity of an endemic plant of Morocco (*Euphorbia resinifera* O. Berg). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2023; 21(1): 91.
<https://doi.org/10.1186/s43141-023-00543-4>

11. Ramzan F., Kim H.T., Younis A., Ramzan Y., Lim K.-B. Genetic assessment of the effects of self-fertilization in a *Lilium* L. hybrids using molecular cytogenetic methods (FISH and ISSR). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021; 28(3): 1770–1778.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.019>

12. Kryuchkov S.N., Morozova E.V., Izos A.P. The main directions and results of varietal plant breeding of the types of trees and shrubs for protective afforestation in the dry conditions of the south-east of Europe Russia. *Advances in current natural sciences*. 2018; (3): 65–69 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/yvgcym>

13. Luo C., Chen D., Cheng X., Liu H., Li Y., Huang C. SSR Analysis of Genetic Relationship and Classification in Chrysanthemum Germplasm Collection. *Horticultural Plant Journal*. 2018; 4(2): 73–82.
<https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.01.003>

14. Solomentseva A.S. *et al.* Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 579: 012056.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012056>

15. Ma F., Na X., Xu T. Drought responses of three closely related *Caragana* species: implication for their vicarious distribution. *Ecology and Evolution*. 2016; 6(9): 2763–2773.
<https://doi.org/10.1002/ece3.2044>

ABOUT THE AUTHORS

Elena Vladimirovna Kalmykova

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Ecology of Woody Plants
kalmukova-ev@vfanc.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>

Petr Anatolevich Kuzmin

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Molecular Breeding
kuzmin-p@vfanc.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1303-765X>

Elizaveta Sergeevna Lushnikova

Laboratory Assistant Researcher at the Laboratory of Molecular Breeding
lushnikova-e@vfanc.ru

Pavel Andreevich Krylov

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher — Head of the Laboratory of Genomic and Postgenomic Technologies
krylov-p@vfanc.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9587-5886>

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, 97 Universitetskii Ave., Volgograd, 400062, Russia

УДК 58.006: 58.04: 635.918

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-145-152

В.И. Кожевников

Е.Н. Селиверстова

Н.В. Щегринцев ✉

А.В. Кожевников

Северо-Кавказский федеральный
научный аграрный центр, Михайловск,
Ставропольский край, Россия

✉ aster22@list.ru

Поступила в редакцию: 26.06.2024

Одобрена после рецензирования: 11.11.2024

Принята к публикации: 25.11.2024

© Кожевников В.И., Селиверстова Е.Н.,
Щегринцев Н.В., Кожевников А.В.,

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-145-152

Vladimir I. Kozhevnikov

Ekaterina N. Seliverstova

Natalya V. Shchegrinets ✉

Anton V. Kozhevnikov

North Caucasus Federal Agricultural
Research Center Mikhailovsk, Stavropol
Territory, Russia

✉ aster22@list.ru

Received by the editorial office: 26.06.2024

Accepted in revised: 11.11.2024

Accepted for publication: 25.11.2024

© Kozhevnikov V.I., Seliverstova E.N.,
Schegrinets N.V., Kozhevnikov A.V.

Итоги селекционной работы с астрой однолетней в Ставропольском ботаническом саду

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Благодаря универсальности использования широкое распространение во многих странах мира и в России получила астра однолетняя. Ассортимент растений ежегодно расширяется благодаря внедрению в культуру дикорастущих видов и созданию новых сортов.

Методы. Для получения хозяйственно ценных мутаций применяли методы химического и радиомутагенеза. В 2010 году был заложен опыт по изучению воздействия водного раствора колхицина в концентрациях 0,05%, 0,1%, 0,5%, 1,0% на семена 14 сортов астры (повторен в 2021 году). Первые опыты по облучению семян астры проводились в 2002–2005 гг. Облучали сухие семена астры однолетней (10–15 сортов) радиоизотопом ^{60}Co в установке ГУР-120 в НИЦ «Курчатовский институт» — ВНИИРЭ.

Результаты. В годы исследований получены растения с поздними сроками цветения, высокой махровостью соцветия, низким габитусом куста. Столь высокое разнообразие изменчивости подтверждает предположение о возможности получения сортов с новыми признаками. Сделаны отборы семей, имеющих высокие декоративные качества и устойчивость к фузариозу и желтухе. Установлена оптимальная мощность облучения 0,9 Гр/с и общей дозой облучения 20–90 Гр/с. В 2023 году на новые сорта универсального назначения Звезда Ставрополя, Сапфир, Малинка, Нежная, Ладная, Серебристая получены патенты, они внесены в Государственный реестр селекционных достижений. Ежегодно отбираются около 1000 растений для закрепления гомозиготности признаков. Продолжают выделяться растения, имеющие существенные отличия по многим параметрам. Так, выделен новый сортотип Восторг. Работа в этом направлении продолжается.

Ключевые слова: астра однолетняя, селекция, химический и радиационный мутагенез, ботанический сад, новые сорта, патент на селекционное достижение

Для цитирования: Кожевников В.И., Селиверстова Е.Н., Щегринцев Н. В., Кожевников А.В. Итоги селекционной работы с астрой однолетней в Ставропольском ботаническом саду. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 145–152.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-145-152>

Results of breeding work with *Callistephus chinensis* in the Stavropol Botanical Garden

ABSTRACT

Relevance. Due to the versatility of its use, the annual astra has become widespread in many countries of the world and in Russia. The range of plants is expanding annually due to the introduction of wild species into the culture and the creation of new varieties.

Methods. To obtain economically valuable mutations, the methods of chemical and radiomutagenesis were used in the work. In 2010, experience was established to study the effects of an aqueous solution of colchicine in concentrations 0,05%, 0,1%, 0,5%, 1,0% for seeds of 14 varieties of aster (repeated in 2021). The first experiments on irradiation of callistephus seeds were carried out in 2002–2005. Dry seeds of annual aster (10–15 varieties) were irradiated with the radioisotope ^{60}Co in the GUR-120 installation at the Kurchatov Institute Research Center — All-Russian Research Institute of Radiology and Agroecology.

Results. During the years of research, plants with late flowering periods, high double inflorescence, and low bush habit were obtained. Such a high diversity of variability confirms the assumption that it is possible to obtain varieties with new characteristics. As a result of the work, families were selected that have high decorative qualities and resistance to fusarium and jaundice. The optimal irradiation power of 0.9 Gy/s with a total radiation dose of 20–90 Gy/s has been established. In 2023, patents were obtained for new varieties of universal purpose Star of Stavropol, Sapphire, Raspberry, Gentle, Ladnaya, Silvery, they were entered into the State Register of Breeding Achievements. About 1,000 plants are selected annually to consolidate homozygosity of traits. Plants that have significant differences in many respects continue to stand out. This is how the new variety type Delight was identified. Work in this direction continues.

Key words: callistephus chinensis, selection, chemical and radiation mutagenesis, botanical garden, new varieties, patent for a selection achievement

For citation: Kozhevnikov V.I., Seliverstova E.N., Schegrinets N.V., Kozhevnikov A.V. Results of selection work with callistephus chinensis in the Stavropol Botanical Garden. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 145–152 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-145-152>

Введение/Introduction

Ботанические сады являются основными центрами сохранения биоразнообразия растений. Одна из важнейших задач, стоящих перед ними, — сохранение мирового генофонда растений. Растительные ресурсы земного шара включают около 200 тыс. видов растений, многие из которых полезны для человека, в том числе и цветочно-декоративные.

Декоративное садоводство (и в частности, цветоводство) удовлетворяет потребности человека в красоте и улучшает среду его обитания. Особенную популярность наряду с древесными и вечнозелеными растениями приобретают неприхотливые и долговечные травянистые цветочные культуры.

Цветочно-декоративные растения всегда были самыми любимыми и популярными в садах любителей, они широко используются в озеленении городов и сел [1]. Применяют их и для устройства цветников, выращивают для обсадов, ими украшают балконы и подоконники. Кроме того, некоторые из них, в том числе астра однолетняя, дают прекрасный материал для срезки. Ее ценят за обилие окрасок и форм соцветия, продолжительность цветения. Если высевать астру в различные сроки, можно увеличить период ее цветения до поздней осени.

Так, в СССР в 1990 году выращивали семена 98 декоративных культур 450 сортов. Сегодня в Государственном реестре насчитываются 99 видов 612 сортов, из них астра однолетняя — 189¹.

В последнее время появляются новые культуры, гибриды и сорта однолетних цветочных растений с обильным и продолжительным цветением, отличающиеся неприхотливостью и устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам, они с успехом применяются в оформлении клумб, скверов и парков².

Летники широко используются для выращивания в контейнерной культуре. Это позволяет получать рассаду в цветущем состоянии для быстрого достижения декоративного эффекта [2–4].

Спрос на семена с каждым годом увеличивается. Особенно необходимо отметить, что в современных политических и экономических условиях значимость отечественных сортов возрастает [5, 6]. Семена в основном получали из других государств, так как выведением своих сортов не занимались.

Среди огромного числа известных цветочно-декоративных однолетников особое место занимает астра (*Callistephus* Cass.) семейства астровых (*Asteraceae* Dumort., syn. *Compositae* L.) подсемейства *Carduoides*. Род *Callistephus* Cass. содержит только один вид астры — каллистепфус китайский (*Callistephus chinensis*) [7].

В России астры выращиваются со времени их появления в садах Европы, но выведением своих сортов не занимались, семена в основном получали из других государств. Начало гибридизации астры в нашей стране относится к 30-м годам XX века. Первые сорта были получены в 1940-х годах селекционерами С.И. Жегаловым, Н.Н. Тимофеевым, Б.В. Квасниковым и др. Особенно широко работы по селекции и гибридизации однолетней астры развернулись в 60-х годах прошлого

столетия. В настоящее время выведено большое количество устойчивых к болезням высокодекоративных сортов с высоким коэффициентом размножения и высокой продуктивности. В нашей стране за астрой китайской закрепилось название «однолетняя» [6].

В Ставропольском ботаническом саду более 20 лет ведется активная селекционная работа. В формировании современного ассортимента цветочных культур, отличающегося разнообразием видов, форм и сортов, большая роль отводится селекционной работе с использованием межвидовых и внутривидовых скрещиваний, воздействием водного раствора колхицина и радиационного мутагенеза [8, 9].

В настоящее время радиационный мутагенез стал одним из прогрессивных методов получения генетических мутаций для последующих отборов и значительно сокращает время выведения сортов. Он позволяет получать формы, обладающие повышенной урожайностью, устойчивостью к заболеваниям и неблагоприятным факторам внешней среды. На сегодня в базе данных мутантных сортов Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ³) зарегистрированы 3365 мутантных сортов, более 1000 новых сортов используются и продвигаются по всему миру⁴. Большинство из них были зарегистрированы до 2010 года с пиком в 1980-х. В последние годы возникли проблемы с традиционными методами селекции и произошло сокращение зарегистрированных сортов.

В результате исследований по облучению семян растений было доказано, что классическая селекция радиационных мутаций (как широко используемый метод) полезна для варьирования сельскохозяйственных культур, что в основном относится к процессу использования различных лучей для индуцирования большого количества геномных мутаций и ускорения выработки мутантных признаков за счет прямого или косвенного воздействия энергии на ДНК.

Облучению гамма-лучами чаще всего подвергаются семена или пыльца растений. Установлено, что замачивание семян перед облучением уменьшает стимулирующий эффект. Выбранный метод облучения сухих семян радиоизотопом ⁶⁰Co используется в сельском хозяйстве и декоративном садоводстве [10, 11].

В результате гибридизации и длительного отбора в мире получено огромное количество сортов, определяющих разнообразие садовых цветочных растений. Несмотря на это, работа по выведению новых сортов и гибридов непрерывно продолжается, так как постоянно меняются требования к габитусу куста, окраскам, формам соцветий и другим показателям [12, 13]. Так как сорта имеют свойство «стареть», стоит вопрос о сортах собственной селекции, адаптированных к условиям региона. Актуальным в селекции растений становится вопрос применения радиационного мутагенеза, так как данные по его использованию применительно к культуре астры в России отсутствуют⁵. В Европе и Индонезии облучали семена астры в диапазоне 5–20 Гр. Наибольшее количество мутаций получено в поколении M1 после дозы 9 Кр, в M2 — после 6–9 Кр [14]⁶.

¹ Электронный ресурс <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> (дата обращения: 27.06.2024).

² Острякова Г.В. Выращивание суперэлитных и элитных семян сортов астры однолетней селекции Воронежской овощной опытной станции. Москва. 1989: 30.

³ <https://www.iaea.org/ru>

⁴ https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.58d239cb-672c90fd-b87ac207-74722d776562/https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2021.768071/full

⁵ Дрягина И.В., Мушин А.В., Лысиков В.Н. Экспериментальный мутагенез садовых растений. Кишинев: Штиинца. 1981: 237.

⁶ Anwar S., Karno K., Kusmiyati F., Herwibawa B. Induced mutation by gamma rays on performance of MV3 *Callistephus chinensis* at lowland. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2020; 518: 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/518/1/012066>

Цель исследования — получение новых сортов астры однолетней методом радио- и химического мутагенеза.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Научно-исследовательская работа с астрой однолетней в Ставропольском ботаническом саду проводится с 1997 года и продолжается в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований Российской академии наук на 2021–2024 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ по теме «Пополнить генетические коллекции растений, изучить и создать новые генотипы и сорта плодовых и декоративных культур по комплексу хозяйственно ценных и декоративных признаков, сочетающих высокую адаптивность, технологичность и продуктивность, пригодных для разработки ресурсо- и энергосберегающих технологий»⁷.

Для опытной работы использовали семена астры однолетней, полученные из Воронежской овощной опытной станции — филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (пос. НИИОХ, Верхнехавский р-н, Воронежская обл., Россия), ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина» (г. Мичуринск, Тамбовская обл., Россия) и селекции зарубежных стран.

Территория Ставропольского ботанического сада расположена в центральной части Ставропольской возвышенности на высоте 630 м над уровнем моря и представляет собой структурно-денудационное плато с плакорами сарматской поверхности выравнивания, бронированными известняками среднего сармата.

По условиям влагообеспеченности Ставропольский край находится в умеренно влажном районе, по теплообеспеченности — в недостаточно жарком подрайоне с ГТК 1,1–1,3. Это зона неустойчивого увлажнения, за год выпадает от 650 до 700 мм осадков. В течение вегетационного периода относительная влажность воздуха колеблется в пределах 54–56%. Сумма активных температур за период вегетации составляет 3000–3200 °С. Зима умеренно мягкая со среднемесячной температурой воздуха +7,5 °С, в январе (самом холодном месяце) — +4,9 °С, снег выпадает в начале декабря. В течение зимы часты оттепели (до 50 дней). Безморозный период длится от 180 до 190 дней. Лето жаркое и сухое со средней температурой воздуха июля +23–24 °С. Осадки кратковременные, преимущественно ливневые. Общее число дней с суховеями — 90. Ветры в основном восточного направления, высокой скорости — 15–20 м/сек и более [15].

Фенологические наблюдения проводили от посева до потери растениями декоративности по методике ВИР⁸. Началом той или иной фазы считали наступление ее у 5–10% растений, массовым — у 75–80%. Предварительную оценку декоративной ценности образца проводили в период массового цветения по 5-балльной системе, оценку декоративных, хозяйственно-биологических качеств — по 100-балльной шкале по комплексу признаков, отбор и перспективность образцов — по результатам трехлетнего сравнительного изучения каждого

сорта в коллекционном питомнике с целью дальнейшего вероятного практического освоения.

Описание и оценку селекционных образцов проводили по Методике Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений⁹. Засухоустойчивость (полевая оценка) проводилась по 5-балльной шкале.

Учет поражения растений болезнями (%) проводили по «Методике первичного сортоизучения астры однолетней»¹⁰ и методике «Селекция астры однолетней на устойчивость к фузариозу»¹¹.

Распространенность болезней или вредителей определяется методом прямого подсчета числа пораженных или поврежденных растений и выражается в процентах от числа учетных растений.

В 2010 году был заложен опыт по изучению воздействия водного раствора колхицина (Германия) в концентрациях 0,05%, 0,1%, 0,5%, 1,0% на семена 9 сортов отечественной селекции (Седая Дама, Облачко, Помпон розовая, Агбина Сириневая, Солнечная, Старый Замок, Яблунева, Хавские Ёжики, Прима), иностранной (Гольден) и 4 гибридных образцов астры селекции Ставропольского ботанического сада (Ласточка, Леди, Людмила, Утренняя Заря) (повторен в 2019 году). Замачивание производилось непосредственно перед посевом.

В 2002–2005 годах проводился первый опыт облучения семян астры, который был повторен в 2012 г. и 2014 г. Облучение семян исследуемой культуры осуществлялось с мощностью поглощенной дозы 1,3 Гр с общей дозой облучения от 20 до 90 Гр. В 2014 году мощность поглощенной дозы изменена с 1,3 до 0,9 Гр/мин с оставлением общей дозы облучения в диапазоне 20–90 Гр.

Воздушно-сухие семена астры однолетней сортов Алина, Облачко, Победа, Прима, Хавские Ёжики и 5 гибридных образцов (Ладушка, Любимая, Людмила, Сириневый туман, Утренняя Заря) облучались в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» — Всероссийском научно-исследовательском институте радиологии и агроэкологии (г. Обнинск, Россия) с целью получения хозяйственно ценных мутаций и дальнейшего изучения влияния дозы γ -излучения ⁶⁰Со на всхожесть семян и сохранность растений.

Использована гамма-установка радиационного облучения ГУР-120 (введена в эксплуатацию в 1987 г.), спроектирована по индивидуальному техническому заданию Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» — ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии».

ГУР-120 состоит из восьми блоков-облучателей, четыре против четырех, заряженных источниками ионизирующего излучения ГИК-7-4 общей активностью ⁶⁰Со 4,46·10¹⁵ Бк. Она производит облучение, меняя как интенсивность мощности поглощения дозы, так и общую дозу облучаемого материала, позволяет использовать ее на различных видах растений. Данный способ безопасен для ученых и эффективен для подбора параметров облучения¹².

⁷ Электронный ресурс: https://bobrovskiy.gosuslugi.ru/netcat_files/203/3977/Programma_fundamental_nyh_nauchnyh_issledovaniy_v_RF_na_dolgosrochnyy_period_2021_2030_gody (дата обращения: 27.06.2024).

⁸ Петренко Н.А. Методика первичного сортоизучения астры китайской. Л.: 1970; 22.

⁹ Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Астра однолетняя. Официальный бюллетень Госкомиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений. Москва, 2007.

¹⁰ Петренко Н.А. Классификация астры однолетней. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Ленинград. 1972; 46(2): 278–289.

¹¹ Острякова Г.В., Величко В.Е., Горшкова Н.С. Селекция астры однолетней на устойчивость к фузариозу (методические рекомендации). Москва. 1988; 15.

¹² Электронный ресурс <https://ckp-rf.ru/catalog/usu/2795259/> (дата обращения: 06.11.2024).

Результаты исследований / Results and discussion

В настоящее время коллекционный фонд астры однолетней насчитывает 70 сортов и 500 гибридных образцов и на данном этапе является носителем 70 генотипов.

В ходе наблюдений воздействия водного раствора колхицина установили, что эффективные мутации от 0,83 до 8,0% были у 6 сортов (Седая Дама, Леди, Солнечная, Утренняя Заря, Яблунева, Прима). Последующие поколения М2–М4 дали широкий спектр расщепления по окраске и форме соцветия и форме куста.

Результат воздействия колхицина на семена астры сорта Седая Дама — 4 жизнеспособных растения. После двух лет выращивания их потомства были выделены несколько растений, имеющих существенные отличия соцветий от материнского растения. В результате многолетних отборов ведутся линии двух цветов. Первая линия имеет красно-пурпурный цвет, вторая — фиолетово-синий. Существенные различия в описании соцветия не позволяют отнести их к известным сортотипам.

Предлагаем добавить в классификацию Н.А. Петренко новый сортотип — Восторг (рис. 1).

Описание соцветия: окраска — сине-фиолетовая, в центре круг желтых трубчатых цветков диаметром 1 см, затем идут 15–20 концентрических кругов цветков язычкового типа, имеющих общее направление в центр соцветия (как у пионовидных), дальше — 2–3 ряда язычковых цветков, свернутых в трубку и направленных к периферии цветка строго перпендикулярно цветочному. Язычковые цветки имеют гладкую поверхность, из-за чего создается эффект зеркального отражения, что усиливает декоративность.

В 2012 году 10 сортов гибридных образцов астры однолетней облучались с мощностью поглощенной дозы 1,3 Гр с общей дозой облучения от 20 до 90 Гр. После облучения семена были высеваны в ящики с почвой в условиях защищенного грунта. Сорта Ладушка, Любимая, Людмила, Сиреневый туман, Утренняя Заря, Хавские Ёжики с разными дозами облучения погибли почти сразу после всходов. У сортов Облачко, Победа и Прима после появления всходов. Через 8–10 дней после появления всходов растения сортов Облачко, Победа и Прима стали приобретать антоциановую окраску. По прошествии 25–35 дней в состоянии семядольных листочков наступила их полная гибель. Причины отмирания — отсутствие вторичной корневой системы и усыхание зародышевого корешка [16]. Установили, что при мощности поглощаемой дозы 1,3 Гр/мин растения не перешли из фазы семядольных листочков в следующую фазу, что привело к полной гибели всех сортов через 50 дней после всходов.

Растения сортов Прима, Облачко, Победа оказались устойчивыми к ионизирующему излучению. У сорта Голден зарубежной селекции отмечена наименьшая устойчивость, а у сортов Утренняя Заря, Ласточка, Леди авторской селекции — высокая. Получены жизнеспособные семена поколения М1, М2, М3. Из полученных растений ежегодно ведутся отборы по искомым признакам. В настоящее время большая часть выведенных сортов получены методом отбора спонтанных мутаций из существующих сортов или от свободного опыления [17].

Увеличение продолжительности жизни растений на 20–25-й день привело к мысли уменьшить мощность поглощенной дозы. В 2014 году уменьшена мощность

Рис. 1. Новый сортотип астры однолетней — Восторг

Fig. 1. A new variety type of annual aster — Delight



облучения до 0,9 Гр с общей поглощенной дозой 60–90 Гр с интервалом каждого варианта 10 Гр.

Прослеживается влияние интенсивности облучения на жизнеспособность растений. При мощности поглощенной дозы 0,9 Гр с общей дозой облучения 60 Гр получили хорошие всходы и сохранность растений у всех облученных сортов. Установлена оптимальная мощность поглощенной дозы (0,9 Гр) с общей дозой облучения 20–90 Гр.

Все 10 сортов прошли этапы органогенеза и дали жизнеспособные семена. Самыми устойчивыми оказались сорта Победа, Прима и Облачко. Сохранность растений при облучении 90 Гр — 20–30%, при 70 — 15–23%, соответственно, при 60 Гр — 28–47%, при 20–50 Гр — от 20 до 50%. У других изучаемых сортов (Людмила, Любимая, Ласточка, Алина, Хавские Ёжики, Утренняя Заря, Сиреневый туман) сохранность растений близилась к 0 уже при дозах 40–50 Гр.

В 2015 году посеяли семена М1 всех выживших растений в вариантах. На них ежегодно проводили отборы растений.

В поколении М4 с 2000 по 2018 г. отобраны около 200 семей с признаками, отличающимися от исходных, что говорит о возможном влиянии полученной дозы облучения для возникновения новых мутаций.

За годы исследований изучены более 5000 семей. Получены различные сортотипы растений с высокой декоративностью, отличающиеся от существующих сортов размером и видом соцветия, высокой махровостью, компактностью куста, устойчивостью к дождю, засухоустойчивостью и резистентностью к вредителям и болезням, с поздними сроками цветения. Такое разнообразие изменчивости подтверждает возможность получения сортов с новыми признаками.

В результате работы сделаны отборы семей с высокими декоративными качествами и высокой устойчивостью к фузариозу и желтухе (микоплазменная болезнь) [18].

В 2023 году на новые сорта универсального назначения (Звезда Ставрополя, Сапфир, Малинка, Нежная, Ладная, Серебристая) получены патенты, они внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ¹³.

¹³ Электронный ресурс <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php> (дата обращения: 07.05.2024).

Рис. 2. Астра однолетняя Звезда Ставрополя

Fig. 2. Astra is an annual Star of Stavropol



Рис. 3. Астра однолетняя Сапфир
Fig. 3. Annual Aster Sapphire



Рис. 4. Астра однолетняя Ладная
Fig. 4. Aster is an annual Ladnaya



Звезда Ставрополя. Мутация от облучения семян сорта Алина ^{60}Co мощностью поглощенной дозы в 50 Гр в 2013 году с последующими отборами. Относится к сорто типу Радио (рис. 2). В период массового цветения высота растений достигает 70–75 см. Цветоносы прочные. Кусты сильнооблиственные, колонновидные, 20 см в диаметре. Листья при этом темно-зеленые и неопушенные. Соцветия располагаются в одной плоскости, длина центрального цветоноса и первого порядка — 40–45 см, второго и третьего — 15 см, плоскоокруглой формы, длина 3,0 см, диаметр 10–11 см, с двойной окраской (белое с розовыми кончиками), густомахровое. Сроки цветения очень ранние — с 15 августа, от начала цветения до потери декоративности — 40 дней. Сильная устойчивость к фузариозу и желтухе (патент № 13117¹⁴). Сорт выведен в лаборатории цветоводства Ставропольского ботанического сада — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Сапфир. Мутация от облучения семян сорта Победа ^{60}Co мощностью поглощенной дозы в 50 Гр в 2013 году с последующими отборами. Относится к сорто типу черепитчатых (рис. 3). В период массового цветения высота растений достигает 80 см. Цветоносы прочные. Кусты сильнооблиственные, колонновидные, 20 см в диаметре. Листья при этом темно-зеленые и неопушенные. Соцветия располагаются в одной плоскости, длина центрального цветоноса и первого порядка — 40 см, второго и третьего — 15–20 см, полусферической формы, длина 8,0 см, диаметр 12–13 см. Соцветие светло-фиолетовое, густомахровое, плотное, со слабым ароматом. Сроки цветения очень ранние — с 20 августа, от начала цветения до потери декоративности — 40 дней. Сильная устойчивость к фузариозу и желтухе (патент № 13137¹⁵). Сорт выведен в лаборатории цветоводства Ставропольского ботанического сада — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Ладная. Сорт получен от Ладушки в 2015 году с последующими отборами. Относится к сорто типу Помпон (рис. 4). В период массового цветения высота растений достигает 60–65 см. Цветоносы прочные. Кусты сильнооблиственные, колонновидные, 20 см в диаметре. Листья при этом темно-зеленые и неопушенные. Соцветия располагаются на поверхности куста рассеянно, длина центрального цветоноса и первого порядка — 20–25 см, второго и третьего — 15 см. Соцветие полуокруглой формы, длина 2,5–3,0 см, диаметр 5,0 см, густомахровое, плотное, насыщенное пурпурно-розовое, со слабым ароматом. Сроки цветения очень ранние — с 15 августа, от начала цветения до потери декоративности — 40 дней. Сильная устойчивость к фузариозу и желтухе (патент № 13120¹⁶). Сорт выведен в лаборатории цветоводства Ставропольского ботанического сада — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Малинка. Мутация от облучения семян сорта Призма ^{60}Co мощностью поглощенной дозы в 50 Гр в 2013 году с последующими отборами. Относится к сорто типу пионовидных (рис. 5). В период массового цветения высота растений достигает 60 см. Цветоносы прочные. Кусты сильно облиственные, колонновидные, 25 см в диаметре. Листья при этом темно-зеленые и неопушенные. Соцветия располагаются в одной плоскости первого порядка, длина центрального цветоноса и первого порядка — 30–35 см, второго и третьего — 15 см. Соцветие полусферической формы, длина 5,0 см, диаметр 11,0 см, густомахровое, плотное, глубокое пурпурно-розовое, со слабым ароматом. Сроки цветения ранние — с 15 августа, от начала цветения до потери декоративности — 40 дней. Сильная устойчивость к фузариозу и желтухе (патент № 13118¹⁷). Сорт выведен в лаборатории цветоводства Ставропольского ботанического сада — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

¹⁴ Патент на селекционное достижение № 13117. Астра однолетняя *Callistephus chinensis* (L.) Nees Звезда Ставрополя. По заявке № 7755068 с датой приоритета 07.11.2022 / В.И. Кожевников, А.В. Кожевников, А.Н. Павлов, Н.В. Щегринцев, заявитель ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Зарегистрировано 19.10.2023. 1 с.

¹⁵ Патент на селекционное достижение № 13137. Астра однолетняя *Callistephus chinensis* (L.) Nees Сапфир. По заявке № 7755069 с датой приоритета 07.11.2022 / В.И. Кожевников, А.В. Кожевников, А.Н. Павлов, Н.В. Щегринцев, заявитель ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Зарегистрировано 23.10.2023.

¹⁶ Патент на селекционное достижение № 13120. Астра однолетняя *Callistephus chinensis* (L.) Nees Ладная. По заявке № 7755071 с датой приоритета 07.11.2022 / В.И. Кожевников, А.В. Кожевников, заявитель ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Зарегистрировано 19.10.2023.

Рис. 5. Астра однолетняя Малинка
Fig. 5. Aster is an annual Malinka



Рис. 6. Астра однолетняя Нежная
Fig. 6. Aster is an annual Nezhnaya



Рис. 7. Астра однолетняя Серебристая
Fig. 7. Aster is an annual Serebristaya



Нежная. Мутация от облучения семян сорта Утренняя заря ^{60}Co мощностью поглощенной дозы в 50 Гр в 2013 году с последующими отборами. Относится к сорто типу Радио (рис. 6). В период массового цветения высота растения достигает 60–70 см. Цветоносы прочные. Кусты сильно облиственные, колонновидные, 20 см в диаметре. Листья при этом темно-зеленые и неопушенные. Соцветия располагаются в одной плоскости первого порядка, длина центрального цветоноса и первого порядка — 40 см, второго и третьего — 15 см. Соцветие полусферической формы, длина 4,0 см, диаметр 10,0 см, сильно махровое, плотное, насыщенное пурпурно-розовое, со слабым ароматом. Сроки цветения ранние — с 20 августа, от начала цветения до потери декоративности — 40 дней. Сильная устойчивость к фузариозу и желтухе (патент № 1311¹⁸). Сорт выведен в лаборатории цветоводства Ставропольского ботанического сада — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Серебристая. Мутация от облучения семян сорта Победа ^{60}Co мощностью поглощенной дозы в 50 Гр в 2013 году с последующими отборами. Относится к сорто типу пионовидных (рис. 7).

В период массового цветения высота растений достигает 75 см. Цветоносы прочные. Кусты сильнооблиственные, колонновидные, сомкнутые, 20 см в диаметре. Листья при этом темно-зеленые и неопушенные. Соцветия располагаются на поверхности куста рассеянно, длина центрального цветоноса и первого порядка — 40 см, второго и третьего — 20 см. Соцветие полусферической формы, длина 8,0 см, диаметр 10,0 см, плотное, густомахровое, светло-фиолетовое, со слабым ароматом. Сроки цветения очень ранние — с 20 августа, от начала цветения до потери декоративности — 40 дней. Сильная устойчивость к фузариозу и желтухе (патент № 13116¹⁹). Сорт выведен в лаборатории цветоводства Ставропольского ботанического сада — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

За время научной работы получены авторские свидетельства и патенты на селекционные достижения 18 сортов астры однолетней, адаптированных к условиям Ставропольской возвышенности и устойчивых к биологическим и биотическим факторам внешней среды²⁰.

В Ставропольском ботаническом саду методом отбора спонтанных мутаций из существующих сортов и гибридных образцов или от свободного опыления выведены большая часть полученных сортов.

В 2020 году получены сорта с двухцветной окраской, выделены семьи, у которых отмечена форма соцветия, отсутствующая в современной классификации сортов астры однолетней. Работа в этом направлении будет продолжена.

Выводы/Conclusion

Эффективные мутации при воздействии коллицина от 0,83 до 8,0% возникли у трех сортов (Седая Дама, Яблунева, Прима) и 3 гибридных образцов (Леда, Утренняя Заря, Солнечная). Последующие поколения М2–М4 дали широкий спектр расщеплений по окраске и форме соцветия и форме куста. Селекционная работа в этом направлении продолжается.

У сорта Седая Дама изучаются линии двух цветов: первая — красно-пурпурная, вторая — фиолетово-синяя. Выявлены различия в описании соцветия, которые не позволяют отнести их к известным сорто типам.

При облучении семян астры установлена оптимальная мощность поглощенной дозы (0,9 Гр) с общей дозой облучения 20–90 Гр у сортов Прима, Победа, Облачко. В результате получены семьи, имеющие высокие декоративные качества и устойчивость к фузариозу и желтухе. В 2023 году на новые сорта универсального назначения Звезда Ставрополя, Сапфир, Малинка, Нежная, Ладная, Серебристая получены патенты на селекционные достижения, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ.

¹⁷ Патент на селекционное достижение № 13118. Астра однолетняя *Callistephus chinensis* (L.) Nees Малинка. По заявке № 7755072 с датой приоритета 07.11.2022 / В.И. Кожевников, А.В. Кожевников, заявитель ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Зарегистрировано 19.10.2023.

¹⁸ Патент на селекционное достижение № 13118. Астра однолетняя *Callistephus chinensis* (L.) Nees Нежная. По заявке № 7755070 с датой приоритета 07.11.2022 / В.И. Кожевников, А.В. Кожевников, заявитель ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Зарегистрировано 19.10.2023.

¹⁹ Патент на селекционное достижение № 13116. Астра однолетняя *Callistephus chinensis* (L.) Nees Серебристая. По заявке № 7755073 с датой приоритета 07.11.2022 / В.И. Кожевников, А.В. Кожевников, заявитель ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Зарегистрировано 19.10.2023.

²⁰ Кулинцев В.В., Батагова Е.А., Чумакова В.В. и др. Сорта и гибриды сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Каталог. 13-е изд., доп. Ставрополь. 2023; 209.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончарова С.В. Влияние регуляторов роста и способа выращивания рассады астры однолетней на развитие растений в условиях теплицы. *Аграрный вестник Урала*. 2014; (4): 68–70. <https://elibrary.ru/stilij>
2. Петрова А.Н. Северное декоративное садоводство. *Вузовская наука — основа подготовки агроспециалистов. Республиканская научно-практическая конференция*. Якутск. 2003; 55–58.
3. Борисова С.В., Владимирова С.А. Сортоиспытание астры китайской (*Callistephus chinensis*) в условиях Центральной Якутии. *Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию первого президента РС(Я) М.Е. Николаева (Николаевские чтения)*. Якутск: Знание-М. 2022; 875–880. <https://elibrary.ru/ulxonu>
4. Павлюк Н.А., Калинин В.А. Сортоиспытание астры садовой в Приморском крае. *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2023; 30: 10–15. <https://elibrary.ru/gmwwvp>
5. Чугаева И.А. Декоративная оценка сортов и гибридов астры однолетней при выращивании в почвенно-климатических условиях Пермского края. *Молодежная наука 2021: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и обучающихся, посвященной Году науки и технологий в Российской Федерации*. Пермь: Прокрост. 2021; 1: 187–190. <https://elibrary.ru/lmjdeb>
6. Соколова М.А., Кузичев О.Б., Гончарова С.В., Пугачева Г.М. Современные направления в селекции некоторых цветочных культур. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(2): 34–38. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10209>
7. Базилевская Н.А. Центры происхождения декоративных растений. *Вопросы эволюции, биогеографии, генетики и селекции*. Л.: Наука. 1963; 52–59.
8. Гончарова С.В., Шорников Д.Г. Влияние различных концентраций колицина на характер изменений морфологических признаков астры однолетней (*Callistephus chinensis* (L.) Nees). *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017; 49: 75–80. <https://elibrary.ru/yjzjeh>
9. Кожевников В.И., Щегринцев Н.В., Щепина Е.И., Денщик Е.А. Влияние ионизирующего излучения на декоративность некоторых сортов астры китайской. *Растительные ресурсы юга России. Сборник трудов*. Ставрополь: БИК Мастер. 2005; 87–89. <https://elibrary.ru/ukzqkd>
10. Ma L., Kong F., Sun K., Wang T., Guo T. From Classical Radiation to Modern Radiation: Past, Present, and Future of Radiation Mutation Breeding. *Frontiers in Public Health*. 2021; 9: 768071. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.768071>
11. Моссе И.Б., Морозик П.М. Генетические эффекты ионизирующей радиации. Минск: *Беларуская навука*. 2018; 299. ISBN 978-985-08-2284-0
12. Котов В.В. Создание сортов и обоснование технологии безрассадного выращивания семян астры однолетней для Центрально-Черноземной зоны России. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук*. М. 2004; 130.
13. Кузичева О.А., Кузичев О.Б. Основные направления селекции густомахровых форм астры однолетней. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2008; 41. 194–196. <https://elibrary.ru/owhcfj>
14. Wosińska A.V. Indukowanie promieniami gamma ^{60}Co zmienności modyfikacyjnej i mutacji u astry chińskiego (*Callistephus chinensis* Nees). *Acta Agrobotanica*. 1982; 35(2): 285–301. <https://doi.org/10.5586/aa.1982.029>
15. Бадахова Г.Х., Кнутас А.В. Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: *Краевые сети связи*. 2007; 270. ISBN 978-5-91228-012-2 <https://elibrary.ru/qkgclj>
16. Кожевников В.И., Кожевников А.В., Павлов А.Н. Возможности увеличения ассортимента астры однолетней при облучении источниками ионизирующего излучения ^{60}Co . *Вестник АПК Ставрополя*. 2017; (3): 38–42. <https://elibrary.ru/zjsdsv>
17. Brunner H. Radiation induced mutations for plant selection. *Applied Radiation and Isotopes*. 1995; 46(6–7): 589–594. [https://doi.org/10.1016/0969-8043\(95\)00096-8](https://doi.org/10.1016/0969-8043(95)00096-8)
18. Селиверстова Е.Н., Щегринцев Н.В. Перспективное гибридное поколение хризантемы мелкоцветковой Ставропольского ботанического сада. *Аграрная наука*. 2022; (6): 100–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-100-103>

REFERENCES

1. Goncharova S.V. The effect of growth regulators and method of raising annual aster transplants on glass-house plant development. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014; (4): 68–70 (in Russian). <https://elibrary.ru/stilij>
2. Petrova A.N. Northern decorative gardening. *University science is the basis for the training of agricultural specialists. Republican scientific and practical conference*. Yakutsk. 2003; 55–58 (in Russian).
3. Borisova S.V., Vladimirova S.A. Variety testing of Chinese aster (*Callistephus chinensis*) in Central Yakutia. *Strategy and prospects for the development of agrotechnologies and the forest complex of Yakutia until 2050. Collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian Scientific Conference with International Participation dedicated to the 100th anniversary of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic and the 85th anniversary of the First President of the Republic of Sakha (Yakutia) M.E. Nikolaev (Nikolaev Readings)*. Yakutsk: Znanie-M. 2022; 875–880 (in Russian). <https://elibrary.ru/ulxonu>
4. Pavlyuk N.A., Kalinkina V.A. Variety testing of annual aster in Primorsky Krai. *Byulleten Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN (Bulletin of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. 2023; 30: 10–15 (in Russian). <https://elibrary.ru/gmwwvp>
5. Chugaeva I.A. Decorative assessment of varieties and hybrids of *Callistephus chinensis* Nees when growing in soil and climatic conditions of the Perm Territory. *Youth Science: Technology, Innovation. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical conference of Young scientists, postgraduates and students dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation*. Perm: Prokrost. 2021; 1: 187–190 (in Russian). <https://elibrary.ru/lmjdeb>
6. Sokolova M.A., Kuzichev O.B., Goncharova S.V., Pugacheva G.M. Modern directions of plant breeding of several floral varieties. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(2): 34–38 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10209>
7. Bazilevskaya N.A. Centers of origin of ornamental plants. *Questions of evolution, biogeography, genetics and selection*. Leningrad: Nauka. 1963; 52–59 (in Russian).
8. Goncharova S.V., Shornikov D.G. The influence of different colchicine concentrations on aster annual (*Callistephus chinensis* (L.) Nees) morphological parameters variation. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2017; 49: 75–80 (in Russian). <https://elibrary.ru/yjzjeh>
9. Kozhevnikov V.I., Shchegrinets N.V., Shchepina E.I., Denshchik E.A. The influence of ionizing radiation on the decorative properties of some varieties of *Callistephus chinensis* Nees. *Plant resources of the south of Russia. Collection of works*. Stavropol: BiK Master. 2005; 87–89 (in Russian). <https://elibrary.ru/ukzqkd>
10. Ma L., Kong F., Sun K., Wang T., Guo T. From Classical Radiation to Modern Radiation: Past, Present, and Future of Radiation Mutation Breeding. *Frontiers in Public Health*. 2021; 9: 768071. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.768071>
11. Mosse I.B., Morozik P.M. Genetic effects of ionizing radiation. Minsk: *Belaruskaya navuka*. 2018; 299 (in Russian). ISBN 978-985-08-2284-0
12. Kotov V.V. Creation of varieties and justification of technology for seedless cultivation of *Callistephus chinensis* Nees. seeds for the Central Black Earth zone of Russia. PhD (Agricultural sciences) Thesis. Moscow. 2004; 130 (in Russian).
13. Kuzicheva O.A., Kuzichev O.B. The main directions of selection of densely double forms of *Callistephus chinensis* Nees. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2008; 41. 194–196 (in Russian). <https://elibrary.ru/owhcfj>
14. Wosińska A.V. Induction with ^{60}Co gamma rays of modification variability and mutation of China aster (*Callistephus chinensis* Nees). *Acta Agrobotanica*. 1982; 35(2): 285–301 (in Polish). <https://doi.org/10.5586/aa.1982.029>
15. Badakhova G.Kh., Knutas A.V. Stavropol Territory: modern climatic conditions. Stavropol: *Krayevyye seti svyazi*. 2007; 270 (in Russian). ISBN 978-5-91228-012-2 <https://elibrary.ru/qkgclj>
16. Kozhevnikov V.I., Kozhevnikov A.V., Pavlov A.N. Possibilities of increasing the variety of *Callistephus chinensis* due to the treatment with ionizing radiation source ^{60}Co . *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2017; (3): 38–42 (in Russian). <https://elibrary.ru/zjsdsv>
17. Brunner H. Radiation induced mutations for plant selection. *Applied Radiation and Isotopes*. 1995; 46(6–7): 589–594. [https://doi.org/10.1016/0969-8043\(95\)00096-8](https://doi.org/10.1016/0969-8043(95)00096-8)
18. Seliverstova E.N., Shchegrinets N.V. Perspective hybrid generation of chrysanthemum of the Stavropol Botanical Garden. *Agrarian science*. 2022; (6): 100–103 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-100-103>

ОБ АВТОРАХ

Владимир Иванович Кожевников

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник
sbs@fnac.center
<http://orcid.org/0009-0002-9924-2538>

Екатерина Николаевна Селиверстова

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
pion1993@list.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8167-3180>

Наталья Викторовна Щегринетц

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
aster22@list.ru
<http://orcid.org/0009-0004-8343-7423>

Антон Владимирович Кожевников

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
yeda84@mail.ru

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр,
ул. им. Никонova, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir Ivanovich Kozhevnikov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
sbs@fnac.center
<http://orcid.org/0009-0002-9924-2538>

Ekaterina Nikolaevna Seliverstova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
pion1993@list.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8167-3180>

Natalya Viktorovna Shchegrinets

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
aster22@list.ru
<http://orcid.org/0009-0004-8343-7423>

Anton Vladimirovich Kozhevnikov

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
yeda84@mail.ru

North Caucasus Federal Agricultural Research Center,
49 Nikonov Str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241,
Russia

АГРАРНАЯ
НАУКАAGRARIAN
SCIENCE

Ежемесячный научно-теоретический и производственный журнал выходит один раз в месяц.



Научно-теоретический и производственный журнал «Аграрная наука» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (K1, K2), в список Russian Science Citation Index (RSCI), в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в ядро РИНЦ, Белый список ВАК РФ, в список периодических изданий Международной базы данных AGRIS (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии).

Ознакомиться с информацией о перечне специальностей ВАК и итоговом распределении журналов по категориям можно здесь:



Приравнивание научных журналов, входящих в наукометрические базы данных, к журналам Перечня ВАК с распределением по категориям:



Согласно приведенным данным, журнал «Аграрная наука» относится к категории K1.

Подобную информацию о журнале можно получить у научного редактора М.Н. Долгой
+7 (495) 777 67 67 (доб. 1453)
dolgaya@vicgroup.ru

УДК 636.39.034, 637.12.04/.07

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-153-157

О.А. Воронина

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Подольск, Московская обл., Россия

✉ voroninaok-senia@inbox.ru

Поступила в редакцию: 25.07.2024

Одобрена после рецензирования: 08.11.2024

Принята к публикации: 22.11.2024

© Воронина О.А.

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-153-157

Oksana A. Voronina

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk, Moscow region, Russia

✉ voroninaok-senia@inbox.ru

Received by the editorial office: 25.07.2024

Accepted in revised: 08.11.2024

Accepted for publication: 22.11.2024

© Voronina O.A.

Множественные регрессионные модели для оценки содержания Zn в молоке коров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Регулярный ветеринарно-санитарный контроль безопасности и качества продукции животного происхождения не подразумевает исследование цинка. Хотя роль и значимость данного элемента во многом обусловлены его количеством. При этом содержание цинка в молоке непостоянно и обусловлено его содержанием в почвах и кормах, физиологией молочной коровы. После продолжительных исследований цинка в молоке мы рассчитали ряд уравнений множественной регрессии для прогнозирования уровня цинка по данным его биохимического анализа в целях минимизации затрат.

Методы. Анализ биохимических показателей молока коров выполнен с помощью системы MilkoScan 7 / Fossomatic 7 DC (Дания). Исследование цинка — на атомно-абсорбционном спектрометре с дейтериевой и Зеемановской коррекцией ZEEnit 650 P.

Результаты. Среднее содержание цинка в молоке установлено на уровне 3017,7 мкг/л. Степень влияния данных биохимического анализа на результирующую переменную (Zn) показала высокую значимость массовой доли жира, температуры замерзания и pH ($p = 0,006; 0,0001; 0,00003$ соответственно). Уравнение характеризуется высоким коэффициентом множественной корреляции (0,92) и значимо по F-критерию = 5,41E-43, скорректированное значение $R^2 = 0,83$, что можно считать хорошим результатом. Работа с регрессионными моделями прогнозирования позволяет провести предварительную оценку уровня цинка в молоке по данным его биохимического анализа без дополнительной финансовой нагрузки на производство и лучше контролировать его содержание в молоке.

Ключевые слова: молочное животноводство, молоко, цинк, регрессионный анализ

Для цитирования: Воронина О.А. Множественные регрессионные модели для оценки содержания Zn в молоке коров. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 153–157.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-153-157>

Multiple regression models for estimating the Zn content in cow's milk

ABSTRACT

Relevance. Regular veterinary and sanitary control of the safety and quality of animal products does not imply zinc testing. Although the role and importance of this element is largely due to its quantity. At the same time, the zinc content in milk is not constant and is due to its content in soils and feeds, and the physiology of a dairy cow. After extensive studies of zinc in milk, we calculated a number of multiple regression equations to predict zinc levels based on its biochemical analysis in order to minimize costs.

Methods. The analysis of biochemical parameters of cow's milk was performed using the MilkoScan 7 / Fossomatic 7 DC system (Denmark). Zinc was studied using an atomic absorption spectrometer with deuterium and Zeeman correction ZEEnit 650 P.

Results. The average zinc content in milk was set at 3017.7 mcg/l. The degree of influence of the biochemical analysis data on the resulting variable (Zn) showed the high importance of the variable's fat mass fraction, freezing point and pH ($p = 0.006, 0.0001, 0.00003$, respectively). The equation is characterized by a high multiple correlation coefficient (0.92) and is significant according to the F-criterion = 5,41E43, the adjusted value of $R^2 = 0.83$, which can be considered a good result. Working with regression forecasting models allows for a preliminary assessment of the zinc level in milk according to its biochemical analysis, without additional financial burden on production and better control of its content in milk.

Key words: dairy farming, milk, zinc, regression analysis

For citation: Voronina O.A. Multiple regression models for estimating the Zn content in cow's milk. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 153–157 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-153-157>

Введение/Introduction

Молоко и молочные продукты являются неотъемлемой частью питания человека [1, 2]. Его компоненты (белки, жиры, аминокислоты, незаменимые жирные кислоты (ЖК), витамины, макро- и микроэлементы, другие биологически активные соединения) составляют основное ядро биохимии обмена в организме [3–5]. При этом в ряде реакций ключевые роли остаются за макро- и микроэлементами [6]. Например, цинк в клетках эритроидного ряда работает как молекулярный переключатель, управляющий их развитием и жизнеспособностью, входит в состав каталитического центра или выступает структурным компонентом критически значимых металлопротеинов метаболизма эритроцитов, включая дегидратазу δ -аминолевулиновой кислоты (биосинтез гема) и супероксиддисмутазу 1 (антиоксидантная защита) [7].

Эффективность применения цинка доказана медицинскими исследованиями в профилактике и лечении [8]. В ветеринарных и зоотехнических науках, помимо этого, цинк применяют в качестве добавки для целей повышения продуктивности [10]. Исследования ряда авторов показали, что сульфат Zn в оболочке как дополнительный источник элемента стимулирует ферментацию в рубце, переваривание и повышает продуктивность молочных коров [9].

Применение цинка в форме оксида повышает качество молока для переработки, существенно снижает количество соматических клеток и повышает устойчивость липидов молока к окислению, что важно для хранения и переработки. По-видимому, отчасти это происходит за счет изменения в соотношении ЖК (снижения концентрации насыщенных, повышения ненасыщенных олеиновой, вакценовой, руменовых кислот), повышения концентрации карбоновых кислот, альдегидов и сложных эфиров [10].

Особенность метаболизма Zn заключается в том, что элемент плохо депонируется организмом и токсичен в избытке [11–13], что требует его регулярного поступления в оптимальных дозах [14–16]. Это важно в вопросах ветеринарно-санитарного контроля безопасности продукции животного происхождения и профилактики микроэлементозов молочных коров. При этом различные системы управления молочно-товарными фермами по-разному подходят к вопросам контроля микроэлементов. Безусловно, оптимально учитывать их состав во всех критически важных объектах хозяйственной деятельности — почве, урожае, кормах, организме и продукции [17–20], что учитывают и прогнозируют еще на этапе планирования, для чего с успехом применяются методы математического моделирования.

В работе авторы предлагают простую модель регрессионного анализа для регулярного мониторинга уровня Zn в молоке по данным о его пищевой ценности и физико-химических свойствах.

Модели регрессионного анализа успешно применяются при исследованиях в агропромышленном комплексе [21–23]. Например, методика линейного описания экстерьерных статей позволяет определять породные (индивидуальные) особенности телосложения животных молочного типа, что повышает качество

селекционной работы [21], генно-биометрические модели макроэкономических процессов в племенном животноводстве [22] используют в зонах рискованного земледелия [23]. Активно используются методы генного прогнозирования, в том числе для малонаследуемых репродуктивных признаков [24]. Опираясь на корреляционный анализ, установлены положительные корреляции для Pb-белка, Cr-протеина и Cd-лактозы [25].

Цель данной работы — прогнозирование содержания цинка в молоке с помощью модели уравнения множественной регрессии на базе данных по биохимическому составу.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Отбор образцов молока производили у здоровых коров второй лактации черно-пестрой породы из Племенного завода «Ладожское» (Краснодарский край, Россия) в 2022–2023 году.

Содержание привязное с выгулами в летнем лагере ($n = 110$).

Во время контрольных доек отбирали среднюю пробу молока согласно ГОСТ 26809.1¹.

Биохимический анализ показателей молока коров выполнен по ГОСТ 32255-2013² с помощью системы MilkoScan 7 / Fossomatic 7 DC (Дания).

Исследование цинка выполнено методом атомно-абсорбционной спектроскопии на анализаторе ZEE nit 650 P (Analytik Jena, Германия).

Статистическую обработку данных, корреляционный анализ и построение множественной регрессионной модели осуществляли в программе Microsoft Excel при помощи пакета «Анализ данных» (Microsoft, США).

Прогнозируемый показатель — содержание Zn в молоке коров; независимые переменные для прогноза — массовая доля жира (МДЖ), массовая доля белка истинного (МДБи), массовая доля белка общего (МДБо), лактоза (Л), сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), сухое вещество (СВ), точка замерзания (ТЗ), кислотность (pH).

Вид модели множественной регрессии линейный:

$$Zn = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n,$$

где: b_0 — сдвиг; b_1 – n — коэффициенты отклонения для переменных x_1 – n .

Распределение данных на нормальность определяли по критерию теста Харке — Бера³. Значения и оценка коэффициентов регрессии выполнены по методу наименьших квадратов. Проверку качества уравнения регрессии проводили по коэффициенту детерминации (R^2), F-статистики и ее вероятности.

Оценку значимости каждого фактора и достоверность коэффициентов линейной регрессии определяли с помощью t-статистики. Оценку мультиколлинеарности проводили по матрице корреляций и фактору инфляции дисперсии (ФИД)⁴ для каждого параметра в конкретном уравнении.

¹ ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты.

² ГОСТ 32255-2013 Молоко и молочные продукты. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора.

³ Заяц О.А. Прогнозирование объемов производства молока на основе сезонной ARIMA-модели. Фундаментальные исследования. 2019; (6): 61–66.

⁴ Курихара С., Маруяма А. Статистика в рисунках. М.: ДМК Пресс. 2021; 304.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты анализа первичных данных представлены в таблице 1.

Нормальность распределения данных подтвердили для всех показателей, кроме цинка по тесту Харке — Бера (табл. 1). Подбор модели прогнозирования уровня цинка проводили без исключения выбросов (уравнения 15).

Изначально при построении регрессионной модели для вычисления содержания Zn в молоке коров были учтены все данные биохимического анализа молока. Модель уравнения 1 включает константу и имеет коэффициент множественной корреляции ниже 0,50, хотя и значима по F-критерию. Полученные коэффициенты для константы, МДЖ, МДБи, МДБо, лактозы, СОМО и СВ — незначимы по t-критерию Стьюдента и имеют высокие (более 10) фактор инфляции дисперсии (ФИД), кроме переменных ТЗ и Рн.

$$Zn = -899 + 3893 \times \text{МДЖ} + 8516 \times \text{МДБи} - 9992 \times \text{МД} - \text{Бо} + 161 \times \text{Л} + 4635 \times \text{СОМО} - 3630 \times \text{СВ} - 67 \times \text{ТЗ} + 5233 \times \text{рН} \quad (1)$$

$p = 0,96; 0,14; 0,31; 0,31; 0,96; 0,25; 0,18; 0,001; 0,06$ соответственно

ФИД = 317,51; 723,62; 840,02; 17,39; 210,77; 491,68; 2,10; 1,64 соответственно

Модель уравнения 2 построена без константы. Это позволило повысить значение множественной корреляции на 0,47, нормированного R^2 — на 0,69 (табл. 1), подтвердило значимость по F-критерию и незначительно повлияло на параметры оценки переменных. При этом основная масса задействованных в расчетах переменных по-прежнему незначима.

$$Zn = 3958,7 \times \text{МДЖ} + 8538,1 \times \text{МДБи} - 10019,2 \times \text{МДБо} + 172,9 \times \text{Л} + 4709,4 \times \text{СОМО} - 3698,9 \times \text{СВ} - 67,4 \times \text{ТЗ} + 5121,6 \times \text{рН} \quad (2)$$

$p = 0,07; 0,30; 0,30; 0,95; 0,20; 0,11; 0,0002; 0,0004$ соответственно

ФИД = 227,70; 727,80; 844,74; 17,42; 179,15; 351,22; 1,55; 0,43 соответственно

Далее усовершенствование полученных моделей проводили решением проблемы мультиколлинеарности, исключив взаимосвязанные дублирующие факторы, находящиеся между собой в линейной зависимости, что определяли по коэффициенту корреляции (если $r \geq 0,7$, одну из переменных исключали).

Для переменных установили: МДЖ и СВ ($r = 0,91$); МДБи и МДБо ($r = 1,00$); СВ и МДБи/МДБо ($r = 0,67 / r = 0,67$); СОМО и МДБи/МДБо ($r = 0,91 / r = 0,92$). После исключения в модели остались: МДЖ, МДБи, лактоза, ТЗ, рН.

Для уравнения 3 константу вернули, для уравнения 4 исключили.

$$Zn = -13734,3 + 395,1 \times \text{МДЖ} + 468,1 \times \text{МДБи} + 624,5 \times \text{Л} - 59,3 \times \text{ТЗ} + 6431,8 \times \text{рН} \quad (3)$$

$p = 0,39; 0,01; 0,23; 0,48; 0,001; 0,01$ соответственно
ФИД = 1,25; 1,49; 1,87; 1,49; 4,02 соответственно

Модель уравнения 3 с константой имеет коэффициент множественной корреляции менее 0,50 и значима

по F-критерию. Полученные коэффициенты для МДЖ, ТЗ, рН значимы по t-критерию Стьюдента и имеют ФИД менее 10.

$$Zn = 394 \times \text{МДЖ} + 534,5 \times \text{МДБи} + 841,7 \times \text{Л} - 64,6 \times \text{ТЗ} + 4583,4 \times \text{рН} \quad (4)$$

$p = 0,01; 0,16; 0,31; 0,0001; 0,001$ соответственно
ФИД = 1,26; 1,44; 1,73; 1,30; 1,17 соответственно

Модель уравнения 4 построена без константы, что позволило повысить значение множественной корреляции на 0,58, нормированного R^2 — на 0,66 (табл. 1). Уравнение значимо по F-критерию, полученные коэффициенты для МДЖ, ТЗ и рН значимы по t-критерию Стьюдента и ФИД.

В модели 5 исключили незначимые переменные по t-критерию Стьюдента — МДБи и лактозу.

$$Zn = 420,4 \times \text{МДЖ} - 55,2 \times \text{ТЗ} + 4684,0 \times \text{рН} \quad (5)$$

$p = 0,006; 0,0001; 0,00003$ соответственно.
ФИД = 1,15; 0,97; 0,72 соответственно.

Уравнения 2, 4 и 5 равноценны при сравнении нормированного R^2 и значимы по F-критерию. Самое простое (с меньшим количеством переменных) — уравнение 5. Кроме того, после исключения незначимых

Таблица 1. Описательная статистика для данных физико-химических показателей молока и уровня цинка (n = 110)

Table 1. Descriptive statistics for data on physico-chemical parameters of milk and zinc levels (n = 110)

Ед. изм.	МДЖ	МДБи	МДБо	Л	СОМО	СВ	ТЗ	рН	Zn
	%	%	%	%	%	%			мкг/л
μ	3,33	3,09	3,26	4,89	8,94	12,12	529,61	6,58	3018,65
Se	0,08	0,04	0,04	0,02	0,04	0,10	0,88	0,01	137,45
Me	3,26	3,05	3,23	4,93	8,94	12,085	530,5	6,59	2938
Mo	3,06	3,46	3,04	4,97	8,77	13,41	534	6,6	3020
Q	0,9	0,4	0,4	0,2	0,5	1,0	9,2	0,1	1441,56
S_2	0,8	0,2	0,1	0,0	0,2	1,1	85,0	0,0	2 078 102,31
Ex	7,6	-0,5	-0,5	6,5	-0,4	0,7	0,1	1,1	0,99
As	1,4	0,3	0,3	-1,7	0,1	0,4	-0,8	0,1	0,82
Min	1,35	2,26	2,5	3,98	7,92	9,83	502	6,43	793,2
Max	8,14	4,19	4,27	5,35	10,17	15,75	545	6,79	8120
CV	26	13	12	4	5	9	2	1	48
Q1	2,84	2,74	2,96	4,83	8,59	11,32	524,25	6,55	2081,00
Q3	3,84	3,39	3,54	4,99	9,25	12,79	536,75	6,62	3620,00
R	6,79	1,93	1,77	1,37	2,25	5,92	43	0,36	7326,8
IQR	1,0	0,6	0,6	0,2	0,7	1,5	12,5	0,1	1539,0
lim	6,03	1,85	1,71	1,34	1,28	1,60	1,09	1,06	10,24
JB	2,75	0,02	0,01	0,36	0,01	0,07	1,19	0,00	234,86
p-value	0,25	0,99	0,99	0,83	1,00	0,97	0,55	1,00	0,00

Примечание: μ — среднее значение, Se — стандартная ошибка, Me — медиана, Mo — мода, Q — стандартное отклонение, S_2 — дисперсия выборки, Ex — эксцесс, As — асимметричность, Min — минимум, Max — максимум, CV — коэффициент вариации, Q1 — первый квартиль, Q3 — третий квартиль, R — размах, IQR — межквартильный размах, lim — лимит, JB — критерий теста Харке — Бера на нормальность распределения данных, p-value — оценка нормальности распределения показателей: если p-значение больше 0,05, принимаем нулевую гипотезу (распределение нормальное).

Note: μ is the average value, Se is the standard error, Me is the median, Mo is the mode, Q is the standard deviation, S_2 is the sample variance, Ex is the kurtosis, As is the asymmetry, Min is the minimum, Max is the maximum, CV is the coefficient of variation, Q1 is the first quartile, Q3 is the third quartile, R is the range, IQR is the quarterly range, lim is the limit, JB is the criterion of the Harkeber test for the normality of the data distribution, p-value is the assessment of the normality of the distribution of indicators: if the p-value is greater than 0.05, we accept the null hypothesis (the distribution is normal).

Таблица 2. Регрессионная статистика и данные дисперсионного анализа

Table 2. Regression statistics and variance analysis data

Вывод итогов	1	2	3	4	5
Регрессионная статистика					
Множественный R	0,45	0,92	0,43	0,92	0,92
R ²	0,21	0,85	0,19	0,85	0,85
Нормированный R ²	0,14	0,83	0,15	0,83	0,83
Стандартная ошибка	1334,33	1327,79	1329,72	1328,04	1332,66
Наблюдения	110	110	110	110	110
Значимость F	0,002	7,05E-39	0,0005	2,76E-41	5,41E-43

Примечание: 1 — модель без исключения дублирующих факторов с константой; 2 — модель без исключения дублирующих факторов, без константы; 3 — модель с исключением дублирующих факторов с константой; 4 — модель с исключением дублирующих факторов, без константы; 5 — модель с исключением дублирующих и незначимых факторов, без константы.

Note: 1 — a model without exclusion of duplicate factors with a constant; 2 — a model without exclusion of duplicate factors, without a constant; 3 — a model with exclusion of duplicate factors with a constant; 4 — a model with exclusion of duplicate factors, without a constant; 5 — a model with exclusion of duplicate and insignificant factors, without a constant.

по t-критерию Стьюдента переменных для МДЖ, ТЗ и рН остаются приемлемыми значения r и ФИД.

В таблице 2 приведены «меры согласия» для описанных выше моделей и оценка их взаимосвязи с исходными данными.

При апробации полученных уравнений и сопоставлении расчетных результатов с фактическими данными прибора статистически значимых различий не обнаружено ($p = 0,66$, $p = 0,86$, $p = 0,99$, $p = 0,89$, $p = 0,99$ для уравнений 1–5 соответственно), полученные методом расчетов данные ложатся в диапазон между первым (2081,0 мкг/л) и третьим (3620 мкг/л) квартилем фактически полученных результатов.

Все полученные модели регрессионного уравнения позволяют удовлетворительно описать среднее

значение уровня Zn в молоке для исследуемой популяции. Наиболее предпочтительно уравнение 5.

Выводы/Conclusion

Уровень Zn в молоке коров зависит от большого количества факторов — как внешних, так и внутренних. Межквартальный размах в группе по данному показателю составил 1539,0 мкг/л (коэффициент вариации (КВ) 48%). При этом данные биохимического анализа молока (МДБи, МДБо, лактоза и т. д.) более консервативны КВ для МДБи, МДБо, лактозы, СОМО, СВ, ТЗ, рН, менее 15%, за исключением МДЖ, где КВ составил 26%.

Выявление и ранжирование факторов биохимического анализа по степени их влияния на результирующую переменную (Zn) показали высокую значимость переменных МДЖ, ТЗ и рН в лучшей из полученных моделей регрессионного уравнения 5. Для этой же модели все полученные коэффициенты значимы по t-критерию Стьюдента. Во многом этому способствовало исключение дублирующих факторов при решении проблемы мультиколлинеарности после анализа матрицы коэффициентов корреляции и контроля по фактору инфляции дисперсии для каждой из переменных в разных вариантах уравнения.

Разработка и применение регрессионных уравнений могут стать существенным подспорьем при прогнозировании уровня обеспечения молочных коров Zn в среднем по стаду и поступления его в продукцию. Полученные модели могут быть доработаны и усовершенствованы при получении новых данных.

Поскольку уровень Zn будет в значительной степени зависеть от фактора кормления, коррекцию результатов анализа фактического и математического лучше проводить параллельно со сменой рациона или какого-либо из компонентов рациона, хотя вопросы кормления и не были затронуты в ходе работы.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
Автор несет ответственность за плагиат.
Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data.
The author is responsible for plagiarism.
The author declared no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания № 124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of state task No. 124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Khan I.T., Nadeem M., Imran M., Ullah R., Ajmal M., Jaspal M.H. Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in Health and Disease*. 2019; 18: 41. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>
2. Clark S., García M.B.M. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 10026–10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>
3. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 2004; 51(2): 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>
4. Silanikove N., Leitner G., Merin U., Prosser C.G. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*. 2010; 89(2–3): 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
5. Verruck S., Dantas A., Prudencio E.S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*. 2019; 52: 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
6. Olechnowicz J., Tinkov A., Skalny A., Suliburska J. Zinc status is associated with inflammation, oxidative stress, lipid, and glucose metabolism. *The Journal of Physiological Sciences*. 2018; 68(1): 19–31. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0571-7>
7. Kim J., Lee J., Ryu M.-S. Cellular Zinc Deficiency Impairs Heme Biosynthesis in Developing Erythroid Progenitors. *Nutrients*. 2023; 15(2): 281. <https://doi.org/10.3390/nu15020281>

REFERENCES

1. Khan I.T., Nadeem M., Imran M., Ullah R., Ajmal M., Jaspal M.H. Antioxidant properties of Milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in Health and Disease*. 2019; 18: 41. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>
2. Clark S., García M.B.M. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 10026–10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>
3. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 2004; 51(2): 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>
4. Silanikove N., Leitner G., Merin U., Prosser C.G. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*. 2010; 89(2–3): 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
5. Verruck S., Dantas A., Prudencio E.S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*. 2019; 52: 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
6. Olechnowicz J., Tinkov A., Skalny A., Suliburska J. Zinc status is associated with inflammation, oxidative stress, lipid, and glucose metabolism. *The Journal of Physiological Sciences*. 2018; 68(1): 19–31. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0571-7>
7. Kim J., Lee J., Ryu M.-S. Cellular Zinc Deficiency Impairs Heme Biosynthesis in Developing Erythroid Progenitors. *Nutrients*. 2023; 15(2): 281. <https://doi.org/10.3390/nu15020281>

8. Banaszak M., Górna I., Przysławski J. Zinc and the Innovative Zinc- α 2-Glycoprotein Adipokine Play an Important Role in Lipid Metabolism: A Critical Review. *Nutrients*. 2021; 13(6): 2023. <https://doi.org/10.3390/nu13062023>
9. Wang C. *et al.* Effects of zinc sulfate and coated zinc sulfate on lactation performance, nutrient digestion and rumen fermentation in Holstein dairy cows. *Livestock Science*. 2021; 251: 104673. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104673>
10. Ianni A., Innosa D., Martino C., Grotta L., Bennato F., Martino G. Zinc supplementation of Friesian cows: Effect on chemical-nutritional composition and aromatic profile of dairy products. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(4): 2918–2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15868>
11. Hill G.M., Shannon M.C. Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*. 2019; 188(1): 148–159. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1578-5>
12. Burmistrov D.E. *et al.* Bacteriostatic and cytotoxic properties of composite material based on ZnO nanoparticles in PLGA obtained by low temperature method. *Polymers*. 2022; 14(1): 49. <https://doi.org/10.3390/polym14010049>
13. Gudkov S.V. *et al.* A mini review of antibacterial properties of ZnO nanoparticles. *Frontiers in Physics*. 2021; 9: 641481. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.641481>
14. Воронина О.А., Боголюбова Н.В., Зайцев С.Ю. Минеральные элементы в составе молока коров. Мини-обзор. *Сельскохозяйственная биология*. 2022; 57(4): 681–693. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.4.681rus>
15. Hassan A., Sada K.-K., Ketheeswaran S., Dubey A.K., Bhat M.S. Role of Zinc in Mucosal Health and Disease: A Review of Physiological, Biochemical, and Molecular Processes. *Cureus*. 2020; 12(5): e8197. <https://doi.org/10.7759/cureus.8197>
16. Дубовец Н.И., Казнина Н.М., Орловская О.А., Сычева Е.А. Проблема дефицита цинка в рационе питания населения и биотехнологические подходы к ее решению. *Молекулярная и прикладная генетика*. 2021; 31: 147–158. <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2021-31-147-158>
17. Акимов С.С. Моделирование продуктивности хозяйства молочного животноводства. *Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление*. 2022; (1): 25–32. <https://doi.org/10.18137/RNU.V9I187.22.01.P.025>
18. Munir N. *et al.* Heavy metal contamination of natural foods is a serious health issue: a review. *Sustainability*. 2022; 14(1): 161. <https://doi.org/10.3390/su14010161>
19. Gudkov S.V. *et al.* Do iron oxide nanoparticles have significant antibacterial properties?. *Antibiotics*. 2021; 10(7): 884. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070884>
20. Kuramshina N. *et al.* Heavy metals content in meat and milk of Orenburg region of Russia. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(1): 1031–1035. <https://www.elibrary.ru/zsxhdf>
21. Конта А.Ф., Игнатиева Л.П. Многофакторный регрессионный анализ показателей типа телосложения коров-первотелок черно-пестрой голштинизированной породы Подмоховья. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (4): 226–231. <https://www.elibrary.ru/pohzqo>
22. Катков К.А., Скорых Л.Н., Паштетский В.С., Остапчук П.С., Кувейда Т.А. Математические методы в племенной оценке мелкого рогатого скота. *Юр России: экология, развитие*. 2019; 14(3): 101–110. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-3-101-110>
23. Бястинова Л.М. Использование многофакторных регрессионных моделей при прогнозировании в сфере сельского хозяйства Якутии. *Экономика и природопользование на Севере*. 2023; (4): 102–110. <https://doi.org/10.25587/2587-8778-2023-4-102-110>
24. Melnikova E. *et al.* Application of Genomic Data for Reliability Improvement of Pig Breeding Value Estimates. *Animals*. 2021; 11(6): 1557. <https://doi.org/10.3390/ani11061557>
25. Zhou X., Zheng N., Su C., Wang J., Soyeurt H. Relationships between Pb, As, Cr, and Cd in individual cows' milk and milk composition and heavy metal contents in water, silage, and soil. *Environmental Pollution*. 2019; 255(2): 113322. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113322>
8. Banaszak M., Górna I., Przysławski J. Zinc and the Innovative Zinc- α 2-Glycoprotein Adipokine Play an Important Role in Lipid Metabolism: A Critical Review. *Nutrients*. 2021; 13(6): 2023. <https://doi.org/10.3390/nu13062023>
9. Wang C. *et al.* Effects of zinc sulfate and coated zinc sulfate on lactation performance, nutrient digestion and rumen fermentation in Holstein dairy cows. *Livestock Science*. 2021; 251: 104673. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104673>
10. Ianni A., Innosa D., Martino C., Grotta L., Bennato F., Martino G. Zinc supplementation of Friesian cows: Effect on chemical-nutritional composition and aromatic profile of dairy products. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(4): 2918–2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15868>
11. Hill G.M., Shannon M.C. Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*. 2019; 188(1): 148–159. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1578-5>
12. Burmistrov D.E. *et al.* Bacteriostatic and cytotoxic properties of composite material based on ZnO nanoparticles in PLGA obtained by low temperature method. *Polymers*. 2022; 14(1): 49. <https://doi.org/10.3390/polym14010049>
13. Gudkov S.V. *et al.* A mini review of antibacterial properties of ZnO nanoparticles. *Frontiers in Physics*. 2021; 9: 641481. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.641481>
14. Voronina O.A., Bogolyubova N.V., Zaitsev S.Yu. Mineral composition of cow milk. A mini review. *Agricultural Biology*. 2022; 57(4): 681–693. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.4.681eng>
15. Hassan A., Sada K.-K., Ketheeswaran S., Dubey A.K., Bhat M.S. Role of Zinc in Mucosal Health and Disease: A Review of Physiological, Biochemical, and Molecular Processes. *Cureus*. 2020; 12(5): e8197. <https://doi.org/10.7759/cureus.8197>
16. Dubovets N.I., Kaznina N.M., Orlovskaya O.A., Sycheva E.A. Problem of zinc deficiency in a diet of the population and biotechnological approaches to its solution. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*. 2021; 31: 147–158 (in Russian). <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2021-31-147-158>
17. Akimov S.S. Modeling the productivity of the dairy livestock farm. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex systems: models, analysis, management*. 2022; (1): 25–32 (in Russian). <https://doi.org/10.18137/RNU.V9I187.22.01.P.025>
18. Munir N. *et al.* Heavy metal contamination of natural foods is a serious health issue: a review. *Sustainability*. 2022; 14(1): 161. <https://doi.org/10.3390/su14010161>
19. Gudkov S.V. *et al.* Do iron oxide nanoparticles have significant antibacterial properties?. *Antibiotics*. 2021; 10(7): 884. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070884>
20. Kuramshina N. *et al.* Heavy metals content in meat and milk of Orenburg region of Russia. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(1): 1031–1035. <https://www.elibrary.ru/zsxhdf>
21. Konte A.F., Ignatieva L.P. Multifactorial regression analysis of cow body type indicators of first calf of the Black-and-White Holsteinized breed of the Moscow region. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020; (4): 226–231 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pohzqo>
22. Katkov K.A., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Ostapchuk P.S., Kuevda T.A. Mathematical methods in the breeding evaluation of small horned ruminants. *South of Russia: ecology, development*. 2019; 14(3): 101–110 (in Russian). <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-3-101-110>
23. Byastinova L.M. The use of Multifactor Regression Models in Forecasting in the Agricultural Sector of Yakutia. *Economy and nature management in the North*. 2023;(4): 102–110 (in Russian). <https://doi.org/10.25587/2587-8778-2023-4-102-110>
24. Melnikova E. *et al.* Application of Genomic Data for Reliability Improvement of Pig Breeding Value Estimates. *Animals*. 2021; 11(6): 1557. <https://doi.org/10.3390/ani11061557>
25. Zhou X., Zheng N., Su C., Wang J., Soyeurt H. Relationships between Pb, As, Cr, and Cd in individual cows' milk and milk composition and heavy metal contents in water, silage, and soil. *Environmental Pollution*. 2019; 255(2): 113322. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113322>

ОБ АВТОРАХ

Оксана Александровна Воронина

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
voroninaok-senia@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Oksana Alexandrovna Voronina

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
voroninaok-senia@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy settlement, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

К.В. Костенко¹А.В. Блинов¹Ф.А. Пойдун¹М.А. Пирогов¹ ✉А.М. Серов¹М.Б. Ребезов^{2, 3}¹Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ pirogov.m.2002@gmail.com

Поступила в редакцию: 21.08.2024

Одобрена после рецензирования: 08.11.2024

Принята к публикации: 22.11.2024

© Костенко К.В., Блинов А.В., Пойдун Ф.А.,
Пирогов М.А., Серов А.В., Ребезов М.Б.Konstantin V. Kostenko¹Andrey V. Blinov¹Philip A. Poydun¹Maxim A. Pirogov¹ ✉Alexander M. Serov¹Maksim B. Rebezov^{2, 3}¹North Caucasus Federal University,
Stavropol, Russia²Gorbatov Research Center for Food Systems,
Moscow, Russia³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg,
Russia

✉ pirogov.m.2002@gmail.com

Received by the editorial office: 21.08.2024

Accepted in revised: 08.11.2024

Accepted for publication: 22.11.2024

© Kostenko K.V., Blinov A.V., Poydun F.A.,
Pirogov M.A., Serov A.V., Rebezov M.B.

Функциональный напиток на основе восстановленной сухой молочной сыворожки и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента — цинка

РЕЗЮМЕ

В данной работе получен функциональный напиток на основе восстановленной сухой молочной сыворожки и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента — цинка. Синтез проводился путем механического смешивания 3-пиридинкарбоксамида, L-лизина моногидрохлорида, гидроксида бария 8-водного и сульфата цинка 7-водного с добавлением 30 мл дистиллированной воды. Далее был получен спектр поглощения образца, с помощью которого определен максимум полосы поглощения тройного хелатного комплекса ($\lambda = 260$ нм). На следующем этапе было проведено компьютерное квантово-химическое моделирование, в результате которого определено, что взаимодействие эссенциального микроэлемента (цинка) с 3-пиридинкарбоксамидом и L-лизинном происходит через вторичную аминогруппу и карбоксильную группу и через карбоксильную группу и α -аминогруппу соответственно. Затем была проведена оптимизация методики синтеза тройного хелатного комплекса. С помощью нейросетевой обработки данных установлено, что оптимальными концентрациями компонентов являются: C (ZnSO_4) = 0,376 моль/л, C ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) = 0,545 моль/л, C ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$) = 0,528 моль/л. Далее был получен функциональный молочный напиток, содержащий 7,5% молочной сыворожки, 7,5% мелассы молочной и 0,13 мл комплекса. Потом напиток подвергался УЗ-обработке с различной амплитудой. Далее были исследованы титруемая кислотность, электропроводность, pH, антиоксидантная активность и средний гидродинамический радиус. В результате установлено, что при добавлении тройного хелатного комплекса в состав функционального молочного напитка, а также при максимальной амплитуде УЗ-обработки наблюдаются увеличение титруемой кислотности, электропроводности, уменьшение антиоксидантной активности и среднего гидродинамического радиуса, что позволяет сделать вывод о пользе использования комплекса, проведения УЗ-обработки с максимальной амплитудой. На следующем этапе была проведена органолептическая оценка полученного функционального напитка, в результате которой установлено, что для внедрения на предприятия молочной промышленности рекомендуется использовать образец, обогащенный хелатным комплексом цинка, который подвергался УЗ-обработке с максимальной амплитудой.

Ключевые слова: эссенциальный микроэлемент цинк, сухая молочная сыворожка, тройной хелатный комплекс

Для цитирования: Костенко К.В., Блинов А.В., Пойдун Ф.А., Пирогов М.А., Серов А.М., Ребезов М.Б. Функциональный напиток на основе восстановленной сухой молочной сыворожки и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента — цинка. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 158–165.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-158-165>

A functional drink based on reconstituted whey powder and a triple chelate complex of the essential trace element zinc

ABSTRACT

In this work, a functional drink was obtained based on reconstituted dry whey and a triple chelate complex of the essential trace element zinc. The synthesis was carried out by mechanically mixing 3-pyridinecarboxamide, L-lysine monohydrochloride, barium hydroxide 8-aqueous and zinc sulfate 7-aqueous with the addition of 30 ml of distilled water. Next, the absorption spectrum of the sample was obtained, using which the maximum of the absorption band of the triple chelate complex ($\lambda = 260$ nm) was determined. At the next stage, computer quantum-chemical modeling was carried out, as a result of which it was determined that the interaction of the essential trace element zinc with 3-pyridinecarboxamide and L-lysine occurs through the secondary amino group and carboxyl group and through the carboxyl group and α -amino group, respectively. Then, optimization of the synthesis technique of the triple chelate complex was carried out. Using neural network data processing, it was found that the optimal concentrations of the components are: C (ZnSO_4) = 0.376 mol/l, C ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) = 0.545 mol/l, C ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$) = 0.528 mol/l. Next, a functional milk drink was obtained containing 7.5% whey, 7.5% molasses and 0.13 ml of the complex. Then the drink was subjected to ultrasonic treatment with different amplitudes. Then, titratable acidity, electrical conductivity, pH, antioxidant activity and average hydrodynamic radius were studied. As a result, it was found that when adding a triple chelate complex to the functional milk drink, as well as at the maximum amplitude of ultrasound treatment, an increase in titratable acidity, electrical conductivity, antioxidant activity and a decrease in the average hydrodynamic radius are observed, which allows us to conclude that the use of the complex is beneficial, as well as conducting ultrasound treatment with maximum amplitude. At the next stage, an organoleptic assessment of the resulting functional drink was carried out, as a result of which it was found that for implementation in dairy industry enterprises, it is recommended to use a sample enriched with a chelate zinc complex, which was subjected to ultrasound treatment with maximum amplitude.

Key words: essential trace element, zinc, whey powder, triple chelate complex

For citation: Kostenko K.V., Blinov A.V., Poydun F.A., Pirogov M.A., Serov A.M., Rebezov A.B. A functional drink based on reconstituted whey powder and a triple chelate complex of the essential trace element — zinc. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 158–165 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-158-165>

Введение/Introduction

В последнее время появляются запросы на натуральные и сбалансированные в аспекте микро-, макроэлементного и нутриентного состава продукты питания, повышается спрос на функциональность¹ продуктов питания [1–5].

Молочная сыворотка обладает высокой усвояемостью, содержит большое количество микроэлементов, таких как натрий, калий, кальций, магний, фосфор и хлор [6].

Интересной особенностью молочной сыворотки является тот факт, что она, являясь отходом производства, по сути представляет собой относительно дешевое вторичное сырье [7, 8].

Рациональный способ внедрения молочной сыворотки — ее вторичное использование для изготовления продукта, несущего ценность для потребителя² [9–11].

Меласса молочная представляет собой продукт, содержащий лактозу, лактулозу, в ее составе присутствуют магний, кальций, фосфор и другие микроэлементы, характерные для молочной продукции. Лактулоза, содержащаяся в мелассе, представляет собой изомер лактозы, который производится из вторичного молочного сырья [12], а польза заключается в повышении роста бифидобактерий в организме и противотоксичном эффекте. Мелассу молочную с лактулозой эффективно применяют для изготовления йогурта [13].

Еще один способ увеличения функциональности продуктов питания — применение биодоступных форм жизненно важных микроэлементов [14–17].

Хелатные комплексы являются наиболее оптимальными, имеют высокую степень усвояемости, в связи с чем их применение выглядит наиболее логичным для функциональных продуктов питания [18–22]. Так, есть исследование, в результате которого был разработан функциональный напиток на основе молока, обогащенный хелатной формой аскорбатизолейцината железа (II). Использование хелатного комплекса позволило повысить антиоксидантную активность напитка на 40% [23].

В данном исследовании рассматривается хелатный комплекс — никотинатолизинат цинка. Лизин является незаменимой аминокислотой, которая участвует в процессе создания гормонов, ферментов и антител в организме [24], в процессе формирования тканей и усвоения кальция, что напрямую влияет на состояние кожи и костей организма. Лизин наряду с цинком и никотиновой кислотой (3-пиридинкарбоксамидом) входит в состав лекарственных средств, применяемых для профилактики остеопороза у детей и подростков [25].

Никотиновая кислота участвует в процессах образования ферментов, способствует снижению уровня холестерина, улучшает белковый, углеводный и липидный обмен [26]. Доказана эффективность применения никотиновой кислоты в сочетании с другими средствами при иммунокоррекции в процессе лечения сильных обморожений конечностей, при лечении и профилактике ишемической болезни сердца, лечении дислипидемии и атеросклероза сосудов нижних конечностей [27, 28].

Цинк — эссенциальный микроэлемент, обладает высокими антиоксидантными свойствами, участвует в процессе работы нервной, иммунной, репродуктивной и других систем [29–33]. При этом недостаточное

потребление цинка в рационе человека может привести к анемии, циррозу печени и половой дисфункции [34–38]. Экспериментально доказана эффективность применения цинка в сочетании с аминокислотой глицин в снижении симптомов стресса и тревожности [39].

Цель данной статьи — получение функционального напитка на основе восстановленной сухой молочной сыворотки и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка) для восполнения дефицита данного микроэлемента.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Синтез тройного хелатного комплекса — 3-пиридинкарбоксамид, незаменимая аминокислота (L-лизин) и эссенциальный микроэлемент (цинк) — проводили с использованием следующих реактивов: 3-пиридинкарбоксамид (ч., АО «Ленреактив», г. Санкт-Петербург, Россия), L-лизина моногидрохлорида (ч., PanReas Applichem, г. Дармштадт), гидроксида бария 8-водного и сульфата цинка 7-водного (ч. д. а., «Интерхим», г. Санкт-Петербург, Россия).

Для синтеза тройного хелатного комплекса в фарфоровой ступке смешивали 1,904 г 3-пиридинкарбоксамид и 2,063 г L-лизина моногидрохлорида и перетирали в течение 5 мин. до однородной массы. На следующем этапе добавляли 4,875 г гидроксида бария 8-водного и перемешивали до однородной светло-белой пастообразной субстанции. Далее добавляли 30 мл дистиллированной воды и 4,5357 г сульфата цинка 7-водного, тщательно перемешивали и отстаивали в течение 20 мин. Полученный образец центрифугировали при 3000 об/мин в течение 5 мин.

Исследование оптических свойств тройного хелатного комплекса проводили с помощью метода оптической спектроскопии на спектрофотометре СФ-56 (ОКБ «Спектр», Россия).

Компьютерное квантово-химическое моделирование тройного хелатного комплекса — 3-пиридинкарбоксамид, незаменимая аминокислота (L-лизин) и эссенциальный микроэлемент (цинк) — проводили в программе QChem³ на оборудовании Центра обработки данных (Schneider Electric, Франция) ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» с использованием молекулярного редактора IQmol⁴.

Моделирование проводилось посредством хелатирования атома цинка 3-пиридинкарбоксамидом через функциональные группы (гидроксильная, аминогруппа) и L-лизином через гидроксильную группу и α-аминогруппу или ε-аминогруппу. Расчеты проводили со следующими параметрами: расчет — Energy, метод — B3LYP, базис — 6-31G*, convergence — 5, силовое поле — Chemical.

В рамках компьютерного квантово-химического моделирования рассчитывали полную энергию молекулярного комплекса (E), энергию высшей заселенной (E_{HOMO}) и низшей свободной (E_{LUMO}) молекулярных орбиталей. После вычисляли значения разности полной энергии L-лизина и тройного хелатного комплекса (ΔE), химической жесткости (η), равной половине разницы

¹ Зинина О.В., Меренкова С.П., Вишнякова Е.А., Ребезов М.Б. Композиция для получения белкового обогапителя пищевых продуктов. Патент на изобретение от 23.11.2022 № RU 2783982 C1. Заявка от 01.03.2022 № 2022105365.

² Догарева Н.Г. и др. Безотходные технологии в молочной промышленности. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2018.

³ Q-Chem is a comprehensive ab initio quantum chemistry software for accurate predictions of molecular structures, reactivities, and vibrational, electronic and NMR spectra. — URL: <https://www.q-chem.com>

⁴ Gilbert, A. Introduction to IQmol. — URL: <http://iqmol.org/downloads/IQmolUserGuide.pdf>

низшей свободной и высшей заселенной молекулярных орбиталей.

На следующем этапе проводили оптимизацию методики синтеза тройного хелатного комплекса при различных концентрациях компонентов.

В качестве входных параметров рассматривали:

- концентрацию прекурсора цинка ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), (C, моль/л);
- концентрацию L-лизина моногидрохлорида ($C_6H_{14}N_2O_2 HCl$) (C, моль/л);
- концентрацию 3-пиридинкарбоксамида ($C_6H_5NO_2$) (C, моль/л).

В качестве выходного параметра рассматривали средний гидродинамический радиус частиц. Матрица многофакторного эксперимента представлена в таблице 1.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программы Statistica 12.0⁵ и пакета прикладных программ Statistica Neural Networks⁶.

Получение функционального напитка на основе восстановленной сухой молочной сыворотки и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка) проводилось посредством добавления 0,13 мл комплекса (данное количество содержит 30% от суточной дозы микроэлемента (цинка), потребляемой организмом) в раствор, содержащий 7,5% молочной сыворотки и 7,5% мелассы молочной.

На следующем этапе проводилась ультразвуковая обработка образцов при параметрах, представленных в таблице 2.

Затем полученные образцы исследовали методами кондуктометрии с помощью электрода Starter 300C (Ohaus, США), pH-метрии с помощью электрода ST320 (Ohaus, США).

Проводили исследование титруемой кислотности молочного напитка титриметрическим методом согласно ГОСТ 3624-92⁷ (метод базируется на титровании молока раствором щелочи (гидроксидом натрия или калия) в присутствии индикатора фенолфталеина), среднего гидродинамического радиуса с помощью метода динамического рассеяния света на приборе Photocor-Complex (ООО «Антекс-97», Россия).

Компьютерную обработку полученных результатов осуществляли с использованием программного обеспечения DynaLS⁸.

Далее проводили расчет антиоксидантной активности образцов по следующей методике: раствор АБТС разбавляли дистиллированной водой до оптической плотности $0,70 \pm 0,02$ при 734 нм. С помощью метода оптической спектроскопии на спектрофотометре СФ-56 (ОКБ «Спектр», Россия) к 1,98 мл раствора АБТС добавляли 0,02 мл анализируемой пробы и через 3 мин. после смешивания измеряли оптическую плотность при 734 нм.

Затем была проведена дегустационная оценка следующих образцов:

- ✓ партия 1 — на основе восстановленной сухой молочной сыворотки и мелассы молочной (амплитуда УЗ-обработки 20%);
- ✓ партия 2 — на основе восстановленной сухой молочной сыворотки и мелассы молочной (амплитуда УЗ-обработки 60%);

Таблица 1. Матрица многофакторного эксперимента

Table 1. Matrix of a multivariate experiment

№ образца	C ($ZnSO_4$), моль/л	C ($C_6H_{14}N_2O_2 HCl$), моль/л	C ($C_6H_5NO_2$), моль/л
1	0,376	0,269	0,368
2	0,376	0,377	0,516
3	0,376	0,528	0,722
4	0,526	0,269	0,516
5	0,526	0,377	0,722
6	0,526	0,528	0,368
7	0,736	0,269	0,722
8	0,736	0,377	0,368
9	0,736	0,528	0,516

Таблица 2. Параметры УЗ-обработки

Table 2. Ultrasonic processing parameters

№ образца	Наличие комплекса в составе	Амплитуда, %	Параметры УЗ-обработки
Партия 1	нет	20	t = 60 с цикличность = 1
Партия 2		60	
Партия 3		100	
Партия 4	да	20	
Партия 5		60	
Партия 6		100	

✓ партия 3 — на основе восстановленной сухой молочной сыворотки и мелассы молочной (амплитуда УЗ-обработки 100%);

✓ партия 4 — на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка) (амплитуда УЗ-обработки 20%);

✓ партия 5 — на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка) (амплитуда УЗ-обработки 60%);

✓ партия 6 — на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка) (амплитуда УЗ-обработки 100%);

✓ партия 7 — на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и неорганической формы цинка — сульфата цинка.

Все исследования проведены в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011⁹. Количество привлекаемых экспертов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» — 10. Исследования проводили на базе школы прикладных междисциплинарных исследований ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Изготавливались 7 экспериментальных партий напитков по 5 образцов в каждой партии.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На первом этапе исследовали оптические свойства тройного хелатного комплекса, в результате чего получены спектры поглощения тройного хелатного комплекса (рис. 1).

На основе полученных данных можно сделать вывод, что у полученного комплекса наблюдается полоса поглощения с максимумом поглощения в ультрафиолетовой области при $\lambda = 260$ нм.

⁵ URL: <https://statistica.software.informer.com/12.0/>

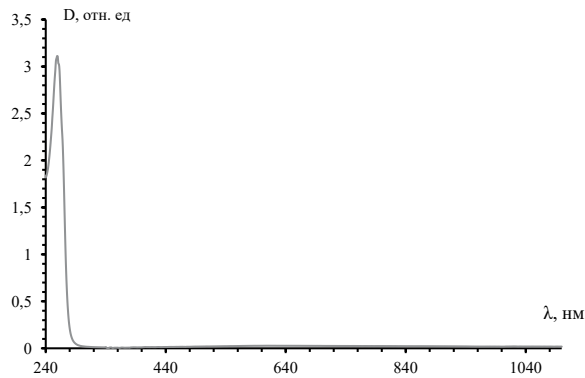
⁶ URL: <https://docs.tibco.com/pub/stat/14.0.0/doc/html/UsersGuide/GUID-F60C241F-CD88-4714-A8C8-1F28473C52EE.html>

⁷ ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

⁸ URL: https://bio.pnpi.nrcki.ru/wp-content/uploads/2020/01/Photocor-Compact-Z_Manual.pdf

⁹ ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Ч. 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки.

Рис. 1. Спектр поглощения тройного хелатного комплекса
Fig. 1. Absorption spectrum of the triple chelate complex



На следующем этапе проводили компьютерное квантово-химическое моделирование тройного хелатного комплекса. Результаты компьютерного квантово-химического моделирования представлены в таблице 3.

На основе полученных данных установлено, что формирование тройного хелатного комплекса является энергетически выгодным ($\Delta E > 1774$ ккал/моль) и химически стабильным ($0,027 \leq \eta \leq 0,030$ эВ).

Установлено, что наиболее вероятной моделью является взаимодействие атома цинка с 3-пиридинкарбоксамидом через вторичную аминогруппу и карбоксильную группу, а с L-лизиним — через карбоксильную группу и α -аминогруппу (рис. 2).

На следующем этапе проводили оптимизацию методики синтеза тройного хелатного комплекса при различных концентрациях компонентов. В результате получены тернарные поверхности отклика, описывающие зависимость оптической плотности максимума полосы поглощения при $\lambda = 260$ нм от концентрации компонентов (рис. 3).

Анализ полученных данных показал, что концентрации исходных реагентов оказывают значимое влияние на оптическую плотность комплекса. Увеличение концентрации сульфата цинка приводит к уменьшению оптической плотности, в то время как увеличение концентрации 3-пиридинкарбоксамида — к увеличению оптической плотности. Однако концентрация L-лизина гидрохлорида не влияла на оптические свойства комплекса. Установлено, что оптимальными концентрациями компонентов являются: $C(\text{ZnSO}_4) = 0,376$ моль/л, $C(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2) = 0,545$ моль/л, $C(\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2) = 0,528$ моль/л.

Далее были исследованы физико-химические показатели молочных напитков на основе комплекса: 3-пиридинкарбоксамид, незаменимая аминокислота (L-лизин) и эссенциальный микроэлемент (цинк). Результаты исследования представлены в таблице 4.

Установлено, что полученные значения активной кислотности образцов молока находятся в допустимом диапазоне согласно ГОСТ Р 56833-2015¹⁰. Увеличение

Рис. 2. Результаты моделирования тройного хелатного комплекса, в котором взаимодействие атома цинка с 3-пиридинкарбоксамидом происходит через вторичную аминогруппу и карбоксильную группу, а с L-лизиним — через карбоксильную группу и α -аминогруппу: а) модель молекулярного комплекса; б) распределение электронной плотности; в) градиент распределения электронной плотности; г) высшая заселенная молекулярная орбиталь (HOMO); д) низшая свободная молекулярная орбиталь (LUMO)

Fig. 2. Results of modeling a triple chelate complex in which the interaction of a zinc atom with 3-pyridine carboxamide occurs through a secondary amino group and a carboxyl group, and with L-lysine through a carboxyl group and an α -amino group: а) a model of the molecular complex; б) electron density distribution; в) an electron density distribution gradient; д) the highest inhabited molecular orbital (HOMO); е) the lowest free molecular orbital (LUMO)

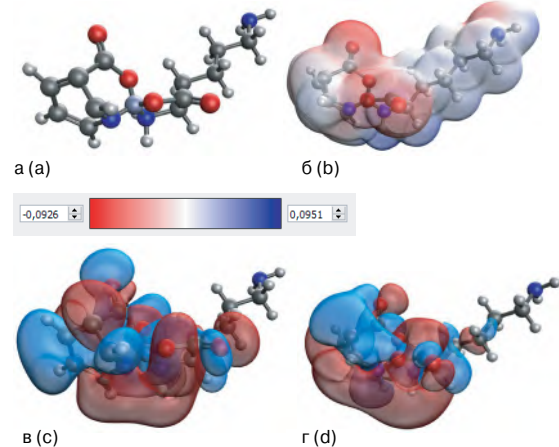
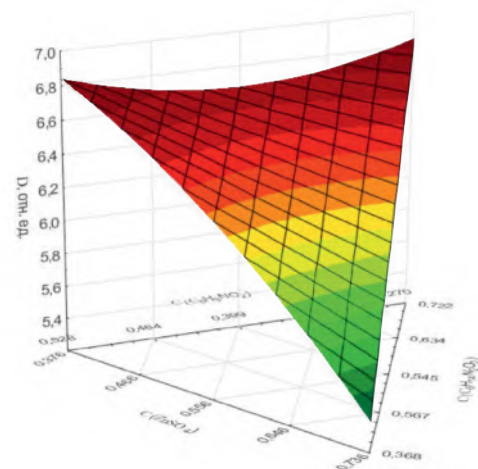


Рис. 3. Тернарная поверхность отклика зависимости оптической плотности от концентрации компонентов

Fig. 3. The ternary surface of the response of the dependence of the optical density on the concentration of components



электропроводности образцов связано с добавлением комплекса, с увеличением числа свободных ионов и молекул после УЗ-обработки с различной амплитудой.

Установлено, что титруемая кислотность образцов увеличивается при повышении амплитуды УЗ-обработки

как в чистых молочных напитках, так и в обогащенных. Стоит отметить, что антиоксидантная активность при обогащении молочного напитка носит непрямолинейный характер и варьируется от 0,25 до 0,84%, однако образцы напитков, не обогащенных хелатным комплексом эссенциального

Таблица 3. Результаты компьютерного квантово-химического моделирования

Table 3. Results of computer quantum chemical modeling

Молекулярный комплекс	Взаимодействие с L-лизиним	E, ккал/моль	ΔE , ккал/моль	E_{HOMO} , эВ	E_{LUMO} , эВ	η , эВ
L-лизин	—	-496,991	—	-0,219	0,004	0,112
Тройной хелатный комплекс — 3-пиридинкарбоксамид, незаменимая аминокислота (L-лизин) и эссенциальный микроэлемент (цинк)	через карбоксильную группу и α -аминогруппу	-2708,200	1774,371	-0,154	-0,095	0,030
	через карбоксильную группу и ϵ -аминогруппу	-2708,106	1774,277	-0,147	-0,094	0,027

¹⁰ ГОСТ Р 56833-2015 Сыворотка молочная деминерализованная. Технические условия.

Таблица 4. Результаты исследования молочного напитка на основе комплекса: 3-пиридинкарбоксамид, незаменимая аминокислота (L-лизин) и эссенциальный микроэлемент (цинк)
Table 4. The results of the study of a milk drink based on the complex: 3-pyridine carboxamide, an essential amino acid (L-lysine) and an essential trace element (zinc)

№ образца	Титруемая кислотность, °Т	Электропроводность, мкСм/м	pH	Антиоксидантная активность, %	R _{ср} , нм
Партия 1	14	9,36	5,68	-0,34	254
Партия 2	14	9,36	5,70	-0,26	299
Партия 3	15	9,4	5,71	-0,36	192
Партия 4	16	9,57	5,73	0,84	233
Партия 5	16	9,71	5,72	0,25	120
Партия 6	17	9,8	5,75	0,77	202

Таблица 5. Результаты дегустационной оценки образцов (A_{ср} = ±0,1)
Table 5. The results of the tasting evaluation of the samples (A_m = ±0.1)

Наименование образцов	Запах и вкус	Оценка, баллы (по 5-балльной шкале)
Партия 1	недостаточно выраженный, слегка сладковатый	3,44
Партия 2	чистый, приятный, слегка сладковатый	3,71
Партия 3	чистый, приятный, слегка сладковатый	3,78
Партия 4	недостаточно выраженный, пустой, без посторонних запахов и привкусов	3,83
Партия 5	недостаточно выраженный, слегка сладковатый	3,89
Партия 6	чистый, приятный, слегка сладковатый	4,37
Партия 7	недостаточно выраженный, слегка сладковатый	3,83

микроэлемента (цинка), обладают меньшим значением антиоксидантной активности.

Гидродинамический радиус образцов, обогащенных никотинатолизинатом цинка, находится в диапазоне 120–200 нм, что меньше, чем у контрольных образцов (190–250 нм). Данный факт связан с наличием хелатного комплекса, препятствующего процессу коагулирования белковых структур.

При обработке дегустационных листов представленных образцов были получены средние оценки в баллах (табл. 5).

В результате органолептической оценки экспериментальных образцов молочных напитков было установлено, что партия 6 обладает чистым, приятным, слегка сладковатым вкусом и запахом. Полученные результаты дегустационных испытаний позволили членам комиссии рекомендовать для внедрения на предприятиях молочной промышленности образец функционального

молочного напитка из партии 6 на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (амплитуда УЗ-обработки — 100%) — никотинатолизината цинка.

Введение/Introduction

В рамках данной работы разработан функциональный молочный продукт на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка).

На первом этапе были исследованы оптические свойства комплекса, в результате определена его полоса поглощения. Далее было проведено компьютерное квантово-химическое моделирование, в результате которого установлена оптимальная модель взаимодействия 3-пиридинкарбоксиамида, L-лизина и атома цинка. На следующем этапе проведена оптимизация методики синтеза в зависимости от различного содержания компонентов, в результате чего определены оптимальные концентрации сульфата цинка,

незаменимой аминокислоты (L-лизина) и 3-пиридинкарбоксиамида.

Затем были получены образцы функциональных напитков на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка) при различных параметрах УЗ-обработки. У данных образцов были исследованы физико-химические свойства, проведена дегустационная оценка, в результате которой установлено, что для внедрения на предприятиях молочной промышленности рекомендовано использовать функциональный напиток на основе восстановленной сухой молочной сыворотки, мелассы молочной и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента (цинка), который подвергался УЗ-обработке с максимальной амплитудой, так как он обладает повышенными дегустационными характеристиками, чем остальные представленные образцы.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00167.
<https://rscf.ru/project/24-26-00167/>

FUNDING

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-26-00167.
<https://rscf.ru/project/24-26-00167/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Молибога Е.А., Сухостав Е.В., Козлова О.А., Зинич А.В. Анализ рынка функционального питания: российский и международный аспект. *Техника и технология пищевых производств*. 2022; 52(4): 775–786. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2405>
- Alekseev A., Krotova O., Tupolskikh T., Onkaev V., Kedeeva O., Gucheva N. The Use of Pumpkin Plants as a Natural Biocorrector in the Technology of Functional Meat Products. Zokirjon ugli K.S., Muratov A., Ignatieva S. (eds.). *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022). Agricultural Cyber-Physical Systems. Conference proceedings*. Lecture Notes in Networks and Systems; vol. 733. Cham: Springer. 2024; 1: 1119–1129. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_108
- Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания. *Фундаментальные исследования*. 2012; (4–1): 196–200. <https://elibrary.ru/pazfxv>

REFERENCES

- Moliboga E.A., Sukhostav E.V., Kozlova O.A., Zinich A.V. Functional Food Market Analysis: Russian and International Aspects. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022; 52(4): 775–786 (in Russian). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2405>
- Alekseev A., Krotova O., Tupolskikh T., Onkaev V., Kedeeva O., Gucheva N. The Use of Pumpkin Plants as a Natural Biocorrector in the Technology of Functional Meat Products. Zokirjon ugli K.S., Muratov A., Ignatieva S. (eds.). *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022). Agricultural Cyber-Physical Systems. Conference proceedings*. Lecture Notes in Networks and Systems; vol. 733. Cham: Springer. 2024; 1: 1119–1129. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_108
- Naumova N.L., Rebezov M.B. Microelement status of the population of Chelyabinsk as basis of production fortified foods. *Fundamental research*. 2012; (4–1): 196–200 (in Russian). <https://elibrary.ru/pazfxv>

4. Serikova A. *et al.* Development of technology of fermented milk drink with immune stimulating properties. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(4): 495–500.
<https://elibrary.ru/xrwrf>
5. Statsenko E., Omarov R., Shlykov S., Nesterenko A., Rebezov M. Chicken Nuggets Recipe and Technology Development with Dietary Fiber. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2021; 12(11): 12A11T.
<https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2021.230>
6. Serbova T.V., Serova O.P., Brekhova S.A., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I. Compound whey dessert. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. 548: 82049.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/8/082049>
7. Lebedyantseva E.A., Selezneva I.S., Geide I.V., Ivantsova M.N. Study of possibility to use whey in the production of fermented dairy products. *AIP Conference Proceedings. Proceedings*. 2022; 2390(1): 030047.
<https://doi.org/10.1063/5.0068944>
8. Alekseeva Y.A., Khoroshailo T.A., Brichagina A.A., Svitenko O.V. Ecological and raw material aspects of the production of fermented milk drinks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 981: 022082.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/2/022082>
9. Кручинин А.Г., Бигаева А.В., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е. Современное состояние рынка вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности. *Ползуновский вестник*. 2022; 1(4): 140–148.
<https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.018>
10. Золоторева М.С., Володин Д.Н., Топалов В.К., Евдокимов И.А., Чаблин Б.В. О переработке молочной сыворотки и внедрении наилучших доступных технологий. *Переработка молока*. 2016; (7): 17–19.
<https://elibrary.ru/wicfql>
11. Ребезов М.Б., Зинина О.В., Нурымхан Г.Н., Нургазезова А.Н., Смолникова Ф.Х. Вторичное сырье молочной отрасли: современное состояние и перспективы использования. *АПК России*. 2016; 75(1): 150–155.
<https://elibrary.ru/vsaoyh>
12. Борисенко А.А., Костенко Е.Г., Борисенко А.А., Костенко К.В., Олешкевич О.И., Ржепаковский И.В. Использование мелассы молочной сухой с лактулозой в технологии производства йогурта с ультразвуковой обработкой. *Индустрия питания*. 2024; 9(1): 16–25.
<https://doi.org/10.29141/2500-1922-2024-9-1-2>
13. Рябцева С.А., Храмов А.Г., Будкевич Р.О., Анисимов Г.С., Чулко А.О., Шпак М.А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы. *Вопросы питания*. 2020; 89(2): 5–20.
<https://elibrary.ru/tnxhwm>
14. Блинов А.В., Рехман З.А., Гвозденко А.А., Голик А.Б., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б. Молочный продукт, обогащенный тройным марганецсодержащим комплексом. *Аграрная наука*. 2024; (5): 117–123.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-117-123>
15. Блинов А.В., Рехман З.А., Голик А.Б., Гвозденко А.А., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б. Инновационная форма эссенциального микроэлементов меди для обогащения молочной продукции. *Аграрная наука*. 2024; (4): 153–159.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-153-159>
16. Блинов А.В. и др. Наночастицы селена, стабилизированные хитозаном, для обогащения молочной продукции. *Аграрная наука*. 2024; (9): 130–135.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-130-135>
17. Burmistrov D.E. *et al.* Bacteriostatic and Cytotoxic Properties of Composite Material Based on ZnO Nanoparticles in PLGA Obtained by Low Temperature Method. *Polymers*. 2022; 14(1): 49.
<https://doi.org/10.3390/polym14010049>
18. Караваев А.П., Мелкозерова Н.О., Шишкин А.В. Оценка биохимических показателей в сыворотке крови мышей при исследовании хронической токсичности на фоне применения нового комплекса хелатных соединений микроэлементов. *Наука и молодежь: новые идеи и решения в АПК. Материалы Национальной научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, посвященной 10-летию науки и технологий и 80-летию Удмуртского ГАУ*. Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет. 2023; 109–114.
<https://elibrary.ru/dfgywa>
19. Ишмакаева А.М. Синтез хелатных комплексов металлов с L-аргинином. *Современные технологии композиционных материалов. Материалы VIII Всероссийской научно-практической молодежной конференции с международным участием*. Уфа: Уфимский университет науки и технологий. 2023; 199–203.
<https://elibrary.ru/vrbmpv>
20. Мельников Н.А., Селиванова Н.М. Триазол-хелатные комплексы лантаноидов как химически стабильные и нетоксичные агенты для биоимиджинга. *Достижения молодых ученых: химические науки. Тезисы докладов VIII Всероссийской (заочной) молодежной конференции*. Уфа: Уфимский университет науки и технологий. 2023; 259–261.
<https://elibrary.ru/tgctft>
21. Галимов М.Н. Синтез и моделирование структуры хелатных разнотетрааминных аминокислотных N,O-комплексов переходных металлов. *XXIX Кarginский чтения. Ежегодная Всероссийская научно-техническая конференция студентов и молодых ученых. Тезисы докладов*. Тверь: Тверской государственный университет. 2023; 54.
<https://elibrary.ru/nyqmev>
22. Гвозденко А.А., Голик А.Б., Пирогов М.А., Леонтьев П.С., Блинов А.В. Компьютерное квантово-химическое моделирование строения тройных хелатных комплексов цинка с витамином В₂ и незаменимыми аминокислотами. *Инновации. Интеллект. Культура. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 435-летию основания г. Тобольска, году Даниила Чулкова в г. Тобольске*. Тюмень: Тюменский индустриальный университет. 2022; 20–23.
<https://elibrary.ru/taazvz>
4. Serikova A. *et al.* Development of technology of fermented milk drink with immune stimulating properties. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(4): 495–500.
<https://elibrary.ru/xrwrf>
5. Statsenko E., Omarov R., Shlykov S., Nesterenko A., Rebezov M. Chicken Nuggets Recipe and Technology Development with Dietary Fiber. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2021; 12(11): 12A11T.
<https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2021.230>
6. Serbova T.V., Serova O.P., Brekhova S.A., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I. Compound whey dessert. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. 548: 82049.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/8/082049>
7. Lebedyantseva E.A., Selezneva I.S., Geide I.V., Ivantsova M.N. Study of possibility to use whey in the production of fermented dairy products. *AIP Conference Proceedings. Proceedings*. 2022; 2390(1): 030047.
<https://doi.org/10.1063/5.0068944>
8. Alekseeva Y.A., Khoroshailo T.A., Brichagina A.A., Svitenko O.V. Ecological and raw material aspects of the production of fermented milk drinks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 981: 022082.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/2/022082>
9. Kruchinin A.G., Bigaeva A.V., Turovskaya S.N., Illarionova E.E. Current state of the market of secondary raw material resources of the dairy industry. *Polzunovskiy vestnik*. 2022; 1(4): 140–148 (in Russian).
<https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.018>
10. Zolotoreva M.S., Volodin D.N., Topalov V.K., Evdokimov I.A., Chablin B.V. On the processing of whey and the introduction of the best available technologies. *Milk Processing*. 2016; (7): 17–19 (in Russian).
<https://elibrary.ru/wicfql>
11. Rebezov M.B., Zinina O.V., Nurymkhan G.N., Nurgazezova A.N., Smolnikova F.H. Secondary raw materials of the dairy industry: the current state and prospects. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2016; 75(1): 150–155 (in Russian).
<https://elibrary.ru/vsaoyh>
12. Borisenko A.A., Kostenko E.G., Borisenko A.A., Kostenko K.V., Oleshkevich O.I., Rzhepakovsky I.V. Use of Dry Milk Molasses with Lactulose in the Yogurt Production Technology with Ultrasonic Treatment. *Food Industry*. 2024; 9(1): 16–25 (in Russian).
<https://doi.org/10.29141/2500-1922-2024-9-1-2>
13. Ryabtseva S.A., Khramtsov A.G., Budkevich R.O., Anisimov G.S., Chuklo A.O., Shpak M.A. Physiological effects, mechanisms of action and application of lactulose. *Problems of nutrition*. 2020; 89(2): 5–20 (in Russian).
<https://elibrary.ru/tnxhwm>
14. Blinov A.V., Rekhman Z.A., Gvozdenko A.A., Golik A.B., Nagdalyan A.A., Rebezov M.B. Dairy product enriched with triple manganese complex. *Agrarian science*. 2024; (5): 117–123 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-117-123>
15. Blinov A.V., Rekhman Z.A., Golik A.B., Gvozdenko A.A., Nagdalyan A.A., Rebezov M.B. An innovative form of the essential trace element copper for fortification of dairy products. *Agrarian science*. 2024; (4): 153–159 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-153-159>
16. Blinov A.V. *et al.* Selenium nanoparticles stabilized with chitosan for fortifying dairy products. *Agrarian science*. 2024; (9): 130–135 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-130-135>
17. Burmistrov D.E. *et al.* Bacteriostatic and Cytotoxic Properties of Composite Material Based on ZnO Nanoparticles in PLGA Obtained by Low Temperature Method. *Polymers*. 2022; 14(1): 49.
<https://doi.org/10.3390/polym14010049>
18. Karavaev A.P., Melkozherova N.O., Shishkin A.V. Evaluation of biochemical parameters in the blood serum of mice in the study of chronic toxicity against the background of the use of a new complex of chelate compounds of trace elements. *Science and youth: new ideas and solutions in the agro-industrial complex. Materials of the National Scientific and Practical Conference of Young scientists with international participation dedicated to the 10th anniversary of science and technology and the 80th anniversary of the Udmurt State University*. Izhevsk: Udmurt State Agrarian University. 2023; 109–114 (in Russian).
<https://elibrary.ru/dfgywa>
19. Ishmakaeva A.M. Synthesis of chelate complexes of metals with L-arginine. *Modern technologies of composite materials. Proceedings of the VIII All-Russian scientific and practical youth conference with international participation*. Ufa: Ufa University of Science and Technology. 2023; 199–203 (in Russian).
<https://elibrary.ru/vrbmpv>
20. Melnikov N.A., Selivanova N.M. Triazole-chelate complexes of lanthanides as chemically stable and non-toxic agents for bioimaging. *Achievements of young scientists: chemical sciences. Abstracts of reports of the VIII All-Russian (correspondence) youth conference*. Ufa: Ufa University of Science and Technology. 2023; 259–261 (in Russian).
<https://elibrary.ru/tgctft>
21. Galimov M.N. Synthesis and modeling of the structure of chelate mixed-ligand amino acid N,O-complexes of transition metals. *XXIX Kargin's readings. Annual All-Russian scientific and technical conference of students and young scientists. Abstracts of reports*. Tver: Tver State University. 2023; 54 (in Russian).
<https://elibrary.ru/nyqmev>
22. Gvozdenko A.A., Golik A.B., Pirogov M.A., Leontiev P.S., Blinov A.V. Computer quantum-chemical modeling of the structure of zinc triple chelate complexes with vitamin B₂ and essential amino acids. *Innovations. Intelligence. Culture. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 435th anniversary of the foundation of Tobolsk, the year of Danila Chulkov in Tobolsk*. Tyumen: Industrial University of Tyumen. 2022; 20–23 (in Russian).
<https://elibrary.ru/taazvz>

23. Блинов А.В., Маглакелидзе Д.Г., Гвозденко А.А., Голик А.Б., Колодкин М.А., Рехман З.А. Функциональный молочный напиток, обогащенный аскорбатом и аскорбиновой кислотой (II). *Индустрия питания*. 2023; 8(3): 87–96. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-3-9>
24. Манаева Н.И., Сумная Д.Б., Кинзерский А.А., Садова В.А., Титухов Р.Ю. Изменение биохимического статуса у спортсменов с болезнью Осгуда — Шлаттера. *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2022; 17(2): 191–197. <https://elibrary.ru/spkfrn>
25. Дедов Д.В. Применение витамина D, российского препарата «Остео-Вит D₃» в комплексной профилактике остеопороза и остеопоротических переломов у детей и подростков. *Фармация*. 2022; 71(2): 5–10. <https://doi.org/10.29296/25419218-2022-02-01>
26. Резниченко И.Ю., Донченко Т.А. Формирование рациона с учетом биологической ценности печенья. *Ползуновский вестник*. 2024; (1): 120–125. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.014>
27. Кардовский А.Г., Шардаков В.И. Роль иммунокоррекции в комплексном лечении больных с глубокими отморожениями конечностей. *Вятский медицинский вестник*. 2022; (2): 29–34. <https://elibrary.ru/bkuxlo>
28. Кулешова З.В., Панов А.В. Хроническая ишемическая болезнь сердца (практическое руководство). *Кардиология: новости, мнения, обучение*. 2022; 10(3): 63–78. <https://elibrary.ru/bvaqok>
29. Jain R.B. Thyroid Function and Serum Copper, Selenium, and Zinc in General U.S. Population. *Biological Trace Element Research*. 2014; 159(1–3): 87–98. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-9992-9>
30. Трухан Д.И., Друк И.В., Викторова И.А. Не йодом единым. Роль селена, цинка, витаминов А, С, Е в физиологии и патологии щитовидной железы. *Клинический разбор в общей медицине*. 2024; 5(4): 34–45. <https://doi.org/10.47407/kr2024.5.4.00417>
31. Косюра С.Д., Ливанцова Е.Н., Варяева Ю.Р., Копелев А.А., Червякова Ю.Б., Стародубова А.В. Витаминно-минеральные комплексы, содержащие селен и цинк. *Лечебное дело*. 2019; (1): 58–61. <https://doi.org/10.24411/2071-5315-2019-12090>
32. Попова В.А., Кожин А.А., Мегидь Ю.И. Микроэлементозы и проблемы здоровья детей. *Педиатрия*. 2015; 94(6): 140–144. <https://elibrary.ru/vbborj>
33. Severo J.S. et al. The Role of Zinc in Thyroid Hormones Metabolism. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 2019; 89(1–2): 80–88. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000262>
34. Табакаев А.В., Табакаева О.В. Пептидный обогащенный модуль функциональной направленности для профилактики ожирения и гиперлипидемии. *Ползуновский вестник*. 2024; (1): 37–44. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.005>
35. Костина О.В., Загреков В.И., Преснякова М.В., Пушкин А.С., Лебедев М.Ю., Ашкинази В.И. Взаимосвязь уровня цинка с патогенетически значимыми нарушениями гомеостаза у тяжелообожженных пациентов. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2022; 67(6): 330–333. <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2022-67-6-330-333>
36. Wang X., Zhang M., Li X. Advances in the research of zinc deficiency and zinc supplementation treatment in patients with severe burns. *Zhonghua shao shang za zhi*. 2018; 34(1): 57–59 (на кит. яз.). <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.01.012>
37. Baranauskas M.N. et al. Influence of Zinc on the Acute Changes in Erythropoietin and Proinflammatory Cytokines with Hypoxia. *High Altitude Medicine and Biology*. 2021; 22(2): 148–156. <https://doi.org/10.1089/ham.2020.0190>
38. Xu X., Meng J., Fang Q. Prognostic value of serum trace elements Copper and Zinc levels in sepsis patients. *Zhonghua wei zhong bing ji yu yi xue*. 2020; 32(11): 1320–1323 (на кит. яз.). <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20200313-00216>
39. Шишкова В.Н., Нарциссов Я.Р., Титова В.Ю., Шешегова Е.В. Молекулярные механизмы, определяющие применение комбинации глицина и цинка в коррекции основных проявлений стресса и тревоги. *Фармация и фармакология*. 2022; 10(5): 404–415. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-5-404-415>
23. Blinov A.V., Maglakelidze D.G., Gvozdenko A.A., Golik A.B., Kolodkin M.A., Rekhman Z.A. Functional Milk Drink Enriched with Iron (II) Ascorbate Isoleucinate. *Food Industry*. 2023; 8(3): 87–96 (in Russian). <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-3-9>
24. Manaeva N.I., Sumnaya D.B., Kinzersky A.N., Sadova V.A., Titukhov R.Yu. Changes in biochemical status of athletes with Osgood — Schlatter disease. *Russian Journal of Physical Education and Sport*. 2022; 17(2): 191–197 (in Russian). <https://elibrary.ru/spkfrn>
25. Dedov D.V. Application of vitamin D, Russian drug “Osteo-Vit D₃” in the complex prevention of osteoporosis and osteoporotic fractures in children and teenagers. *Pharmacy*. 2022; 71(2): 5–10 (in Russian). <https://doi.org/10.29296/25419218-2022-02-01>
26. Reznichenko I.Yu., Donchenko T.A. Formation of a diet taking into account the biological value of cookies. *Polzunovskiy vestnik*. 2024; (1): 120–125 (in Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.014>
27. Kardovsky A.G., Shardakov V.I. Immunocorrecting drugs in the complex treatment for deep frostbite of limbs. *Medical newsletter of Vyatka*. 2022; (2): 29–34 (in Russian). <https://elibrary.ru/bkuxlo>
28. Kuleshova Z.V., Panov A.V. Chronic coronary heart disease (practice guidelines). *Cardiology: news, opinions, training*. 2022; 10(3): 63–78 (in Russian). <https://elibrary.ru/bvaqok>
29. Jain R.B. Thyroid Function and Serum Copper, Selenium, and Zinc in General U.S. Population. *Biological Trace Element Research*. 2014; 159(1–3): 87–98. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-9992-9>
30. Trukhan D.I., Druk I.V., Viktorova I.A. Not iodine alone. Role of selenium, zinc, vitamins A, C, E in the physiology and pathology of the thyroid gland. *Clinical review for general practice*. 2024; 5(4): 34–45 (in Russian). <https://doi.org/10.47407/kr2024.5.4.00417>
31. Kosyura S.D., Livantsova E.N., Varayeva Yu.R., Kopelev A.A., Chervyakova Yu.B., Starodubova A.V. Vitamin and Mineral Complexes Containing Selenium and Zinc. *Lechebnoye delo*. 2019; (1): 58–61 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2071-5315-2019-12090>
32. Popova V.A., Kozhin A.A., Megid Yu.I. Microelementoses and children's health problems. *Pediatrics*. 2015; 94(6): 140–144 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbborj>
33. Severo J.S. et al. The Role of Zinc in Thyroid Hormones Metabolism. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 2019; 89(1–2): 80–88. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000262>
34. Tabakaev A.V., Tabakaeva O.V. Peptide enriched module of functional orientation for the prevention of obesity and hyperlipidemia. *Polzunovskiy vestnik*. 2024; (1): 37–44 (in Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.005>
35. Kostina O.V., Zagrekov V.I., Presnyakova M.V., Pushkin A.S., Lebedev M.Yu., Ashkinazi V.I. Relationship of zinc level with pathogenetically significant homeostasis disorders in severely burned patients. *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*. 2022; 67(6): 330–333 (in Russian). <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2022-67-6-330-333>
36. Wang X., Zhang M., Li X. Advances in the research of zinc deficiency and zinc supplementation treatment in patients with severe burns. *Chinese Journal of Burns and Wounds*. 2018; 34(1): 57–59 (in Chinese). <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.01.012>
37. Baranauskas M.N. et al. Influence of Zinc on the Acute Changes in Erythropoietin and Proinflammatory Cytokines with Hypoxia. *High Altitude Medicine and Biology*. 2021; 22(2): 148–156. <https://doi.org/10.1089/ham.2020.0190>
38. Xu X., Meng J., Fang Q. Prognostic value of serum trace elements Copper and Zinc levels in sepsis patients. *Chinese critical care medicine*. 2020; 32(11): 1320–1323 (in Chinese). <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20200313-00216>
39. Shishkova V.N., Nartsissov Ya.R., Titova V.Yu., Sheshogova E.V. Molecular mechanisms defining application of glycine and zinc combination in correction of stress and anxiety main manifestations. *Pharmacy & Pharmacology*. 2022; 10(5): 404–415. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-5-404-415>

ОБ АВТОРАХ

Константин Васильевич Костенко¹

кандидат технических наук, и. о. руководителя школы прикладных междисциплинарных исследований, доцент кафедры технологии машиностроения и технологического оборудования Инженерного института
kvkostenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8779-359X>

Андрей Владимирович Блинов¹

кандидат технических наук, доцент кафедры физики и технологии наноструктур и материалов
blinov.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4701-8633>

Филипп Андреевич Пойдун¹

лаборант кафедры технологии машиностроения и техносферной безопасности инженерного института
fapoidun@ncfu.ru
<https://orcid.org/0009-0003-6654-027X>

ABOUT THE AUTHORS

Konstantin Vasilyevich Kostenko¹

Candidate of Technical Sciences, Acting Head of the School of Applied Interdisciplinary Research, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering and Technological Equipment of the Engineering Institute
kvkostenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8779-359X>

Andrey Vladimirovich Blinov¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Technology of Nanostructures and Materials
blinov.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4701-8633>

Philip Andreevich Poydun¹

Laboratory Assistant at the Department of Mechanical Engineering Technology and Technosphere Safety of the Engineering Institute
fapoidun@ncfu.ru
<https://orcid.org/0009-0003-6654-027X>

Максим Александрович Пирогов¹

лаборант научно-исследовательской лаборатории керамики и технохимии научно-лабораторного комплекса «Чистые зоны» физико-технического факультета
pirogov.m.2002@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9217-6262>

Александр Михайлович Серов¹

студент кафедры физики и технологии наноструктур и материалов
Sanyka_stavzan@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2929-4191>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3}

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Северо-Кавказский федеральный университет, ул. им. Пушкина, 1, Ставрополь, 355002, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

Maxim Alexandrovich Pirogov¹

Laboratory assistant at the Research Laboratory of Ceramics and Technochemistry of the "Clean Zones" Scientific Laboratory Complex of the Faculty of Physics and Technology
pirogov.m.2002@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9217-6262>

Alexander Mikhailovich Serov¹

Student of the Department of Physics and Technology of Nanostructures and Materials
Sanyka_stavzan@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2929-4191>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3}

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher²;
Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹North Caucasus Federal University, 1 Pushkin Str., Stavropol, 355002, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

³Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia



Elena A. Kuznetsova¹
Maksim B. Rebezov² ✉
Elena A. Kuznetsova¹
Gunesh N. Nasrullaeva³

¹Orel State University named after
I.S. Turgenev, Orel, Russia
²Gorbatov Research Center for Food Systems,
Moscow, Russia
³Azerbaijan State University of Economics,
Baku, Azerbaijan

✉ rebezov@yandex.ru

Received by the editorial office: 01.10.2024
Accepted in revised: 08.11.2024
Accepted for publication: 22.11.2024

© Kuznetsova E.A., Rebezov M.B., Kuznetsova E.A.,
Nasrullaeva G.M.



Е.А. Кузнецова¹
М.Б. Ребезов² ✉
Е.А. Кузнецова¹
Г.М. Насруллаева³

¹Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева, Орёл, Россия
²Федеральный научный центр пищевых
систем им. В.М. Горбатова Российской
академии наук, Москва, Россия
³Азербайджанский государственный
экономический университет, Баку,
Азербайджан

✉ rebezov@yandex.ru

Поступила в редакцию: 01.10.2024
Одобрена после рецензирования: 08.11.2024
Принята к публикации: 22.11.2024

© Кузнецова Е.А., Ребезов М.Б., Кузнецова Е.А.,
Насруллаева Г.М.

Study of Changes in Antioxidant Activity, Microstructure, and Mineral Composition of Nadir Wheat Grain During Preparation for Whole Grain Bread Production

ABSTRACT

Relevance. Whole grain products are becoming increasingly popular in industrialized countries due to their high content of dietary fiber, vitamins, and minerals. Soaking wheat grain is a crucial stage in the production of whole grain bread. To improve the quality and health benefits of whole grain bread, enzyme preparations based on cellulase are used during the grain soaking stage. This biotechnological technique influences the localization and content of key biologically active substances in the grain. New knowledge about the redistribution of chemical compounds within wheat grain during enzymatic hydrolysis will help develop guidelines for optimizing the soaking process.

Methods. The study presents experimental data on the effect of a complex enzyme preparation based on cellulase and sodium selenite, introduced during wheat grain soaking, on changes in the microstructure of the main morphological parts of the grain, antioxidant activity, the content of chemical compounds determining antioxidant activity, and the distribution of mineral elements within the grain kernel.

Results. Soaking Nadir wheat grain in a buffered solution of an enzyme preparation based on cellulase and sodium selenite for 10 hours under optimal conditions for enzyme action results in a modification of the microstructure of the grain's morphological parts. Antioxidant activity increases by 9.3% (DPPH radical inhibition), total flavonoid content (by 0.05%), anthocyanin content (by 0.132%), and glutathione content (by 12 mg%) compared to the grain soaked in water. Biologically active mineral elements and selenium accumulate in the germ after grain fermentation.

Key words: wheat grain, complex enzyme preparation, sodium selenite, antioxidant activity, microstructure, mineral elements

For citation: Kuznetsova E.A., Rebezov M.B., Kuznetsova E.A., Nasrullaeva G.M. Study of Changes in Antioxidant Activity, Microstructure, and Mineral Composition of Nadir Wheat Grain During Preparation for Whole Grain Bread Production. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 166–172.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-166-172>

Исследование изменения показателей антиоксидантной активности, микроструктуры и минерального состава зерна пшеницы сорта Надира при подготовке к производству зернового хлеба

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цельнозерновые продукты приобретают большую популярность у жителей индустриально развитых стран благодаря высокому содержанию пищевых волокон, витаминов и минеральных элементов. Замачивание зерна пшеницы является важнейшей стадией при производстве зернового хлеба. С целью улучшения качества и приобретения полезных свойств зерновым хлебом применяют ферментные препараты на основе целлюлаз на стадии замачивания зерна. Этот биотехнологический прием влияет на изменение локализации и содержания важнейших биологически активных веществ в зерне. Новые знания о перераспределении химических соединений в пределах зерна пшеницы в процессе ферментативного гидролиза позволят разработать основы регулирования процесса замачивания.

Методы. Представлены экспериментальные данные о влиянии комплексного ферментного препарата на основе целлюлаз и селенита натрия, вносимых при замачивании зерна пшеницы, на изменение микроструктуры основных морфологических частей зерна, антиоксидантную активность, содержание химических соединений, определяющих антиоксидантную активность, и распределение минеральных элементов в пределах зерновки.

Результаты. При замачивании зерна пшеницы сорта Надира в буферном растворе ферментного препарата на основе целлюлаз и селенита натрия в течение 10 часов в оптимальных для действия ферментов условиях происходит модификация микроструктуры морфологических частей зерна, увеличиваются антиоксидантная активность зерна на 9,3% ингибирования радикала ДФПГ, содержание суммы флавоноидов (на 0,05%), антоцианов (на 0,132%) и глутатиона (на 12 мг%) по сравнению с вариантом, в котором зерно замачивали в воде. Биологически активные минеральные элементы и селен накапливаются после ферментации зерна в зародыше.

Ключевые слова: зерно пшеницы, комплексный ферментный препарат, селенит натрия, антиоксидантная активность, микроструктура, минеральные элементы

Для цитирования: Кузнецова Е.А., Ребезов М.Б., Кузнецова Е.А., Насруллаева Г.М. Исследование изменения показателей антиоксидантной активности, микроструктуры и минерального состава зерна пшеницы сорта Надира при подготовке к производству зернового хлеба. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 166–172 (in English).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-166-172>

Introduction/Введение

Diets rich in whole grain products help reduce the risk of several chronic diseases, including Type 2 diabetes, cardiovascular diseases, coronary heart disease, stroke, and certain types of cancer [1–3]. This can be attributed to the high fiber content found in whole grain products compared to refined ones, as well as the synergistic effect of many bioactive molecules present in unrefined cereal products [4–6]. Wheat is one of the most cultivated agricultural crops in the world. Milling wheat grain produces flour that is lower in mineral elements, vitamins, and fiber compared to the whole grain [7–9].

High-grade wheat flour has excellent baking qualities but is deficient in biologically active substances [10–12]. When milling, bran, which consists of the outer layers of the grain, makes up 15% of the wheat grain [13]. Using whole wheat grain in bread production is challenging due to the negative impact of the rough grain shells on the taste and technological properties of the product [14, 15].

The use of whole unpeeled grain in cereal-based products can address many issues, including improving product quality, shelf life, and maintaining consumer health [16].

New products with improved rheology, thanks to the presence of carbohydrate components from the outer layers of the grain, can be introduced to the market as functional foods aimed at preventing various diseases, such as diabetes, cancer, and bacterial infections [17, 18].

The outer layers of cereal grains are plant cell walls, which form a matrix consisting of non-starch polysaccharides: cellulose and hemicelluloses, as well as lignin, minerals, and other components. These are tightly bound together, creating a hydrophobic network with high strength and stiffness [19, 20].

For this reason, the pre-treatment of raw materials is necessary for food technologies, and it represents a critical step in breaking down the natural structure of the plant's cell wall [21–23].

When producing baked goods from whole wheat grain, enzyme preparations based on cellulase are used. The use of enzyme preparations in bread technology improves the organoleptic and physicochemical properties of the product and extends its freshness [24–26].

Enzymatic treatment of wheat grain is carried out during the preparation stage for whole grain bread production [25, 27].

For this, the grain is soaked in a solution of the enzyme preparation and held until it reaches the moisture content (above 40%) necessary for the dispersion process. During this time, the grain swells and germination processes begin [28].

It is known that pre-treatment of the grain leads to the accumulation of biologically active compounds. However, suboptimal conditions during the first stage of germination may lead to the accumulation of harmful products due to the activation of secondary metabolism [29]. Rehydration, during which seeds that were in an inactive state awaken and metabolism begins, is associated with a high level of oxidative stress [30].

The absorption of reactive oxygen species is crucial for germinating seeds and involves non-enzymatic components, mainly associated with the overproduction of antioxidants (such as phenolic compounds) [31]. It is also known that germination moderately increases the total content of polyphenols [32].

Thanks to advances in grain breeding aimed at improving quality, new varieties of colored wheat have been developed. These varieties can address nutritional

challenges by increasing the content of antioxidants, such as anthocyanins, carotenoids, flavonoids, polyphenols, and others. Colored wheat opens a new path for enhancing the nutritional value of grain-based products [33, 34]. Anthocyanins, located in the aleurone layer of the grain, give wheat a blue-violet color [35]. The high nutrient content of colored wheat makes it a promising ingredient for the baking industry [36].

The antioxidant defense system of the grain is enhanced by the addition of selenium in the form of sodium selenite or sodium selenate. This occurs due to an increase in the content of complex selenoproteins and soluble conjugated forms of phenolic acids in germinating seeds, as well as an increase in the activity of glutathione peroxidase and superoxide dismutase [37, 38].

Additionally, Se biofortification during germination can represent an effective strategy for increasing Se concentration in seeds [39].

Thus, in the production of baked goods from whole wheat grain, to obtain a product with enhanced antioxidant properties, one can use grain from colored wheat varieties, which inherently contain anthocyanins and flavonoids, along with carbohydrate-hydrolyzing enzymes and selenium-containing preparations during the grain soaking process in the production of whole grain bread [27, 40, 41].

The aim of the study was to investigate changes in antioxidant activity, microstructure, and mineral composition of wheat grain during preparation for whole grain bread production.

Materials and methods/

Материалы и методы исследования

The object of the study was the grain of purple wheat of the Nadir variety, which has a high content of anthocyanins that determine antioxidant properties. During the soaking stage, a complex enzymatic preparation with cellulolytic activity produced by *Penicillium canescens* was used, with an optimal action pH of 4.5–5.5 and a temperature of 40–45 °C. The preparation contains the following enzymes: cellobiase (activity — 469 U/g), β -glucanase (activity — 803 U/g), and xylanase (activity — 5719 U/g). To enhance the antioxidant activity of bread made from whole unpeeled wheat grain and for biofortification purposes, sodium selenite was added during the grain soaking stage.

The initial moisture content of the wheat grain was 12.0%. Before use in the production of whole grain bread, the grain was freed from various impurities and washed with a large amount of tap water. The powdered enzyme preparation was mixed using a magnetic stirrer with an acetate buffer (pH 5.0) at a concentration of 0.5 g/L and a selenium-containing preparation in powder form at a concentration of 3 μ g / 100 g of grain for 0.4 hours. Then, the grain was soaked in a solution of the cellulase-based enzyme preparation in acetate buffer at pH 5.0, with a grain-to-water ratio of 1:2. Soaking was carried out in a thermostat at a temperature of 40 °C. The rational dosage of the enzyme preparation was determined experimentally through trial baking of whole grain bread. The criteria for this were the organoleptic and physicochemical indicators of the quality of the baked goods.

It was established that the rational dosage of the enzyme preparation is 0.06% of the mass of dry grain solids. The duration of the grain soaking was determined after studying the dynamics of water absorption, which was conducted over 18 hours. It was found that the optimal soaking duration for wheat grain is 10 hours. During this time, the moisture content of the wheat grain reached 42%.

For the study, three variants of wheat grain were taken: native dry grain, control (grain soaked in tap water), and grain soaked in an acetate buffer solution of the complex enzyme preparation and sodium selenite (EP + buffer + Na₂SeO₃). The antioxidant activity of the grain was determined spectrophotometrically in an alcoholic extract. The method is based on determining the percentage inhibition of the DPPH radical (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Optical density was measured using a "Spekord M40" spectrophotometer at a wavelength of 515 nm. The total flavonoid and anthocyanin content was determined using commonly accepted spectrophotometric methods. The method for determining the total flavonoids is based on studying the absorption spectra of the products of the reaction of total flavonoids with a 3% aluminum chloride solution. The total anthocyanins were determined in a 1% hydrochloric acid extract. The optical density of the solutions was measured using an "SF200" spectrophotometer. The glutathione content in the grain was determined using the iodometric method. Microstructural studies were conducted using a JEOL JSM 6390 scanning electron microscope. Energy dispersive spectroscopy (EDS) analysis of the chemical composition of the main components of the sample (Na, P, S, K, Mn, Fe, Mg, Ca, Al, Cr, Co, Ni, Zn, Cu, Se) was performed using energy-dispersive spectroscopy (EDS) in the JEOL JSM 6390 scanning electron microscope system. Cross-sectional samples of the grain were coated with platinum in a tabletop vacuum coater JEC-3000FC and placed on a sample stage coated with carbon dioxide. The microscope resolution is 4 nm at an accelerating voltage of 20 kV. Twenty points from each sample were examined. The local analysis area is 3 mm, and the scanning area is at least 12 μm. Statistical processing was carried out using Statgraphics Centurion XVII software.

Results and discussion / Результаты и обсуждение

It was established that the use of an enzyme preparation for soaking wheat grain in a buffered solution in conjunction with sodium selenite leads to an increase in antioxidant activity of the grain after soaking by 9.3% (DPPH radical inhibition), as well as an increase in the total flavonoid content by 0.05%, anthocyanins by 0.132%, and glutathione by 12 mg% compared to the variant in which the grain was soaked in water. The increase in antioxidant activity, total flavonoid and anthocyanin levels, and glutathione content in the wheat grain during soaking is associated with the awakening of the germ and the initiation of the synthesis processes of biologically active compounds. The acceleration of metabolic processes in wheat grain when treated with a complex enzyme preparation and sodium selenite occurs due to the modification of the biopolymers in the cell wall matrix. This facilitates an increase in the rate of water absorption into the inner layers of the grain and accelerates the hydrolysis of reserve substances.

Figure 1 shows photographs of the germ, the surface of the grain, and the endosperm.

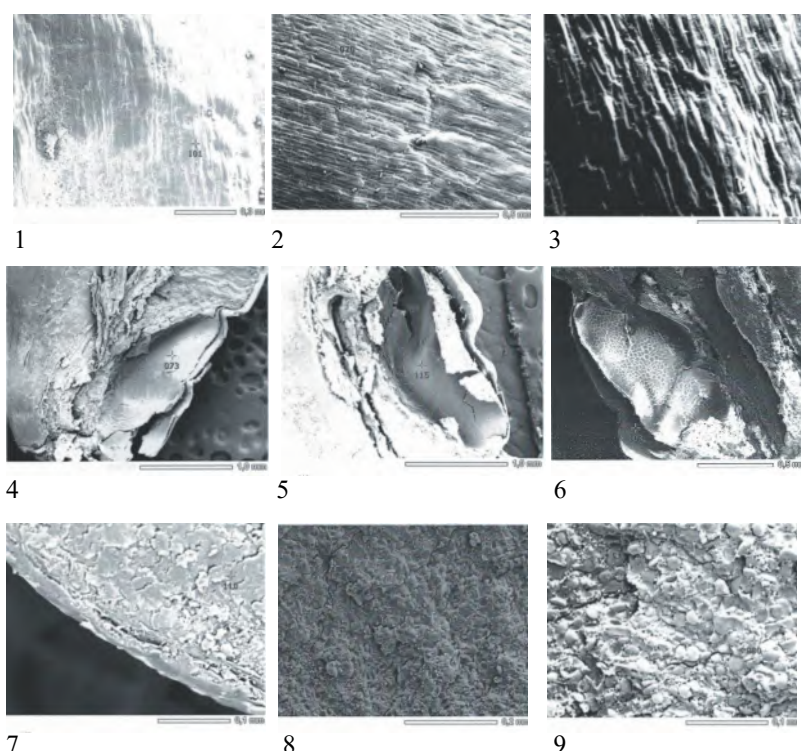
In photographs 1–3, the microstructure of the surface of native grain (1) and the altered microstructure of the grain surface under the action of water (2) and the complex of enzyme and selenium-containing preparations (3) are shown. During soaking, water penetrates into the grain. This is facilitated by the presence of biopolymers in the grain with varying hydrophilicity. They absorb water molecules, resulting in an increase in the volume of the grain by 40–45% over time. Water absorption in the first hours of soaking occurs through non-starch polysaccharides of the fruit envelopes, which have numerous pores and cavities where initial moisture accumulation takes place. Further water absorption is associated with the hydration of the seed coat tissues, aleurone layer, and germ, in which water forms complexes with carbohydrates and proteins, altering the conformation of their molecules. In the final stage, moisture spreads through the tissues in equilibrium proportions [18].

Under the action of the solution of the complex enzyme preparation in acetate buffer, the outer layers of hemicelluloses that lie on the surface of the microfibrils are primarily hydrolyzed. The surface of the grain becomes rougher, with depressions observed in the relief; the diameter and looseness of the fibers change, with polysaccharides swelling in some areas to form broad folds, while in others, microfibrils are exposed and become more accessible for hydrolysis. Due to the modification of the polysaccharides in the surface layers of the grain, the rate of moisture absorption into the endosperm and germ is accelerated, leading to an increase in metabolic processes.

Table 1. Antioxidant activity in wheat grain and the content of substances with antioxidant activity

Experimental Variant	Antioxidant Activity (AOA), % DPPH Radical Inhibition	Total Flavonoid Content, %	Total Anthocyanin Content, %	Glutathione Content, mg%
Native grain	5.8	0.040	0.027	18
Control (water)	9.2	0.060	0.056	40
Enzyme + Buffer + Na ₂ SeO ₃	18.5	0.110	0.188	52

Fig. 1. Microphotographs of the anatomical parts of wheat grain: 1–3 — germ, 4–6 — grain surface, 7–9 — endosperm



Photographs 4–6 show the germ of the wheat grain. Photograph 4 depicts the germ of native wheat grain, which is closely attached to the endosperm. Under the action of water during the soaking of wheat grain for 10 hours, the seed coat detaches in the area of the germ and the tissues crack (5). Treatment of the wheat grain with the enzyme and selenium-containing solution leads to the swelling of the germ, and a hollow space is found between the germ and the endosperm (6).

The microstructure of the endosperm also undergoes changes, as shown in photographs 7–9. In native wheat grain (7), the endosperm presents a dense structure. In the grain treated with the enzyme preparation in conjunction with sodium selenite (9), swelling of the starch granules and protein globules is observed to a greater extent compared to the grain soaked in water (8).

Figure 2 shows microphotographs of cross-sections of wheat grain, where changes in the microstructure of the peripheral parts of the grain can be observed.

Native wheat grain has a shell thickness of 6.26–8.24 μm . After soaking in water for 10 hours, the shell thickness increased to 13.68–19.50 μm , indicating the swelling of non-starch polysaccharides in the peripheral areas of the grain.

After soaking the grain in a buffered solution of the complex enzyme preparation and selenium-containing preparations, the shell thickness of the grain increased to 21.50–28.50 μm . As a result of the action of the enzymes in the preparation, changes occurred in the microstructure of the non-starch polysaccharides, which facilitated easier water penetration and increased accessibility to the crystalline areas within the structure of the cell wall matrix. This confirms the increase in the rate of water absorption into the inner layers of the grain and the acceleration of hydrolysis processes of reserve substances when soaking the grain in the solution of the enzyme preparation in conjunction with sodium selenite.

Using the EDS detector in the JEOL JSM 6390 scanning electron microscope system, the distribution of chemical elements in the anatomical parts of the grain was studied after treatment with the cellulase-based complex enzyme preparation and sodium selenite (Table 2).

It has been established that the primary chemical elements of organic compounds (C + N + O) prevail in the studied anatomical parts of the wheat grain. As a result of soaking and enzymatic hydrolysis of the grain, a redistribution of chemical elements occurs among the anatomical parts. A decrease in the content of mobile elements K, Na, Co, Ni, Zn, and Cu in the surface structures was observed after soaking the grain in a buffered solution of the enzyme preparation and sodium selenite. However, a slight increase in the relative quantity of chemical elements S, Al, P, Mg, and Cr on the surface of the grain was noted. As a result of the enzymatic hydrolysis of the non-starch polysaccharides in

the wheat grain husks, essential chemical elements for the synthesis of protein enzymes and other biologically active compounds (S, P, Fe, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ca) entered the germ with the flow of water. Their quantity in the germ of the grain treated with the enzyme preparation and sodium selenite is higher compared to the grain soaked in water. This indicates a greater rate of synthetic processes compared to the grain soaked in water for the same duration. Conversely, in the endosperm, biogenic mineral elements predominate in the grain soaked in water. It is likely that, as a result of the slower transport of these elements into the germ, they have not yet accumulated in sufficient quantities to accelerate the synthesis of biologically active compounds.

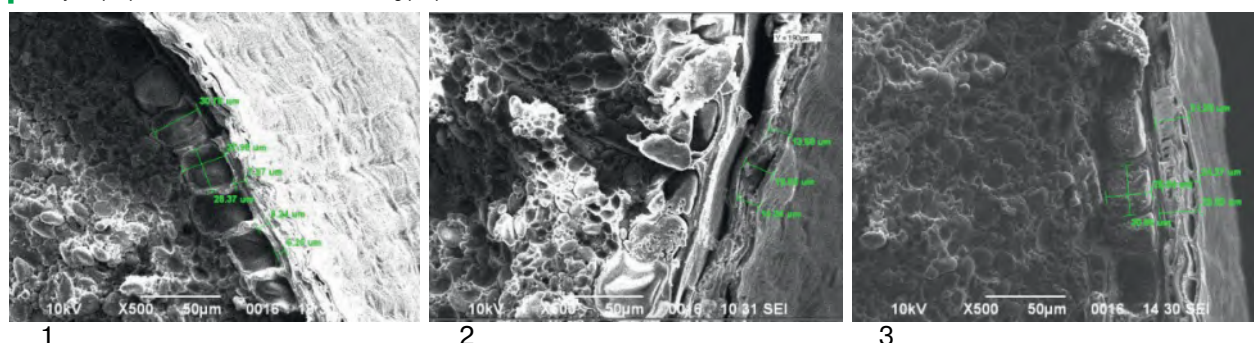
Selenium, as is well known, possesses antioxidant properties, which is one of the reasons for the increased antioxidant activity of wheat grain soaked in a solution of the enzyme preparation and sodium selenite. However, the enrichment of grain products with selenium is of great significance, as selenium has pronounced anticancer effects, not only preventing but also halting the development of malignant tumors. It strengthens cardiac muscles and is necessary for the synthesis of iodinated hormones of the thyroid gland. Selenium is particularly famous as a longevity

Table 2. Distribution of Chemical Elements in the Anatomical Parts of the Grain

Chemical element	Relative content, mass%								
	Surface			The embryo			Endosperm		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C	33.70	32.23	31.89	33.20	35.72	31.72	33.68	29.50	32.83
N	36.51	32.75	30.11	38.16	17.79	30.27	38.01	25.41	31.93
O	27.97	33.86	36.49	27.34	20.29	36.66	27.09	32.81	34.21
Na	0.09	0.03	–	–	0.10	0.18	0.07	0.01	–
Mg	0.06	0.07	0.21	0.17	–	–	–	0.11	0.02
Al	0.01	0.01	0.09	–	1.07	2.20	–	–	–
P	0.13	0.15	0.19	0.08	0.32	1.78	0.25	1.85	0.01
S	0.12	0.19	0.25	0.22	0.39	2.04	0.33	2.05	0.05
K	0.48	0.34	0.16	0.32	6.01	0.41	0.01	3.03	0.08
Ca	0.15	0.09	0.17	0.40	1.23	5.17	–	–	–
Cr	–	0.01	0.10	0.01	–	–	0.04	0.78	0.07
Mn	–	–	–	–	0.20	0.75	0.11	0.97	–
Fe	–	0.06	0.06	0.01	0.09	0.14	0.06	0.57	–
Co	0.09	0.05	0.03	–	0.19	0.18	–	–	0.06
Ni	0.08	0.04	–	0.02	1.20	3.10	0.12	–	–
Cu	0.02	0.01	–	–	1.20	1.19	0.06	0.43	0.20
Zn	0.08	–	–	–	–	0.23	0.03	–	–
Se	–	–	0.22	–	–	1.24	–	–	–

Note: * 1 — Native grain, 2 — Control (water), 3 — Enzyme + Buffer + Na_2SeO_3 .

Fig. 2. Microphotographs of cross-sections of wheat grain: 1 — native grain, 2 — grain soaked in water, 3 — grain soaked in a solution of the complex enzyme preparation and selenium-containing preparations



trace element because it not only protects cell membranes from damage by aggressive forms of oxygen but also actively helps vitamin E, a well-known antioxidant, to fully realize its antioxidant potential [42].

Grain treated with sodium selenite during soaking differs in selenium content. It has been established that selenium concentrates on the surface of the grain, but is found in greater quantities in the germ, where it plays a role in crucial processes of biosynthesis of selenium-containing proteins and other biologically active substances.

Conclusions/Выводы

Soaking Nadir wheat grain in a buffered solution of a cellulase-based complex enzyme preparation and sodium selenite for 10 hours at pH 5.0 and a temperature

of 40 °C in preparation for whole grain bread production leads to changes in the microstructure of the surface, peripheral parts of the grain, germ, and endosperm.

Additionally, antioxidant activity of the grain increases by 9.3% (DPPH radical inhibition), the total flavonoid content increases by 0.05%, anthocyanins by 0.132%, and glutathione by 12 mg% compared to the variant where the grain was soaked in water. Furthermore, there is a redistribution of mineral elements among the anatomical parts of the grain: their content decreases in the surface layers of the grain and increases in the germ, where chemical elements participate in the synthesis of enzymes and other biologically active compounds. Selenium, introduced during the soaking of wheat grain, concentrates on the surface of the grain and in the germ.

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

Author E.A. Kuznetsova expresses gratitude to the Russian Science Foundation for the financial support of the research conducted under Grant No. 24-26-00259.

REFERENCES

1. Gómez M., Pereira E. Grain Products: Traditional and Innovative Technologies. *Foods*. 2024; 13(7): 1126. <https://doi.org/10.3390/foods13071126>
2. Zujko M.E., Witkowska A.M. Dietary Antioxidants and Chronic Diseases. *Antioxidants*. 2023; 12(2): 362. <https://doi.org/10.3390/antiox12020362>
3. Vaskovsky A.M., Chvanova M.S., Rebezov M.B. Creation of digital twins of neural network technology of personalization of food products for diabetics. *2020 4th Scientific School on Dynamics of Complex Networks and their Application in Intellectual Robotics (DCNAIR)*. IEEE. 2020; 251–253. <https://doi.org/10.1109/DCNAIR50402.2020.9216776>
4. Koistinen V.M. et al. Metabolic changes in response to varying whole-grain wheat and rye intake. *npj Science of Food*. 2024; 8: 8. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00247-0>
5. Longo A., Amendolagine G., Miani M.G., Rizzello C.G., Verni M. Effect of Air Classification and Enzymatic and Microbial Bioprocessing on Defatted Durum Wheat Germ: Characterization and Use as Bread Ingredient. *Foods*. 2024; 13(12): 1953. <https://doi.org/10.3390/foods13121953>
6. Dinu M., Martini D. Ultra-Processed Foods, Diet Quality and Human Health. *Nutrients*. 2023; 15(13): 2890. <https://doi.org/10.3390/nu15132890>
7. Karshieva U.Sh., Ashurov Sh.Sh. The Influence of Sowing and Mineral Fertilizer Norms on The Growth, Development, Yield and Crop Qualities of Seeds of Autumn Soft Wheat. *Journal of Advanced Zoology*. 2023; 44(S6): 219–224.
8. Khudaykulov J., Azizov B., Israilov I. Influence of planting period on the growth, development and productivity indicators of durum wheat. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03048. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903048>
9. Karelina Yu.A., Ilyina M.A., Rebezov M.B. Quality management of wheat flour based on HACCP principles. *Actual problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 82nd International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2024; 372 (in Russian). <https://elibrary.ru/jrztqr>
10. Szöke-Trenyik E., Mihalkó J., Sipos P., Szabó B.P. Development of High-Fibre, Ready-to-Bake Flour Mixtures from Purple Wheat. *Processes*. 2023; 11(2): 389. <https://doi.org/10.3390/pr11020389>
11. Makhmudov F.A., Asimova S.T., Rebezov M.B., Iztaev A.I., Konarbayeva Z.K. Technology for production and quality of bread baked from whole grind wheat flour. *Bulletin of Shakarim University. Series: Technical Sciences*. 2024; (1): 165–173 (in Russian). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
12. Smolnikova F.H., Amirkhanov K.Zh., Asenova B.K., Rebezov M.B., Sotnikova V.M., Nurgazezova A.N. The technology of dry grain mixture with using wheat germ cake. *Food. Ecology. Quality. Proceedings of the XIV International scientific and practical conference*. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2017; 2: 206–209 (in Russian). <https://elibrary.ru/yleeps>
13. Courtin C.M., Delcour J.A. Arabinoxylans and Endoxylanases in Wheat Flour Bread-making. *Journal of Cereal Science*. 2002; 35(3): 225–243. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0433>
14. Coda R., Kärki I., Nordlund E., Heiniö R.-L., Poutanen K., Katina K. Influence of particle size on bioprocess induced changes on technological functionality of wheat bran. *Food Microbiology*. 2014; 37: 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.011>

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в работу.
Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Автор Е.А. Кузнецова выражает благодарность Российскому научному фонду за финансовую поддержку исследования, проведенного в рамках гранта № 24-26-00259.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gómez M., Pereira E. Grain Products: Traditional and Innovative Technologies. *Foods*. 2024; 13(7): 1126. <https://doi.org/10.3390/foods13071126>
2. Zujko M.E., Witkowska A.M. Dietary Antioxidants and Chronic Diseases. *Antioxidants*. 2023; 12(2): 362. <https://doi.org/10.3390/antiox12020362>
3. Vaskovsky A.M., Chvanova M.S., Rebezov M.B. Creation of digital twins of neural network technology of personalization of food products for diabetics. *2020 4th Scientific School on Dynamics of Complex Networks and their Application in Intellectual Robotics (DCNAIR)*. IEEE. 2020; 251–253. <https://doi.org/10.1109/DCNAIR50402.2020.9216776>
4. Koistinen V.M. et al. Metabolic changes in response to varying whole-grain wheat and rye intake. *npj Science of Food*. 2024; 8: 8. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00247-0>
5. Longo A., Amendolagine G., Miani M.G., Rizzello C.G., Verni M. Effect of Air Classification and Enzymatic and Microbial Bioprocessing on Defatted Durum Wheat Germ: Characterization and Use as Bread Ingredient. *Foods*. 2024; 13(12): 1953. <https://doi.org/10.3390/foods13121953>
6. Dinu M., Martini D. Ultra-Processed Foods, Diet Quality and Human Health. *Nutrients*. 2023; 15(13): 2890. <https://doi.org/10.3390/nu15132890>
7. Karshieva U.Sh., Ashurov Sh.Sh. The Influence of Sowing and Mineral Fertilizer Norms on The Growth, Development, Yield and Crop Qualities of Seeds of Autumn Soft Wheat. *Journal of Advanced Zoology*. 2023; 44(S6): 219–224.
8. Khudaykulov J., Azizov B., Israilov I. Influence of planting period on the growth, development and productivity indicators of durum wheat. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03048. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903048>
9. Карелина Ю.А., Ильина М.А., Ребезов М.Б. Управление качеством пшеничной муки на основе принципов ХАССП. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 82-й Международной научно-технической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2024; 372. <https://elibrary.ru/jrztqr>
10. Szöke-Trenyik E., Mihalkó J., Sipos P., Szabó B.P. Development of High-Fibre, Ready-to-Bake Flour Mixtures from Purple Wheat. *Processes*. 2023; 11(2): 389. <https://doi.org/10.3390/pr11020389>
11. Махмудов Ф.А., Азимова С.Т., Ребезов М.Б., Изтаев А.И., Конарбаева З.К. Технология производства и качество выпеченного хлеба из цельномолотой пшеничной муки. *Вестник Университета Шакарима. Серия: Технические науки*. 2024; (1): 165–173. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
12. Смольникова Ф.Х., Амирханов К.Ж., Асенова Б.К., Ребезов М.Б., Сотникова В.М., Нургазезова А.Н. Технология сухой зерновой смеси с использованием жмыха зародыша пшеницы. *Пища. Экология. Качество. Труды XIV Международной научно-практической конференции*. Новосибирск: Золотой колос. 2017; 2: 206–209. <https://elibrary.ru/yleeps>
13. Courtin C.M., Delcour J.A. Arabinoxylans and Endoxylanases in Wheat Flour Bread-making. *Journal of Cereal Science*. 2002; 35(3): 225–243. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0433>
14. Coda R., Kärki I., Nordlund E., Heiniö R.-L., Poutanen K., Katina K. Influence of particle size on bioprocess induced changes on technological functionality of wheat bran. *Food Microbiology*. 2014; 37: 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.011>

15. Naumenko N.V., Chaplina A.A., Fatkullin R.I., Skachkova E.N., Fatkullina N.I. Vegetable raw materials as a way to improve the quality of bakery products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 02010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410802010>
16. Li Y., Wu X. Processing and Properties Analysis of Grain Foods. *Processes*. 2023; 11(1): 95. <https://doi.org/10.3390/pr11010095>
17. Tufail T. *et al.* Extraction, quantification, and biochemical characterization of cereal industry by-product cell wall. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020; 45(3): e15023. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15023>
18. Qi X., Zhang Y., Yu H., Xie J. Research on the Properties of Polysaccharides, Starch, Protein, Pectin, and Fibre in Food Processing. *Foods*. 2023; 12(2): 249. <https://doi.org/10.3390/foods12020249>
19. Nguyen S.N., Drawbridge P., Beta T. Distribution of cereal phytochemicals and micronutrients in whole grains: A review of nutraceutical, industrial, and agricultural implications. *Cereal Chemistry*. 2024; 101(5): 903–925. <https://doi.org/10.1002/cche.10790>
20. van der Cruisjens K., Al Hassan M., van Erven G., Dolstra O., Trindade L.M. Breeding Targets to Improve Biomass Quality in *Miscanthus*. *Molecules*. 2021; 26(2): 254. <https://doi.org/10.3390/molecules26020254>
21. Rempelos L., Kabourakis E., Leifert C. Innovative Organic and Regenerative Agricultural Production. *Agronomy*. 2023; 13(5): 1344. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051344>
22. Bhatia S.K. Biorefinery for the Sustainable Biochemicals Production: Process Design and Technological Advances. *Sustainability*. 2023; 15(10): 7973. <https://doi.org/10.3390/su15107973>
23. Baksi S., Saha D., Saha S., Sarkar U., Basu D., Kuniyal J.C. Pre-treatment of lignocellulosic biomass: review of various physico-chemical and biological methods influencing the extent of biomass depolymerization. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2023; 20(12): 13895–13922. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04838-4>
24. Naumenko O. *et al.* Improving the quality of wheat bread by enriching teff flour. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023; 3(11): 33–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279286>
25. Kiyashko N., Sideltsev O. The Use of Ascorbic Acid as an Improver of Oxidative Action in the Production of Wheat Bread. *Beskoplyny A., Shamsyan M., Artiukh V. (eds.). XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022. Lecture Notes in Networks and Systems; vol. 574. Cham: Springer*. 2023; 1: 2544–2549. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_279
26. Koryachkina S.Ya., Kuznetsova E.A., Sinitsyn A.P. Application of the enzyme preparation "Celloviridin G20x" for the production of grain bread. *Bakery of Russia*. 2004; (3): 15–18 (in Russian).
27. Alekhina N., Andreanova T., Ponomareva E., Lukina S., Lobacheva N., Logunova L. The choice of optimal parameters for bioactivated wheat grinding in grain bread technology. *BIO Web of Conferences*. 2024; 103: 00080. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300080>
28. Kuznetsova E.A. Change of wheat grain quality while preparing to production of grain bread under conditions of fermentative hydrolysis. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2008; (6): 82–85 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jxgpub>
29. Butenko L.I., Ligai L.V. Researches of the chemical composition of germinated seeds of the buckwheat, oats, barley and wheat. *Fundamental research*. 2013; (4–5): 1128–1133 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pxmlcl>
30. Ragusa A. Secondary Metabolites for the Reduction of Oxidative Stress. *Molecules*. 2023; 28(22): 7555. <https://doi.org/10.3390/molecules28227555>
31. Kapoor P. *et al.* Anthocyanin biofortified colored wheat modifies gut microbiota in mice. *Journal of Cereal Science*. 2022; 104: 103433. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103433>
32. Padhy A.K., Kaur P., Singh S., Kashyap L., Sharma A. Colored wheat and derived products: key to global nutritional security. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024; 64(7): 1894–1910. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2119366>
33. Dhua S., Kumar K., Kumar Y., Singh L., Sharanagat V.S. Composition, characteristics and health promising prospects of black wheat: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021; 112: 780–794. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.037>
34. Lemmens E. *et al.* Impact of Cereal Seed Sprouting on Its Nutritional and Technological Properties: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019; 18(1): 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
35. Pasko P. *et al.* Influence of selenium supplementation on fatty acids profile and biological activity of four edible amaranth sprouts as new kind of functional food. *Journal of Food Science and Technology*. 2015; 52(8): 4724–4736. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1602-5>
36. Baenas N., Garcia-Viguera C., Moreno D.A. Elicitation: A Tool for Enriching the Bioactive Composition of Foods. *Molecules*. 2014; 19(9): 13541–13563. <https://doi.org/10.3390/molecules190913541>
37. Moldovan C., Dumbravă D., Raba D., Popa M., Toja C., Zippenfening S.E. Assessing the level of key antioxidants in wheat seedlings consecutive sodium selenite treatment. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2011; 17(1): 58–66.
15. Naumenko N.V., Chaplina A.A., Fatkullin R.I., Skachkova E.N., Fatkullina N.I. Vegetable raw materials as a way to improve the quality of bakery products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 02010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410802010>
16. Li Y., Wu X. Processing and Properties Analysis of Grain Foods. *Processes*. 2023; 11(1): 95. <https://doi.org/10.3390/pr11010095>
17. Tufail T. *et al.* Extraction, quantification, and biochemical characterization of cereal industry by-product cell wall. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020; 45(3): e15023. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15023>
18. Qi X., Zhang Y., Yu H., Xie J. Research on the Properties of Polysaccharides, Starch, Protein, Pectin, and Fibre in Food Processing. *Foods*. 2023; 12(2): 249. <https://doi.org/10.3390/foods12020249>
19. Nguyen S.N., Drawbridge P., Beta T. Distribution of cereal phytochemicals and micronutrients in whole grains: A review of nutraceutical, industrial, and agricultural implications. *Cereal Chemistry*. 2024; 101(5): 903–925. <https://doi.org/10.1002/cche.10790>
20. van der Cruisjens K., Al Hassan M., van Erven G., Dolstra O., Trindade L.M. Breeding Targets to Improve Biomass Quality in *Miscanthus*. *Molecules*. 2021; 26(2): 254. <https://doi.org/10.3390/molecules26020254>
21. Rempelos L., Kabourakis E., Leifert C. Innovative Organic and Regenerative Agricultural Production. *Agronomy*. 2023; 13(5): 1344. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051344>
22. Bhatia S.K. Biorefinery for the Sustainable Biochemicals Production: Process Design and Technological Advances. *Sustainability*. 2023; 15(10): 7973. <https://doi.org/10.3390/su15107973>
23. Baksi S., Saha D., Saha S., Sarkar U., Basu D., Kuniyal J.C. Pre-treatment of lignocellulosic biomass: review of various physico-chemical and biological methods influencing the extent of biomass depolymerization. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2023; 20(12): 13895–13922. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04838-4>
24. Naumenko O. *et al.* Improving the quality of wheat bread by enriching teff flour. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023; 3(11): 33–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279286>
25. Kiyashko N., Sideltsev O. The Use of Ascorbic Acid as an Improver of Oxidative Action in the Production of Wheat Bread. *Beskoplyny A., Shamsyan M., Artiukh V. (eds.). XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022. Lecture Notes in Networks and Systems; vol. 574. Cham: Springer*. 2023; 1: 2544–2549. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_279
26. Корячкина С.Я., Кузнецова Е.А., Синицын А.П. Применение ферментного препарата «Целовиридин Г20х» для производства зернового хлеба. *Хлебопечение России*. 2004; (3): 15–18.
27. Alekhina N., Andreanova T., Ponomareva E., Lukina S., Lobacheva N., Logunova L. The choice of optimal parameters for bioactivated wheat grinding in grain bread technology. *BIO Web of Conferences*. 2024; 103: 00080. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300080>
28. Кузнецова Е.А. Изменение качества зерна пшеницы при подготовке к производству зернового хлеба в условиях ферментативного гидролиза. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2008; (6): 82–85. <https://www.elibrary.ru/jxgpub>
29. Бутенко Л.И., Лигай Л.В. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы. *Фундаментальные исследования*. 2013; (4–5): 1128–1133. <https://www.elibrary.ru/pxmlcl>
30. Ragusa A. Secondary Metabolites for the Reduction of Oxidative Stress. *Molecules*. 2023; 28(22): 7555. <https://doi.org/10.3390/molecules28227555>
31. Kapoor P. *et al.* Anthocyanin biofortified colored wheat modifies gut microbiota in mice. *Journal of Cereal Science*. 2022; 104: 103433. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103433>
32. Padhy A.K., Kaur P., Singh S., Kashyap L., Sharma A. Colored wheat and derived products: key to global nutritional security. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024; 64(7): 1894–1910. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2119366>
33. Dhua S., Kumar K., Kumar Y., Singh L., Sharanagat V.S. Composition, characteristics and health promising prospects of black wheat: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021; 112: 780–794. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.037>
34. Lemmens E. *et al.* Impact of Cereal Seed Sprouting on Its Nutritional and Technological Properties: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019; 18(1): 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
35. Pasko P. *et al.* Influence of selenium supplementation on fatty acids profile and biological activity of four edible amaranth sprouts as new kind of functional food. *Journal of Food Science and Technology*. 2015; 52(8): 4724–4736. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1602-5>
36. Baenas N., Garcia-Viguera C., Moreno D.A. Elicitation: A Tool for Enriching the Bioactive Composition of Foods. *Molecules*. 2014; 19(9): 13541–13563. <https://doi.org/10.3390/molecules190913541>
37. Moldovan C., Dumbravă D., Raba D., Popa M., Toja C., Zippenfening S.E. Assessing the level of key antioxidants in wheat seedlings consecutive sodium selenite treatment. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2011; 17(1): 58–66.

38. Yunuskhonov Sh., Jaynakov M.Sh., Abdurazakova Z.L. Soybean Seed Peroxidase. *Journal of Propulsion Technology*. 2023; 44(4): 1051–1056. <https://doi.org/10.52783/tijpt.v44.i4.969>

39. Kuznetsova E.A. Transformation of heavy metals in the system "soil — crops — products — grain processing". Orel: *Zenina S.* 2009; 99 (in Russian). ISBN 978-5-902802-41-9 <https://www.elibrary.ru/qkzwtr>

40. Fatkullin R.I. et al. Study of the antioxidant properties of enriched bakery products. *Agrarian science*. 2022; (9): 167–172 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172>

41. Korolev D.N., Khmeleva E.V. Prospects for the use of new breeding wheat varieties for the creation of functional food products. *Prospects for industry interaction in comprehensive rehabilitation. Proceedings of the VI International scientific and practical conference*. Orel: Orel State University named after I.S. Turgenev. 2024; 203–207 (in Russian). <https://elibrary.ru/jmgntka>

42. Egorov G.A. Management of technological properties of grain. Voronezh: *Voronezh State University*. 2000; 348 (in Russian).

ОБ АВТОРАХ

Елена Анатольевна Кузнецова¹

доктор технических наук, доцент
elkuznetcova@yandex.ru
<https://orcid.org/00000-0001-7165-3517>

Максим Борисович Ребезов²

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Елена Александровна Кузнецова¹

ассистент, аспирант
1408199714@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9518-6968>

Гунеш Мазахир кызы Насруллаева⁴

кандидат технических наук, старший преподаватель
gunesh15@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2598-4742>

¹Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, ул. Комсомольская, 95, Орёл, 302026, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

³Азербайджанский государственный экономический университет, ул. Истиглалият, 22, Баку, AZ1001, Азербайджан

38. Yunuskhonov Sh., Jaynakov M.Sh., Abdurazakova Z.L. Soybean Seed Peroxidase. *Tuijin Jishu*. 2023; 44(4): 1051–1056. <https://doi.org/10.52783/tijpt.v44.i4.969>

39. Кузнецова Е.А. Трансформация тяжелых металлов в системе «почва — зерновые культуры — продукты — переработка зерна». Орел: *Зенина С.* 2009; 99. ISBN 978-5-902802-41-9 <https://www.elibrary.ru/qkzwtr>

40. Фаткуллин Р.И. и др. Исследование антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*. 2022; (9): 167–172. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172>

41. Королёв Д.Н., Хмелева Е.В. Перспективы использования новых селекционных сортов пшеницы для создания продуктов питания функционального назначения. *Перспективы отраслевого взаимодействия в комплексной реабилитации. Материалы VI Международной научно-практической конференции*. Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. 2024; 203–207. <https://elibrary.ru/jmgntka>

42. Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. Воронеж: *ВГУ*. 2000; 348.

ABOUT THE AUTHORS

Elena Anatolyevna Kuznetsova¹

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
elkuznetcova@yandex.ru
<https://orcid.org/00000-0001-7165-3517>

Maksim Borisovich Rebezov²

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
xChief Researcher
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Elena Aleksandrovna Kuznetsova¹

Assistant, Graduate Student
1408199714@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9518-6968>

Gyunesh Mazahir kyzy Nasrullaeva⁴

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
gunesh15@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2598-4742>

¹Orel State University named after I.S. Turgenev, 95 Komsomolskaya Str., Orel, 302026, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems,

26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

³Azerbaijan State Economic University,

22 Istiglaliyat Str., Baku, AZ1001, Azerbaijan

УДК 334.73.01

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-173-181

С.Г. Головина¹ ✉А.Р. Кузнецова¹М.Ф. Хайруллин²¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия²Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия

✉ s_golovina@yahoo.com

Поступила в редакцию: 02.09.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Головина С.Г., Кузнецова А.Р., Хайруллин М.Ф.

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-173-181

Svetlana G. Golovina¹ ✉Alfiya R. Kuznetsova¹Mars F. Khayrullin²¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia²K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (The First Cossack University), Moscow, Russia

✉ s_golovina@yahoo.com

Received by the editorial office: 02.09.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Golovina S.G., Kuznetsova A.R., Khayrullin M.F.

Продовольственная безопасность: угрозы, вызовы, возможности

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Исследование, результаты которого представлены в данной статье, сосредоточено на спецификации различных аспектов обеспечения населения продуктами питания, причем как сугубо концептуальных (уточнение некоторых фундаментальных понятий в данной тематике исследований), так и практико-ориентированных (идентификация факторов, влияющих на продовольственную безопасность страны и в отрицательном ракурсе, и в положительном).

Методы. Обзорно-аналитические методы, используемые в работе и охватывающие скрупулезное изучение результатов современных изысканий по теме продовольственной безопасности и инновационных практик по ее обеспечению в России и других странах мира, придают полученным обобщениям теоретическую и практическую значимость. Применяемые в исследовании информационные материалы (в том числе статистические), взятые из официальных источников, включая сведения Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, международных организаций, подтверждают его объективность и надежность.

Результаты. К основным итогам исследования целесообразно отнести, во-первых, спецификацию базовых элементов современной концепции продовольственной безопасности, в числе которых (1) самообеспеченность важнейшими видами сельскохозяйственной продукции, (2) доступность важных продуктов питания для населения страны (региона), (3) стабильность, гибкость и адаптивность среды, определяющей обеспечение населения основными видами продовольствия, во-вторых, оценку сложившегося уровня продовольственной безопасности в Российской Федерации, в-третьих, определение ключевых факторов, влияющих на достижение продовольственной безопасности в условиях современных вызовов и угроз биологического, климатического и геополитического характера.

Ключевые слова: сельскохозяйственные кооперативы, цифровизация, сельское развитие, многофункциональность, угрозы и вызовы

Для цитирования: Головина С.Г., Кузнецова А.Р., Хайруллин М.Ф. Продовольственная безопасность: угрозы, вызовы, возможности. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 173–181.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-173-181>

Food security: threats, challenges, opportunities

ABSTRACT

Relevance. The study, the results of which are presented in this article, is focused on the specification of various aspects of providing the population with food products, both purely conceptual (clarification of some fundamental concepts in this research topic) and practice-oriented (identification of factors influencing the country's food security both in a negative and positive way).

Methods. The review and analytical methods used in the work and covering a scrupulous study of the results of modern research on the topic of food security and innovative practices for its provision in Russia and other countries of the world, give the obtained generalizations theoretical and practical significance. The information materials used in the study (including statistical ones), taken from official sources, including information from the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, international organizations, confirm its objectivity and reliability.

Results. The main results of the study should include, firstly, the specification of the basic elements of the modern concept of food security, including (1) self-sufficiency in the most important types of agricultural products, (2) availability of important food products for the population of the country (region), (3) stability, flexibility and adaptability of the environment that determines the provision of the population with basic types of food, secondly, an assessment of the current level of food security in the Russian Federation, thirdly, the definition of key factors influencing the achievement of food security in the context of modern challenges and threats of a biological, climatic and geopolitical nature.

Key words: food security, factors, agri-food system, threats and challenges, opportunities

For citation: Golovina S.G., Kuznetsova A.R., Khayrullin M.F. Food security: threats, challenges, opportunities. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 173–181 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-173-181>

Введение/Introduction

Многочисленные научные исследования и активные дискуссии, фокусом которых являются различные вопросы, связанные с продовольственной безопасностью, подтверждают, что в новых условиях среды появляются не только редко встречающиеся ранее проблемы, но и широкие возможности для развития агропродовольственной отрасли экономики [1–5].

Обращаясь к оценке степени обеспечения продовольственной безопасности в Российской Федерации, отметим, что, согласно информации Минсельхоза России, в последние годы, несмотря на беспрецедентные внешнеэкономические санкции и другие неблагоприятные для отрасли условия, в сельском хозяйстве страны наблюдаются следующие положительные явления.

Во-первых, сельское хозяйство и АПК в целом поддерживают высокую динамику в производстве основных видов продукции (в 2023 г. по сравнению с 2020-м производство в пищевой промышленности выросло на 11,6%, в растениеводстве — на 10,2%, в животноводстве — на 3,4%). Во-вторых, согласно представленной Росстатом информации, повысился уровень продовольственной безопасности страны (выполнены принятые в институциональных документах пороговые значения по зерну, растительному маслу, сахару, мясу и мясопродуктам, картофелю). В-третьих, успешно реализуется политика экспорта сельскохозяйственной продукции (лидерские позиции в поставках на экспорт пшеницы расширяются сегодня повышением рейтинга в экспорте мороженой рыбы, подсолнечного и рапсового масла, некоторых других видов сельскохозяйственной продукции) [6–9].

Тем не менее ограничения и возможности, обусловленные угрозами и вызовами биологического, климатического и геополитического характера, непосредственно влияющие на обеспечение населения продуктами питания, требуют дополнительных научных изысканий, уточнения некоторых концептуальных моментов, четкой спецификации конструктивных выводов современных исследований для их практического применения [10–14].

Учитывая пробелы, имеющиеся в трудах по экономической теории и непосредственно касающиеся проблем обеспечения продовольственной безопасности, необходимость в соответствующих исследованиях нарастает ежегодно, определяя спектр новых задач как для ученых, так и для политиков [15, 16].

Цель данной работы — определение перспективных направлений аграрной и сельской политики, реализация которых укрепит позиции Российской Федерации с точки зрения достаточного снабжения населения страны продуктами питания, причем безопасными и полезными для здоровья.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Учитывая практическую значимость вопросов продовольственной безопасности для регионального развития, в статье использованы и результаты сугубо теоретических исследований, авторами которых являются как отечественные ученые (А.И. Алтухов [22], О.В. Ермолова, Н.А. Яковенко [30]), так и зарубежные (W. Peng, E.M. Berry [29], M. Hailu, D. Degaga, A. Girma [31]), и обобщения из эмпирических работ, посвященных динамичному развитию сельскохозяйственной отрасли производства, эффективной организации специализации

и разделения труда в производстве сельскохозяйственной продукции и продуктов питания (О.В. Ермолова [30], О.В. Каменецкая [6], М.В. Попов [34], И.Ф. Суханова [38]), причем с учетом новой концепции развития, предполагающей переход от всеобщей (часто неосмотрительной) глобализации к региональной (разумной) интеграции.

Материалы Росстата¹ и Минсельхоза России², так же как и аналитическая информация из докладов международных организаций, членом которых является Российская Федерация, использованы в работе для верификации предложенных в исследовании гипотез и для аргументации полученных научных выводов.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В то время как в научной литературе и официальных документах встречаются множество определений продовольственной безопасности, обуславливающих, по сути, подход к ее обеспечению, несколько важных составляющих, подчеркиваемых учеными, являются в них ключевыми.

Первая из них означает наличие достаточного количества продуктов питания, что связано прежде всего с успехами функционирования сельского хозяйства и агропродовольственной системы в целом. Вследствие этого первый этап работы, результаты которой изложены в данной публикации, заключается в определении перспектив развития агропродовольственной отрасли экономики, включая сельское хозяйство и пищевую промышленность, с акцентом на их устойчивость, адаптивность и инновативность.

Второй компонент продовольственной безопасности — доступность продуктов питания для всех слоев и групп населения независимо от мест его проживания, доходов, здоровья и других важных характеристик. Несмотря на то что большая часть населения страны в настоящее время проживает в городах, возможности занятости и доходы сельского населения становятся фокусом исследования в связи с тем, что именно от этих обстоятельств зависит желание людей проживать в сельской местности, заниматься сельским хозяйством и, как следствие, обеспечивать продовольствием всё население страны.

И наконец, ещё один непереносимый элемент продовольственной безопасности, нашедший отражение в ее дефинициях, представлен стабильностью и устойчивостью, поэтому изучение условий, связанных с данными феноменами в отношении обеспечения населения продовольствием, — задача представленного в статье изыскания.

Безусловно, ранжирование значимости обозначенных элементов для достижения определенного уровня безопасности имеет значение. Так, в повестке дня Организации Объединённых Наций в области устойчивого развития на период до 2030 года, призывающей к этому времени «покончить с голодом и обеспечить доступ всех людей, особенно бедных, с ограниченными возможностями здоровья, находящихся в уязвимом положении, к безопасной, полезной пище» [17–21], акцент именно на «свободном и постоянном (в течение всего года) доступе к продуктам питания» [22, 23].

Важно, что такой подход позволяет организовать объективный мониторинг достижения продовольственной безопасности, среди показателей которого, помимо

¹ Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. <https://rosstat.gov.ru/>

² Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. <https://mcx.gov.ru/>

определенных достижений непосредственно в производстве сельскохозяйственной продукции, обозначаются показатели, дающие возможность оценить то, как много людей в момент проведения мониторинга имеют регулярный доступ к питанию [24–28]. Причем такие показатели используются и в мониторинге относительно обеспечения продовольственной безопасности, и в исследованиях по вопросам достижения целей устойчивого развития (определены ООН в 2015 г.). В частности, это касается принятых ориентиров по распространенности проблемы недоедания и степени (умеренной или тяжелой) отсутствия продовольственной безопасности (на основе заранее разработанной шкалы) [29].

В то же время среди показателей обеспеченности продовольствием (его наличия) по-прежнему сохраняется принцип установления границ (пороговых значений) по основному перечню сельскохозяйственной продукции, используемой для производства продуктов питания.

В Российской Федерации в настоящее время пороговый показатель продовольственной безопасности (самообеспеченности) составляет по: зерну — 95%, сахару — 90%, растительному маслу — 90%, мясу — 85%, рыбе — 85%, картофелю — 95%, молоку и молочной продукции — 90%, овощам и бахчевым — 90%, фруктам и ягодам — 60%, семенам — 75%³.

Реальная ситуация такова, что многие из установленных пороговых значений уже достигнуты, по оставшимся наблюдается стабильное приближение фактических данных к плановым (рис. 1).

Согласно прогнозу и с учетом того, что в последние годы наблюдаются существенные успехи в выращивании картофеля, овощей и бахчевых культур, фруктов и ягод, в производстве молока и молочных продуктов, к 2030 г. планируются следующие достижения в самообеспечении:

- ✓ по зерну — >185%,
- ✓ сахару — >116%,
- ✓ растительному маслу — >270%,
- ✓ мясу — >110%,
- ✓ рыбе — >160%,
- ✓ картофелю — >100%,
- ✓ молоку и молочной продукции — >90%,
- ✓ овощам и бахчевым — >90%,
- ✓ фруктам и ягодам — >50%,
- ✓ семенам — >75%.

Рис. 1. Фактические и плановые показатели достижения пороговых значений продовольственной безопасности в Российской Федерации⁴

Fig. 1. Actual and planned indicators of achieving food security thresholds in the Russian Federation

Вид продукции	Пороговое значение, %	2023 г., %
Зерно	95	170,5
Сахар	95	108,5
Мясо	85	101,5
Рыба	85	165,6
Картофель	95	97
Молоко и молочная продукция	90	86,7
Фрукты и ягоды	60	46,7

Движение в направлении независимости от импорта по основным видам продукции характерно сегодня не только для отечественного сельского хозяйства, но и для аграрной политики многих других стран, так как обострения последних лет, вызванные сначала пандемией COVID-19, а затем обострением геополитической обстановки, обусловили важность локальной самостоятельности и безопасности практически во всех странах мира.

В связи с этим задача динамичного развития сельского хозяйства обретает всё большую актуальность, а факторы высокой положительной динамики помещаются многими учеными в центр их научных изысканий [30–33]. Учитывая, что имеется множество работ, посвященных факторам успешного развития аграрной отрасли экономики в современных условиях среды [34–36].

Акцент в данном фрагменте работы придается лишь на отдельные (наиболее важные) предикторы, существенно влияющие на динамику сельской экономики в настоящее время. Среди них следует выделить, во-первых, развитие различных организационных форм бизнеса в сельском хозяйстве, во-вторых, использование самых современных достижений технического прогресса, в-третьих, адекватную государственную поддержку.

Как показывает реальная действительность, в ситуации быстрого роста населения в мире задача развития сельскохозяйственной отрасли и производства продуктов питания требует постоянного внимания. Сельское хозяйство при этом преследует цель обеспечения устойчивого производства продовольствия и доходов сельского населения, сохранения естественных экосистем.

Что касается первого аспекта (организационных инноваций и гармоничного развития различных форм сельскохозяйственной деятельности), то, согласно оценкам, сельскохозяйственные системы по всему миру отличаются большим разнообразием и различной структурой. Если рассматривать общемировой тренд, то до сих пор в производстве сельскохозяйственной продукции преобладают семейные фермы, размеры которых варьируются от менее 0,5 га до более 10 тыс. га, от использования ручных мотыг до автоматизированного (роботизированного) земледелия и животноводства.

Важным свойством современного сельского хозяйства является его существенная взаимозависимость в разных частях мира, в силу чего цены на сельскохозяйственную продукцию определяются во

многим глобальными тенденциями, формирующимися на соответствующих рынках. Новые условия, связанные с потрясениями биологического, климатического, геополитического свойства, значительно нарушают сложившееся глобальное равновесие, обозначив новые проблемы обеспечения продовольственной безопасности на основе уже не глобальной, а региональной интеграции [37].

В Российской Федерации в последние годы методично проводится линия поддержки мелкого и среднего бизнеса, что в сельском хозяйстве означает активное продвижение фермерских хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов. К примеру, в Свердловской области в рамках

³ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Москва, 2020. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77dfcded2014f82ecf37f.pdf>

⁴ Минсельхоз России подвел итоги десятилетия развития АПК в условиях контрсанкций. <https://mcx.gov.ru/press-service/news/minselkhoz-rossii-podvel-itogi-desyatiletia-razvitiya-apk-v-usloviyakh-kontrsanksiy/>

утвержденного порядка предоставления господдержки на развитие семейных ферм и сельхозкооперативов в 2024 году крестьянское хозяйство может получить до 30 млн рублей, всего из федерального и областного бюджетов на эти цели потратят 136 млн рублей⁵. По информации первого заместителя министра АПК и потребительского рынка Свердловской области С. Шарапова, полученные средства господдержки фермеры могут направить «на приобретение скота, техники и оборудования, на строительство и модернизацию зданий и сооружений для производства, хранения и переработки сельхозпродукции»⁶.

В результате аналогичной поддержки в масштабах Российской Федерации доля сельскохозяйственной продукции, производимой фермерами в России, перманентно растет (при сокращении их численности), в то время как вклад личных подсобных хозяйств в производство непременно снижается (табл. 1).

Таким образом, производство зерновых, к примеру, до сих пор сосредоточено в сельскохозяйственных организациях, хотя фермерские хозяйства занимают в нем всё большую долю (в настоящее время более 30%). Возделывание картофеля и овощей, приобретая сугубо промышленную основу, постепенно перемещается из хозяйств населения в сельскохозяйственные организации и крестьянские (фермерские) хозяйства.

Необходимо отметить, что хозяйства населения до сих пор не отказываются от выращивания этих видов продукции на своих участках, обеспечивая собственную потребность в них. Производство семян подсолнечника устойчиво инкорпорируется в сферу деятельности фермеров (40% приходится сегодня на фермерские хозяйства).

Что касается животноводства, то в мясной отрасли наблюдается тенденция преобладания производства мяса в сельскохозяйственных организациях (в 2023 г. — 82,6%), что всецело объясняется высокой капиталоемкостью производства, важностью применения высокотехнологичного оборудования и современных технологий в целом. Лидерами в производстве молока и молочной продукции, как и ранее, являются организационные формы бизнеса, объединенные в группу «сельскохозяйственные организации» (более 50%), вторую половину делят между собой хозяйства населения (производство молока в них сократилось за анализируемый период до 33,4%) и крестьянские (фермерские) хозяйства (увеличили производство молока, достигнув доли в 9%)⁸.

Очевидно, что после вынужденного отказа от международного разделения труда в области производства сельскохозяйственной продукции (а точнее, после ограничения участия в нем) для повышения эффективности сельскохозяйственной деятельности значение имеют внутреннее разделение труда и специализация в границах регионов и областей Российской Федерации.

Как известно, сегодня ранжирование участия федеральных округов Российской Федерации в производстве сельскохозяйственной продукции выглядит таким образом, что первое место среди них занимает Центральный федеральный округ, второе — Приволжский федеральный округ, третье — Южный федеральный округ. Остальные выстраиваются в следующем порядке: Сибирский, Северо-Кавказский, Уральский,

Таблица 1. Структура производства основных видов сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств в Российской Федерации (в % от хозяйств всех категорий)

Table 1. Structure of production of the main types of agricultural products by categories of farms in the Russian Federation (as a percentage of farms of all categories)

Год	Зерно в весе после доработки	Картофель	Овощи	Семена подсолнечника	Скот и птица на убой (в убойном весе)	Молоко
Сельскохозяйственные организации						
2005	80,6	8,4	18,7	72,1	46,2	45,1
2010	77,0	12,0	18,8	82,8	60,6	45,4
2020	69,8	20,9	28,5	64,7	80,7	55,5
2021	68,6	22,6	29,4	63,6	81,2	56,2
2022	68,7	23,0	31,2	61,3	82,6	57,6
Хозяйства населения						
2005	1,1	88,8	74,4	0,5	51,4	51,8
2010	1,1	81,7	68,3	0,7	36,5	49,9
2020	0,7	65,2	50,1	0,3	16,2	35,7
2021	1,1	63,2	49,6	0,4	15,2	34,7
2022	1,1	61,4	46,5	0,3	14,3	33,4
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели						
2005	18,3	2,8	6,9	27,4	2,4	3,1
2010	21,9	6,3	12,9	26,5	2,9	4,7
2020	29,5	13,9	21,4	35,0	3,1	8,8
2021	30,3	14,2	21,0	36,0	3,2	9,1
2022	30,2	15,6	22,3	38,4	3,1	9,0

Источник: Рассчитано по данным Росстата⁷

Северо-Западный, Дальневосточный федеральные округа.

В разрезе различных видов сельскохозяйственной продукции сосредоточение их производства в субъектах Российской Федерации зависит главным образом от особенностей климата, освоённости территорий, наличия трудовых и других ресурсов. Особое внимание государства к сельскохозяйственной отрасли производства (в 2024 г. общее финансирование развития сельского хозяйства составит 559 млрд рублей) открывает перспективу устойчивого развития для многих аграрных российских регионов.

Помимо внутренней специализации сельскохозяйственного производства, не менее важными остаются сотрудничество в области обеспечения продовольственной безопасности в границах межгосударственных объединений, примером которых становится набирающее силу БРИКС⁹ (международная организация, объединяющая в настоящее время Бразилию, Россию, Индию, Китай, ЮАР, Египет, Иран, ОАЭ, Эфиопию).

Учитывая, что вследствие роста численности населения во входящих в БРИКС странах и в результате продолжающейся в них урбанизации потребность в продуктах питания будет опережать соответствующий спрос, все участники БРИКС рассматривают устойчивое функционирование сельскохозяйственной отрасли производства в качестве ключевого условия равновесия на соответствующих аграрных рынках.

Как подчеркивает министр сельского хозяйства Российской Федерации О. Лут, в связи с остротой проблемы обеспечения продовольственной безопасности в

⁵ <https://rustax.ru/granty-i-subsidii-dlya-selskogo-hozyaj/>

⁶ Свердловские фермеры в 2024 году получат гранты на 175 млн рублей. <https://uralский-рабочий.pf/news/item/51121>

⁷ Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Reg_Rus_Pokaz_2023.htm

⁸ Оксана Лут обозначила стратегические задачи в области обеспечения мировой продовольственной безопасности. <https://mcx.gov.ru/press-service/news/oksana-lut-oboznachila-strategicheskie-zadachi-v-oblasti-obespecheniya-mirovoy-prodovolstvennoy-bezo/>

⁹ О межгосударственном объединении БРИКС. <https://www.mid.ru/ru/detail-material-page/1767167/>

ближайшие годы в рамках БРИКС «важно обеспечить бесперебойную работу всех цепочек поставок продовольствия и снять все логистические, финансовые и другие ограничения в торговле продукцией АПК»⁵. Всё это с учетом того, что «совокупный ВВП стран БРИКС по паритету покупательной способности составил уже около трети соответствующих мировых значений. На БРИКС приходится более 40% производства зерновых и мяса, свыше половины мирового объема вылова рыбы и порядка 40% выпускаемой молочной продукции»⁵.

На этом фоне укрепление интеграционных связей и внедрение всевозможных организационных инноваций, включая создание новых моделей сельскохозяйственных кооперативов, развитие новых каналов поставок ресурсов и маркетинга, генерируют множество прямых положительных эффектов и экстерналий для всех участников международного сообщества [38–43].

Какие бы усилия ни предпринимались в организационном и ином плане по повышению эффективности сельскохозяйственного производства и его конкурентоспособности, на первый план в последние годы выходят технологические инновации [44–47], инкорпорация которых выводит отрасль на новый уровень развития.

Важно, что всеми заинтересованными сторонами в связи с необходимостью решения задачи импортозамещения и достижения технологического лидерства продвигается идея создания и внедрения именно отечественных технологий [48–50], производства и использования российской техники [51–54].

В условиях нехватки кадров актуализируется перспектива роботизации [55] сельскохозяйственного труда, причем как в животноводстве (современные фермы в обязательном порядке предусматривают использование роботов для осуществления процессов кормления, доения, уборки навоза), так и в растениеводстве (на последних выставках отечественной техники представлены роботизированные мини-тракторы, способные выполнять большой комплекс сельскохозяйственных работ, автопилоты для другой отечественной техники). Так, на полях Оренбургской области сегодня работает «Кировец» с отечественным автопилотом Cognitive Agro Pilot, причем ведя сев и другие операции без спутников (используя режим автоуправления только по машинному зрению)¹⁰.

В связи с общими тенденциями урбанизации, активным внедрением роботов и искусственного интеллекта (ИИ) кадровая проблема в сельском хозяйстве приобретает несколько иной характер (требуется молодые, хорошо подготовленные специалисты), в связи с чем мероприятия, направленные на привлечение молодежи в сельские районы, рассматриваются государством в качестве первоочередных. Их перечень широк и охватывает как те из них, которые касаются привлечения узких специалистов (на строительство 19 тыс. кв. м арендного жилья для специалистов, приезжающих работать в сельские районы, будут дополнительно направлены более 1,4 млрд рублей), так и более общие, способствующие улучшению условий жизни и работы в границах сельских территорий¹¹.

В 2023 году на комплексное развитие сельских территорий были направлены порядка 64 млрд рублей. В настоящее время такая поддержка продолжается.

К примеру, в ходе уточнения Стратегии пространственного развития Российской Федерации особое внимание по-прежнему уделяется сельской местности, малым городам и поселкам.

В результате в границах сельского пространства планируется построить не только развитые региональные производственные системы, но и привлекательные сельские агломерации, отличающиеся экологической чистотой, менее зависимые от внешних ресурсов, защищенные от снижения занятости и депопуляции современным диверсифицированным производством и соответствующей потребностям человека социальной, культурной и другой инфраструктурой [56, 57].

Проявляя заботу о бытовых условиях жизнедеятельности на селе, правительство определило в качестве мер поддержки, во-первых, субсидирование для сельских жителей кредитов по льготной (не более 5%) ставке на благоустройство домов, а именно на проведение в дом электро-, водо- и газоснабжения, канализации, отопления, на ремонт инженерных систем и кровли, во-вторых, субсидирование программы предоставления льготных кредитов организациям и индивидуальным предпринимателям на развитие инженерной и транспортной инфраструктуры сельских территорий¹².

Как было упомянуто в определении продовольственной безопасности, помимо наличия продовольствия, рассматриваемый феномен предполагает доступность продуктов питания для всех групп населения [58–60] (городского, сельского; с различными доходами и состоянием здоровья), стабильность и устойчивость всех факторов, влияющих на решение столь важной задачи.

Как отмечают эксперты, российское сельское хозяйство продемонстрировало свою адаптивность, гибкость и устойчивость в последние годы: сначала во время пандемии COVID-19, а затем когда из страны ушли многие иностранные компании, нарушив логистические и маркетинговые цепочки, лишив отрасль некоторых важных ресурсов (импортозависимость по некоторым из них была предельно высока).

Согласно докладу министра сельского хозяйства Российской Федерации, за 10 последних лет в результате свойственной отечественному сельскому хозяйству интенсификации роста производства в сельском хозяйстве на 33,2%, в производстве пищевых продуктов — на 42,9% Россия обеспечила население страны широким ассортиментом основных продуктов питания¹². При этом стабильность и устойчивость сложившихся тенденций подтверждаются и экспертными мнениями, и научными доводами [61].

Выводы/Conclusions

Обеспечение продовольственной безопасности генерирует в научной среде новые тематики исследований, связанные с региональной самостоятельностью, интеграцией предприятий по производству продуктов питания внутри субъектов Российской Федерации, взаимодействию всех заинтересованных сторон в ходе решения соответствующих задач.

Как демонстрирует изученная статистика, аналитические обобщения Минсельхоза России, публикации ученых, нацеленность политики государства на

¹⁰ <https://cognitivepilot.com/cognitive-news/news/>

¹¹ Более 1,4 млрд рублей будут направлены дополнительно на строительство 19 тыс. кв. м арендного жилья для специалистов, приезжающих работать в сельские районы. <https://mintrans.gov.ru/press-center/branch-news/4602?ysclid=m02nroblkh535809238>

¹² Правительство РФ направит дополнительные средства на мероприятия по развитию сельских территорий. <https://www.akkor.ru/statya/10280-pravitelstvo-rf-napravit-dopolnitelnye-sredstva-na-meropriyatiya-po-razvitiyu-selskih>

импортозамещение, динамичное развитие аграрной и пищевой отраслей производства обуславливает достижение обозначенных в институциональных документах пороговых значений продовольственной безопасности по многим важным видам продукции.

Среди мер стимулирования сельского хозяйства большое значение имеет поддержка его мелкоопытных форм (мелкого и среднего аграрного бизнеса), инвестиции в развитие которых осуществляются в интересах не только самих производителей, но и сельского населения в целом. В рамках более широкого подхода

к развитию сельских районов такие меры поддержки идентифицируются в качестве важного фактора повышения доходов, используемых в том числе для стимулирования спроса на продовольствие со стороны значимой группы населения — сельских жителей.

В целом же технологические инновации, организационные новшества и эффективная государственная поддержка способны обеспечить состояние безопасности, устойчивости и самостоятельности в вопросах, касающихся снабжения населения такими важными товарами, как продовольствие.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Krasilnikova L.E., Balandin D.A., Fedoseeva S.S. Assessment of the agro-food system of Russia in modern realities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1154: 12013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1154/1/012013>
- Aleksandrov I., Daroshka V., Trushkin V., Chekhovskikh I., OI E. Problems and prospects for sustainable development of the Russian agro-industrial sector under international sanctions and green agenda. *E3S Web of Conferences*. 2023; 371: 03037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337103037>
- Sentishcheva E., Parchomchuk M., Kuzmina V., Golovin A. Crop production trends in the context of the Food Security Doctrine of the Russian Federation. *E3S Web of Conferences*. 2023; 392: 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201003>
- Токарь А.Е., Руда Н.С., Ребезов М.Б., Войцеховский В.И. Экономическая эффективность переработки плодов и ягод на некрепленые винаматериалы. *Вопросы экономики и управления*. 2015; (2): 96–100. <https://elibrary.ru/vbjyzt>
- Войцеховский В.И., Слободяник Г.Я., Ребезов М.Б., Сметанская И.Н. Экономическая эффективность товарного картофеля после длительного хранения. *Вопросы экономики и управления*. 2017; (2): 32–35. <https://elibrary.ru/ynawlt>
- Каменецкая О.В. Особенности государственной поддержки аграрного сектора в России и других странах в условиях структурных изменений экономики. *Международная экономика*. 2024; 21(5): 381–393. <https://doi.org/10.33920/vne-04-2405-04>
- Krichker D.R., Ruschitskaya O.A. The formation and development of priority exports of organic products of agro-industrial complex of the Urals region. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2921(1): 090006. <https://doi.org/10.1063/5.0164569>
- Ramazanov I.A., Nikolaeva M.A., Ramazanov S.A. Экосистемный подход как инструмент решения проблем мясного рынка. *Аграрная наука*. 2024; (5): 129–135. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-129-135>
- Кузнецова А.Р., Жолдоякова Г.Е., Ахметьянова А.И., Кузнецов А.И. Тенденции мирового производства сахарной свеклы и уровень потребления сахара. *Аграрная наука*. 2024; (3): 157–162. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-157-162>
- Golovina S., Kuznetsova A., Zubareva L., Sharameeva O., Zholdoyakova G. Ensuring the security and sustainability of the food system in the face of climate change. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 25010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410825010>
- Aslakhanova S., Khuazheva A., Dzulaeva I. Quality of life, population health and demography as targets for sustainable development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 451: 05017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345105017>
- Fedotova G., Kapustina Y., Romadikova V., Dzhancharova G., Churaev A., Novikov M. Green strategies for the sustainable growth of food security. *E3S Web of Conferences*. 2023; 390: 04014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339004014>
- Ребезов М.Б., Вайскрובה Е.С., Альхамова Г.К., Богатова О.В. Порядок создания интегрированной системы менеджмента качества пищевого предприятия. *Инновации в науке, бизнесе и образовании. Сборник материалов конференции*. Оренбург. 2008; 178–188. <https://elibrary.ru/hoiyhi>
- Ребезов М.Б., Вайскрובה Е.С., Альхамова Г.К., Богатова О.В. Матрица ответственности управления интегрированной системы менеджмента качества пищевых предприятий. *Инновации в науке, бизнесе и образовании. Сборник материалов конференции*. Оренбург. 2008; 171–177. <https://elibrary.ru/lqskvn>
- Cheldieva D., Cheldiev D., Umarova M. The Role and Impact of Economic Processes on the Environmental Management of the Agro-Industrial Complex. *BIO Web of Conferences*. 2023; 63: 05019. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236305019>
- Gishkaeva L.L. The agricultural sector of the Russian economy and innovative technologies: Evolution, problems and directions of development. *BIO Web of Conferences*. 2023; 76: 10008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237610008>

REFERENCES

- Krasilnikova L.E., Balandin D.A., Fedoseeva S.S. Assessment of the agro-food system of Russia in modern realities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1154: 12013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1154/1/012013>
- Aleksandrov I., Daroshka V., Trushkin V., Chekhovskikh I., OI E. Problems and prospects for sustainable development of the Russian agro-industrial sector under international sanctions and green agenda. *E3S Web of Conferences*. 2023; 371: 03037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337103037>
- Sentishcheva E., Parchomchuk M., Kuzmina V., Golovin A. Crop production trends in the context of the Food Security Doctrine of the Russian Federation. *E3S Web of Conferences*. 2023; 392: 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201003>
- Tokar A.E., Ruda N.S., Rebezov M.B., Voytsekhovskiy V.I. Economic efficiency of processing fruits and berries into unfortified wine materials. *Voprosy ekonomiki i upravleniya*. 2015; (2): 96–100 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbjyzt>
- Voytsekhovskiy V.I., Slobodyanik G.Ya., Rebezov M.B., Smetanskaya I.N. Economic efficiency of commercial potatoes after long-term storage. *Voprosy ekonomiki i upravleniya*. 2017; (2): 32–35 (in Russian). <https://elibrary.ru/ynawlt>
- Kamenetskaya O.V. Features of State Support for the Agricultural Sector in Russia and Other Countries in the Context of Structural Changes in the Economy. *The World Economics*. 2024; 21(5): 381–393 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/vne-04-2405-04>
- Krichker D.R., Ruschitskaya O.A. The formation and development of priority exports of organic products of agro-industrial complex of the Urals region. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2921(1): 090006. <https://doi.org/10.1063/5.0164569>
- Ramazanov I.A., Nikolaeva M.A., Ramazanov S.A. Ecosystem approach as a tool for solving meat market problems. *Agrarian science*. 2024; (5): 129–135 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-129-135>
- Kuznetsova A.R., Zholdoyakova G.E., Akhmetyanova A.I., Kuznetsov A.I. Trends in global sugar beet production and sugar consumption levels. *Agrarian science*. 2024; (3): 157–162 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-157-162>
- Golovina S., Kuznetsova A., Zubareva L., Sharameeva O., Zholdoyakova G. Ensuring the security and sustainability of the food system in the face of climate change. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 25010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410825010>
- Aslakhanova S., Khuazheva A., Dzulaeva I. Quality of life, population health and demography as targets for sustainable development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 451: 05017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345105017>
- Fedotova G., Kapustina Y., Romadikova V., Dzhancharova G., Churaev A., Novikov M. Green strategies for the sustainable growth of food security. *E3S Web of Conferences*. 2023; 390: 04014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339004014>
- Rebezov M.B., Vayskrobova E.S., Alkhamova G.K., Bogatova O.V. The procedure for creating an integrated quality management system for a food enterprise. *Innovations in science, business and education. Conference proceedings*. Orenburg. 2008; 178–188 (in Russian). <https://elibrary.ru/hoiyhi>
- Rebezov M.B., Vayskrobova E.S., Alkhamova G.K., Bogatova O.V. The matrix of management responsibility of the integrated quality management system for food enterprises. *Innovations in science, business and education. Conference proceedings*. Orenburg. 2008; 171–177 (in Russian). <https://elibrary.ru/lqskvn>
- Cheldieva D., Cheldiev D., Umarova M. The Role and Impact of Economic Processes on the Environmental Management of the Agro-Industrial Complex. *BIO Web of Conferences*. 2023; 63: 05019. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236305019>
- Gishkaeva L.L. The agricultural sector of the Russian economy and innovative technologies: Evolution, problems and directions of development. *BIO Web of Conferences*. 2023; 76: 10008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237610008>

17. Abdullaev K., Juraev B., Khabibova G. Food quality and safety control as an important factor of physical development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 460: 11001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346011001>
18. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
19. Zamuz S. *et al.* Assessing the quality of octopus: From sea to table. *Food Frontiers*. 2023; 4(2): 733–749. <https://doi.org/10.1002/fft2.226>
20. Блинов А.В. и др. Наночастицы селена, стабилизированные хитозаном, для обогащения молочной продукции. *Аграрная наука*. 2024; (9): 130–135. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-130-135>
21. Смольникова Ф.Х., Наурзбаева Г.Н., Ребезов М.Б., Окуханова Е.К., Сулейменова Р.А. Сливочное масло с растительными наполнителями. *Пища. Экология. Качество. Труды XVII Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет. 2020; 611–613. <https://elibrary.ru/jgqcpb>
22. Алтухов А.И. Основные мировые тенденции в обеспечении продовольственной безопасности. *Вестник Национального института бизнеса*. 2022; (1): 9–19. <https://elibrary.ru/uriyky>
23. Есина В.А. Ценность хлеба как важная составляющая жизни человека. *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2022; 1: 224–226. <https://www.elibrary.ru/nlyjua>
24. Прохоренко О.С., Черкасова О.В. Методические подходы к оценке рисков обеспечения продовольственной безопасности России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2023; (6): 97–104. <https://doi.org/10.33938/236-97>
25. Musostova D.Sh., Markaryan V.R., Kaloeva M.B. The Role of Agricultural Producers in Ensuring Food Security of the Region. *BIO Web of Conferences*. 2023; 57: 07004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235707004>
26. Жуманова Г.Т., Ребезов М.Б., Асенова Б.К., Кулштаева Б.М. Обеспечение пищевой безопасности при производстве рубленого полуфабриката в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011. *Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции*. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. 2023; 86–89. <https://elibrary.ru/kqgbur>
27. Асенова Б.К., Кабаева К.М., Кадыров Е., Ребезов М.Б. Разработка технологии профессионально ориентированного мясного продукта для детей и подростков школьного возраста и их пищевая безопасность. *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием)*. Майкоп. 2023; 21–24. <https://elibrary.ru/cnixpc>
28. Асенова Б.К., Кабаева К.М., Смольникова Ф.Х., Нургазезова А.Н., Ребезов М.Б. Качество и экологическая эффективность профессионально ориентированного мясного батончика для детей и подростков школьного возраста. *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием)*. Майкоп. 2023; 24–28. <https://elibrary.ru/xfcbef>
29. Peng W., Berry E.M. The Concept of Food Security. Ferranti P., Berry E.M., Anderson J.R. Encyclopedia of Food Security and Sustainability. *Elsevier*. 2019; 2: 1–7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22314-7>
30. Ермолова О.В., Яковенко Н.А., Кирсанов В.В., Иваненко И.С., Остапенко Т.В. Оценка структурных преобразований в агропродовольственном комплексе России. *Продовольственная политика и безопасность*. 2022; 9(1): 49–66. <https://doi.org/10.18334/ppib.9.1.114347>
31. Hailu M., Tolossa D., Girma A., Kassa B. The impact of improved agricultural technologies on household food security of smallholders in Central Ethiopia: An endogenous switching estimation. *World Food Policy*. 2021; 7(2): 111–127. <https://doi.org/10.1002/wfp2.12029>
32. Астахова Т.Н., Колбанев М.О., Романова А.А., Шамин А.А. Модель цифрового сельского хозяйства. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019; 7(12): 63–69. <https://elibrary.ru/dsiwvi>
33. Rebezov M.B. *et al.* Improving meat quality and safety: innovative strategies. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2024; 18: 523–546. <https://doi.org/10.5219/1972>
34. Попов М.В., Ермолова О.В., Кирсанов В.В. Структурная динамика агропродовольственного комплекса: приоритеты и управление. *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*. 2019; (5): 75–79. <https://elibrary.ru/fttnbr>
35. Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*. 2019; 2(2): 95–96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
36. Плахин А.Е., Огородникова Е.С., Ростовцев К.В. Проблемы становления цифровой модели в сельском хозяйстве. *Аграрная наука*. 2024; (8): 188–193. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-188-193>
17. Abdullaev K., Juraev B., Khabibova G. Food quality and safety control as an important factor of physical development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 460: 11001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346011001>
18. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
19. Zamuz S. *et al.* Assessing the quality of octopus: From sea to table. *Food Frontiers*. 2023; 4(2): 733–749. <https://doi.org/10.1002/fft2.226>
20. Blinov A.V. *et al.* Selenium nanoparticles stabilized with chitosan for fortifying dairy products. *Agrarian science*. 2024; (9): 130–135 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-130-135>
21. Smolnikova F.H. Naurzbayeva G.N., Rebezov M.B., Okushanova E.K., Suleimenova R.A. Butter with vegetable fillers. *Food. Ecology. Quality. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Yekaterinburg: Ural State University of Economics. 2020; 611–613 (in Russian). <https://elibrary.ru/jgqcpb>
22. Altukhov A.I. The main global trends in the provision of food security. *Vestnik Natsionalnogo instituta biznesa*. 2022; (1): 9–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/uriyky>
23. Yesina V.A. The value of bread as an important component of human life. *Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2022; 1: 224–226 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nlyjua>
24. Prokhorenko O.S., Cherkasova O.V. Methodological Approaches to Assessing the Risks of Ensuring Food Security in Russia. *Economy, labor, management in agriculture*. 2023; (6): 97–104 (in Russian). <https://doi.org/10.33938/236-97>
25. Musostova D.Sh., Markaryan V.R., Kaloeva M.B. The Role of Agricultural Producers in Ensuring Food Security of the Region. *BIO Web of Conferences*. 2023; 57: 07004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235707004>
26. Zhumanova G.T., Rebezov M.B., Asenova B.K., Kulushtayeva B.M. Ensuring food safety in the production of chopped semi-finished products in accordance with the requirements of TR CU 021/2011. *Modern problems of engineering and technology of food production. Proceedings of the XXIII International scientific and practical conference*. Barnaul: Polzunov Altai State Technical University. 2023; 86–89 (in Russian). <https://elibrary.ru/kqgbur>
27. Asenova B.K., Kabayeva K.M., Kadyrov E., Rebezov M.B. Development of technology for a professionally oriented meat product for children and adolescents of school age and their food safety. *Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation)*. Maykop. 2023; 21–24 (in Russian). <https://elibrary.ru/cnixpc>
28. Asenova B.K., Kabayeva K.M., Smolnikova F.Kh., Nurgazezova A.N., Rebezov M.B. Quality and environmental efficiency of a professionally oriented meat bar for school-age children and adolescents. *Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation)*. Maykop. 2023; 24–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/xfcbef>
29. Peng W., Berry E.M. The Concept of Food Security. Ferranti P., Berry E.M., Anderson J.R. Encyclopedia of Food Security and Sustainability. *Elsevier*. 2019; 2: 1–7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22314-7>
30. Ermolova O.V., Yakovenko N.A., Kirsanov V.V., Ivanenko I.S., Ostapenko T.V. Structural transformation assessment in the Russian agrifood complex. *Food Policy and Security*. 2022; 9(1): 49–66 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/ppib.9.1.114347>
31. Hailu M., Tolossa D., Girma A., Kassa B. The impact of improved agricultural technologies on household food security of smallholders in Central Ethiopia: An endogenous switching estimation. *World Food Policy*. 2021; 7(2): 111–127. <https://doi.org/10.1002/wfp2.12029>
32. Astakhova T.N., Kolbanov M.O., Romanova A.A., Shamin A.A. Model of digital agriculture. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019; 7(12): 63–69 (in Russian). <https://elibrary.ru/dsiwv>
33. Rebezov M.B. *et al.* Improving meat quality and safety: innovative strategies. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2024; 18: 523–546. <https://doi.org/10.5219/1972>
34. Popov M.V., Ermolova O.V., Kirsanov V.V. Structural dynamics of agro-industrial complexes: priorities and management. *Vestnik Saratov State Socio-Economic University*. 2019; (5): 75–79 (in Russian). <https://elibrary.ru/fttnbr>
35. Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*. 2019; 2(2): 95–96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
36. Plakhin A.E., Ogorodnikova E.S., Rostovtsev K.V. Problems of a digital model formation in agriculture. *Agrarian science*. 2024; (8): 188–193 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-188-193>

37. Sheripbaeva U., Galimova F., Dekhkanova N. Importance of new reforms in the agrarian sector in the stability of the economy. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03094. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903094>
38. Суханова И.Ф., Лявина М.Ю. Продовольственная безопасность в России в условиях санкционных ограничений. *International Agricultural Journal*. 2023; 66(1): 14. <https://elibrary.ru/glzfpv>
39. Головина С.Г., Ручкин А.В. Развитие аграрной кооперации в современных условиях среды: эвристический потенциал междисциплинарных научных исследований. *Аграрная наука*. 2022; (10): 154–161. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-154-161>
40. Улыбина Л.В. Современное состояние и проблемы развития агропромышленного комплекса РФ в контексте экономической безопасности. *Аграрная наука*. 2024; (7): 179–186. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-179-186>
41. Губер Н.Б., Ребезов М.Б., Топурия Г.М. Инструменты снижения рисков при реализации инновационных проектов в сфере продуктов питания животного происхождения. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*. 2014; 8(1): 156–159. <https://elibrary.ru/sagiwv>
42. Губер Н.Б., Ребезов М.Б., Топурия Г.М. Минимизация рисков при внедрении технологических инноваций в мясной промышленности (на примере Южного Урала). *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*. 2014; 8(2): 180–188. <https://elibrary.ru/sgmjpi>
43. Зайцева Т.Н., Ребезов М.Б., Рябова В.Ф. Перспективы развития регионального рынка продуктами птицеводства. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 82-й Международной научно-технической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2024; 2: 362. <https://elibrary.ru/xfnmat>
44. Лоретц О.Г. и др. Повышение продуктивного долголетия коров черно-пестрой породы. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2017; 163. ISBN 978-5-87203-403-2 <https://elibrary.ru/yruyhs>
45. Statsenko E., Omarov R., Shlykov S., Nesterenko A., Rebezov M. Chicken Nuggets Recipe and Technology Development with Dietary Fiber. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2021; 12(11): 12A11T. <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2021.230>
46. Ребезов М.Б., Темербаева М.В., Урюмцева Т.И. Результаты математического анализа экспериментальных данных ферментации обезжиренного молока для производства кисломолочного продукта. *Вестник инновационного евразийского университета*. 2022; (3): 65–71 (на англ. яз.). <https://elibrary.ru/wonjpw>
47. Тарасова И.В., Ребезов М.Б. Расширение ассортимента колбасных изделий на основе биомодифицированного коллагенсодержащего сырья. *Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость. Материалы VI Международной научно-практической конференции. К 80-летию Белорусского государственного экономического университета*. Минск: Белорусский государственный экономический университет. 2013; 2: 336–337. <https://elibrary.ru/wwakdb>
48. Temerbayeva M. et al. Technology of sour milk product for elderly nutrition. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(1): 291–295. <https://elibrary.ru/xnjgkt>
49. Kabulov B. et al. Developing the formulation and method of production of meat frankfurters with protein supplement from meat by-products. *Eurasian Journal of Biosciences*. 2020; 14(1): 213–218. <https://elibrary.ru/gdgemx>
50. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Факториальная дисперсия показателей онтогенеза на продуктивные качества поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Все о мясе*. 2024; (4): 58–64. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>
51. Папцов А.Г. Тенденции глобального продовольственного обеспечения в условиях пандемии. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2021; (4): 285–296. <https://elibrary.ru/nzdaie>
52. Кузнецова Л.В., Лавров А.В. Анализ обеспеченности тракторами аграрного сектора экономики Калужской области. *Аграрная наука*. 2024; (7): 187–192. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-187-192>
53. Годжаев З.А., Бейлис В.М., Шевцов В.Г., Лавров А.В. Нормативы и прогнозирование потребности сельскохозяйственного производства в технике. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020; 67(4): 151–158. <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-4-151-158>
54. Клейменова Ю.А., Баяндурян Г.Л. Особенности развития сельскохозяйственного машиностроения в условиях современного санкционного давления. *Аграрная наука*. 2024; (2): 133–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-133-138>
55. Бутенко Е.Д., Ребезов М.Б. Образование как ключевая сфера веб-экономики. Пенькова И.В., Королев В.А. (ред.). *Цифровая экономика и онлайн-образование: европейский опыт*. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет. 2020; 210–224. <https://www.elibrary.ru/jcawyz>

37. Sheripbaeva U., Galimova F., Dekhkanova N. Importance of new reforms in the agrarian sector in the stability of the economy. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03094. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903094>
38. Sukhanova I.F., Lyavina M.Yu. Food security in Russia under sanctions. *International Agricultural Journal*. 2023; 66(1): 14 (in Russian). <https://elibrary.ru/glzfpv>
39. Golovina S.G., Ruchkin A.V. Development of agrarian cooperation in modern environmental conditions: heuristic potential of interdisciplinary scientific research. *Agrarian science*. 2022; (10): 154–161 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-154-161>
40. Ulybina L.V. Current state and problems of development of the agro-industrial complex of the Russian Federation in the context of economic security. *Agrarian science*. 2024; (7): 179–186 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-179-186>
41. Guber N.B., Rebezov M.B., Topuriya G.M. Tools to reduce risks at implementation of innovative projects in the field of food of an animal origin. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management*. 2014; 8(1): 156–159 (in Russian). <https://elibrary.ru/sagiwv>
42. Guber N.B., Rebezov M.B., Topuriya G.M. Minimizing the risks of technological innovations in meat industry (on the basis of the South Urals region). *Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management*. 2014; 8(2): 180–188 (in Russian). <https://elibrary.ru/sgmjpi>
43. Zaytseva T.N., Rebezov M.B., Ryabova V.F. Prospects for the development of the regional market for poultry products. *Actual problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 82nd International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2024; 2: 362 (in Russian). <https://elibrary.ru/xfnmat>
44. Loretts O.G. et al. Increasing the productive longevity of Black-and-White cows. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2017; 163 (in Russian). ISBN 978-5-87203-403-2 <https://elibrary.ru/yruyhs>
45. Statsenko E., Omarov R., Shlykov S., Nesterenko A., Rebezov M. Chicken Nuggets Recipe and Technology Development with Dietary Fiber. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2021; 12(11): 12A11T. <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2021.230>
46. Rebezov M.B., Temerbayeva M.V., Uryumtseva T.I. Results of mathematical analysis of experimental data fermentation of skimmed milk to produce a fermented milk product. *Bulletin of the Innovative University of Eurasia*. 2022; (3): 65–71. <https://elibrary.ru/wonjpw>
47. Tarasova I.V., Rebezov M.B. Expanding the range of sausage products based on biomodified collagen-containing raw materials. *Economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovation, sustainability. Proceedings of the VI International scientific and practical conference. On the 80th anniversary of the Belarusian State University of Economics*. Minsk: Belarusian State University of Economics. 2013; 2: 336–337 (in Russian). <https://elibrary.ru/wwakdb>
48. Temerbayeva M. et al. Technology of sour milk product for elderly nutrition. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(1): 291–295. <https://elibrary.ru/xnjgkt>
49. Kabulov B. et al. Developing the formulation and method of production of meat frankfurters with protein supplement from meat by-products. *Eurasian Journal of Biosciences*. 2020; 14(1): 213–218. <https://elibrary.ru/gdgemx>
50. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. Factorial dispersion of ontogenesis indicators on productive qualities of commercial poultry flock of meat cross. *Vsyo o myase*. 2024; (4): 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>
51. Paptsov A.G. Trends in global food security in the pandemic conditions. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2021; (4): 285–296 (in Russian). <https://elibrary.ru/nzdaie>
52. Kuznetsova L.V., Lavrov A.V. Analysis of the supply of tractors in the agricultural sector of the Kaluga region economy. *Agrarian science*. 2024; (7): 187–192 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-187-192>
53. Godzhaev Z.A., Beylis V.M., Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Standards and forecasting of agricultural production needs in machinery. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2020; 67(4): 151–158 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-4-151-158>
54. Kleimenova Yu.A., Bayanduryan G.L. Features of the development of agricultural engineering in the conditions of modern sanctions pressure. *Agrarian science*. 2024; (2): 133–138 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-133-138>
55. Butenko E.D., Rebezov M.B. Education as a key area of the web economy. Pen'kova I.V., Korolev V.A. (eds.). *Digital economy and online education: European experience*. Stavropol: North Caucasus Federal University. 2020; 210–224 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jcawyz>

56. Алябьева М.В., Алябьева Т.М., Мирошников Л.А. Развитие экономики природопользования: эколого-экономические интересы и защита природной среды. *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*. 2023; (2): 55–65.
https://doi.org/10.21295/2223-5639-2023-2-55-65

57. Филимонова Н.Г., Озерова М.Г. Продовольственная безопасность в период пандемии COVID-19. *Социально-экономический и гуманитарный журнал*. 2022; (2): 73–88.
https://doi.org/10.36718/2500-1825-2022-2-73-88

58. Yakovlev V. Features of economic accessibility of food supply of the population. *E3S Web of Conferences*. 2023; 431: 07027.
https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343107027

59. Aprakhimov D., Rebezov M., Khayrullin M., Fedorov B., Goncharov A., Makarova S. Study of nutritional value of macaroni pasta from composite flour. *Alkhas*. 2023; 5(2): 1–5.
https://doi.org/10.47176/alkhas.5.2.1

60. Kenijz N. *et al.* Nutritional and Biological Properties of Chickpea. *Alkhas*. 2023; 5(1): 1–5.
https://doi.org/10.47176/alkhas.5.1.1

61. Бартенев В.И. Влияние санкционного давления на продовольственную безопасность: традиционные и новые измерения. *Пути к миру и безопасности*. 2022; (2): 11–37.
https://doi.org/10.20542/2307-1494-2022-2-11-37

56. Alyabieva M.V., Alyabieva T.M., Miroshnikov L.A. Development of the economy of nature management: ecological and economic interests and protection of the environment. *Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*. 2023; (2): 55–65 (in Russian).
https://doi.org/10.21295/2223-5639-2023-2-55-65

57. Filimonova N.G., Ozerova M.G. Food security during the COVID-19 pandemic. *Social and economic and humanitarian magazine*. 2022; (2): 73–88 (in Russian).
https://doi.org/10.36718/2500-1825-2022-2-73-88

58. Yakovlev V. Features of economic accessibility of food supply of the population. *E3S Web of Conferences*. 2023; 431: 07027.
https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343107027

59. Aprakhimov D., Rebezov M., Khayrullin M., Fedorov B., Goncharov A., Makarova S. Study of nutritional value of macaroni pasta from composite flour. *Alkhas*. 2023; 5(2): 1–5.
https://doi.org/10.47176/alkhas.5.2.1

60. Kenijz N. *et al.* Nutritional and Biological Properties of Chickpea. *Alkhas*. 2023; 5(1): 1–5.
https://doi.org/10.47176/alkhas.5.1.1

61. Bartenev V.I. The impact of sanctions on food security: traditional and new dimensions. *Pathways to Peace and Security*. 2022; (2): 11–37 (in Russian).
https://doi.org/10.20542/2307-1494-2022-2-11-37

ОБ АВТОРАХ

Светлана Георгиевна Головина¹

доктор экономических наук, профессор,
главный научный сотрудник
s_golovina@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-1157-8487

Альфия Рашитовна Кузнецова¹

доктор экономических наук, профессор, научный сотрудник
alfia_2009@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-0273-4801.

Марс Фаритович Хайруллин²

кандидат технических наук, доцент, и. о. декана факультета
экономики и управления
89049755219@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1697-7281

¹Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

²Московский государственный университет технологий
и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий
университет)
ул. Земляной Вал, 73, Москва, 109004, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Georgievna Golovina¹

Doctor of Economics, Professor,
Chief Researcher
s_golovina@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0002-1157-8487

Alfiya Rashitovna Kuznetsova¹

Doctor of Economics, Professor, Researcher
alfia_2009@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-0273-4801.

Mars Faritovich Khayrullin²

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Dean
of the Faculty of Economics and Management
89049755219@ya.ru
https://orcid.org/0000-0003-1697-7281

¹Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

²K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies
and management (The First Cossack University),
73 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia



Оценка экономической эффективности применения новых органомикроэлементных комплексов в звене зернотравяного севооборота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В статье приведены результаты экономической оценки, включающей чистый доход, окупаемость и рентабельность производства, при применении компоста многоцелевого назначения (КМН) и его модификаций — органомикроэлементных комплексов: 1. КМН + [Zn + Mo]; 2. КМН + [Zn + Cu] в звене зернотравяного севооборота.

Методы. Полевые исследования проводили в звене зернотравяного севооборота на агрополигоне Губино (Тверская обл., ВНИИМЗ) на дерново-слабоподзолистой глубоко- и сильноглеватой легко-суглинистой осушаемой почве на карбонатной морене. Экономическую эффективность применения удобрений оценивали стандартными методами.

Результаты. Показано увеличение доходности на 6,6–22,9% и обеспечение рентабельности производства продукции растениеводства на уровне 237,8–264,8% за счет органических удобрений. Выявлено, что использование минеральных удобрений приводит к снижению доходности на 9% за счет издержек из-за высокой стоимости самих удобрений и затрат на их внесение. Определено, что органомикроэлементный комплекс КМН + [Zn + Mo] обеспечивает максимальную среднегодовую рентабельность производства в 264,8% и максимальное увеличение доходности на 23% относительно контроля (варианта без удобрений). Доказано, что в первый год севооборота внесение органических и минеральных удобрений, а также их стоимость увеличивают производственные затраты в 2,5–3,0 раза относительно последующих лет. Найдена статистически достоверная корреляционная зависимость между урожайностью культур звена севооборота и затратами: $r = 0,61$ — в первый год, $r = 0,97–0,99$ — в годы последствия удобрений.

Ключевые слова: органомикроэлементный комплекс, компост многоцелевого назначения, урожайность, окупаемость прибавкой урожая, чистый доход, рентабельность производства

Для цитирования: Трешкин И.А., Рабинович Г.Ю. Оценка экономической эффективности применения новых органомикроэлементных комплексов в звене зернотравяного севооборота. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 182–187.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-182-187>

Assessment of the economic effectiveness of use of new organmicroelement complexes in the grain-herbs crope rotation

ABSTRACT

Relevance. The article presents the results of an economic assessment, including net income, payback and profitability of production, when using multi-purpose compost and its modifications — organmicroelement complexes: 1. Multi-purpose compost + [Zn + Mo]; 2. Multi-purpose compost + [Zn + Cu] in the grain-grass crop rotation.

Methods. Field studies were carried out in the link of the grain-grass crop rotation at the Gubino agro-polygon (Tver region, VNIIMS) on sod-weakly podzolic deep and strongly gluey light loamy drained soil on a carbonate moraine. The economic efficiency of fertilizer use was assessed using standard methods.

Results. An increase in profitability of 6.6–22.9% and ensuring the profitability of crop production at the level of 237.8–264.8% due to organic fertilizers are shown. It was revealed that the use of mineral fertilizers leads to a decrease in profitability by 9% due to costs due to the high cost of the fertilizers themselves and the cost of their application. It was determined that the organmicroelement complex — Multi-purpose compost + [Zn + Mo] provides the maximum average annual profitability of production of 264.8% and the maximum increase in profitability by 23% relative to the control (option without fertilizers). It has been proven that in the first year of crop rotation, the application of organic and mineral fertilizers, as well as their cost, increase production costs by 2.5–3.0 times relative to subsequent years. A statistically significant correlation was found between the yield of crops in the crop rotation and costs: $r = 0.61$ in the first year, $r = 0.97–0.99$ in the years after the effects of fertilizers.

Key words: organmicroelement complex, multi-purpose compost, productivity, payback in increased yield, net income, profitability of production

For citation: Treshkin I.A., Rabinovich G.Yu. Assessment of the economic effectiveness of use of new organ-microelement complexes in the grain-herbs crope rotation. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 182–187 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-182-187>

Введение/Introduction

Динамичное развитие рынка сельскохозяйственной продукции и связанное с ним удовлетворение потребностей населения в продовольствии опираются на эффективное использование трудовых и материальных ресурсов, являющихся основными средствами производства. Весьма низкая доходность аграрного производства — основополагающая проблема аграрной науки, преодоление которой позволит снизить уровень диссоциации сельскохозяйственной отрасли экономики с прочими отраслями народного хозяйства.

Эффективность использования сельскохозяйственных земель тесно связана с воспроизводством их плодородия. Интенсификация аграрного производства не позволяет почвенным ресурсам восстановиться естественным путем. Для получения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур агротехнологиями интенсивного и высокоинтенсивного уровня предусматривается применение как минеральных, так и органических удобрений, направленность действия которых различна.

При оценке эффективности использования различных систем удобрений и их доз при возделывании сельскохозяйственных культур широко пользуются агрономической и экономической эффективностью, способной обозначить наиболее приемлемые и низкозатратные варианты [1, 2].

Основным показателем агрономической эффективности можно считать окупаемость применяемых удобрений прибавкой урожая и его качеством. По данным российских исследователей и производителей [3–5], установлено, что оплата 1 кг NPK обеспечивается прибавкой урожая: зерна — 7 кг, картофеля — 18–34 кг, сахарной свеклы — 19–34 кг. Эффективность удобрений, содержащих помет, равна или несколько превосходит минеральные удобрения.

Важнейшими показателями экономической эффективности являются себестоимость получаемой продукции, чистый доход, рентабельность производства сельскохозяйственной продукции (отношение чистого дохода к затратам на его производство) и др. Экономическая эффективность применения удобрений во многом зависит от объема и стоимости дополнительно получаемой продукции, от затрат на применение удобрений.

При росте урожайности сельскохозяйственных культур снижается себестоимость продукции, повышаются рентабельность производства и конкурентоспособность предприятия. Сельскохозяйственные товаропроизводители стремятся повысить прибыль за счет увеличения объемов производства и повышения качества получаемой продукции с минимизацией затрат. Но оптимизация затрат может привести как к снижению самих объемов, так и качества продукции, что ведет к уменьшению эффективности. При грамотной агротехнике расходы на применение удобрений всегда ниже стоимости дополнительно полученной продукции [6, 7].

В условиях постоянного удорожания сырья и энергоресурсов при производстве минеральных удобрений стоимость последних постоянно повышается. С 2020 года в России подорожали в 2 раза азотные удобрения, существенно увеличились и цены на фосфорные и калийные удобрения. Приобретение и доставка минеральных удобрений в хозяйства — высокзатратная часть расходов сельхозпредприятий [3].

В целом по России с 2009 по 2021 год внесение органических удобрений возросло с 1,0 до 1,6 т/га при

необходимой потребности в 4 т/га концентрированных органических удобрений. Применение органических удобрений позволяет не только напитать почву макро-, мезо- и микроэлементами, полезной микробиотой, но и получить экономический эффект от их пролонгированного действия по обеспечению сельскохозяйственных культур элементами питания. Это не требует значительных затрат на их производство — стоимость определяется только себестоимостью (они могут быть приготовлены непосредственно в самом хозяйстве).

Использование органических удобрений в хозяйствах с животноводческой составляющей позволяет, кроме повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечить утилизацию навоза и помета как побочного продукта животноводства (ППЖ). Но относительно хозяйств, не имеющих собственных ППЖ, прибыль может быть «съедена» транспортной логистикой.

В сельскохозяйственном производстве транспортные работы включают в себя до 30% всех затрат труда и 40% затрат на энергоресурсы. Доля транспортных расходов в себестоимости продукции может достигать 40% [2, 7].

При органической системе более низкие затраты (примерно в 4 раза) на производство 1 кг питательных веществ (азота, фосфора и калия) в составе самих органических удобрений обеспечивают более высокий доход с 1 га севооборотной площади по сравнению со стоимостью поставок дорогостоящих минеральных удобрений. Но одновременно возрастают затраты на внесение органических удобрений, что в свою очередь снижает доход на единицу продукции (зерновую единицу).

Органические системы уступают минеральным в продуктивности и выручке от реализации, но более эффективны по удельным затратам, величине дохода и окупаемости. В целом экономическая эффективность растениеводства при применении удобрений возрастает от минеральных удобрений к органическим. Несмотря на высокие расходы на транспортировку и внесение органических удобрений, они обеспечивают высокую доходность получаемой продукции [3, 5, 8].

В связи с разработкой в России новых органических удобрений рекомендации по их применению в рамках соответствующих регионам систем земледелия имеют очень большое значение для сельскохозяйственных товаропроизводителей. Особенное значение данный постулат имеет для землепользования в гумидной зоне России.

Цель работы — определение экономической эффективности применения органо-микроэлементных комплексов, предназначенных для достижения высокого уровня продуктивности сельскохозяйственных культур в звене зернотравяного севооборота, развернутого на дерново-подзолистой осушаемой почве.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Запланированные научные испытания проводились в микрополе в опыте в 2021–2023 гг. в звене зернотравяного севооборота на агрополигоне Губино (Тверская обл., Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ВНИИМЗ) на дерново-слабоподзолистой глубоко- и сильноглееватой

легкосуглинистой осушаемой почве на карбонатной морене (более 60 см).

Вносились удобрения — компост многоцелевого назначения (КМН) и органомикроэлементные комплексы (ОМК) на его основе: ОМК 1 — КМН + [Zn + Mo]; ОМК 2 — КМН + [Zn + Cu].

Удобрение КМН произведено во ВНИИМЗ (Россия) способом ускоренной твердофазной аэробной ферментации органического сырья [9], является высокоэффективным органическим удобрением и имеет в своем составе макро- (азот, фосфор, калий), мезо- (сера, кремний), микроэлементы (цинк, медь, бор, магний, молибден) и др.

В целях получения удобрения с заданными свойствами и повышения его эффективности были разработаны органомикроэлементные комплексы путем обогащения КМН микроэлементами: цинком, медью и молибденом¹.

Нормы внесения каждого ингредиента, входящего в состав обогащающей добавки, в компостируемую смесь рассчитаны на основе рекомендаций ЦИНАО²: цинк (3 кг д. в. / га), медь (1,5 кг д. в. / га) и молибден (0,6 кг д. в. / га).

Схема опыта:

- 1) Контроль (без удобрений).
- 2) N₄₀P₁₅₀K₉₀ (выровнен относительно КМН).
- 3) КМН в дозе 10 т/га.
- 4) ОМК 1: КМН + [Zn + Mo].
- 5) ОМК 2: КМН + [Zn + Cu].

Площадь рендомизированно расположенных делянок — 10 м², повторность — четырехкратная.

Чередование культур в звене севооборота: яровая пшеница Злата (2021 г.) — яровой овес Яков (2022 г.) — райграс однолетний Рапид (2023 г.).

Удобрения вносили под первую культуру севооборота.

Метеорологические условия в годы проведения эксперимента незначительно отличались от среднегодовых данных как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков³.

При расчетах затрат на производство пользовались технологическими картами ВНИИМЗ по выращиванию сельскохозяйственных культур.

Чистый доход рассчитывали по формуле [10]:

$$\text{Ч}_\text{д} = (C + c) - E, \quad (1)$$

где: Ч_д — чистый доход, руб.; C — стоимость основной продукции, руб.; c — стоимость сопряженной и побочной продукции, руб.; E — сумма издержек, связанных с производством продукции, руб.

Увеличение чистого дохода за звено севооборота в результате применения удобрений устанавливали по формуле 2 [10]:

$$Y = \text{Ч}_\text{у} - \text{Ч}_\text{о}, \quad (2)$$

где: Y — увеличение чистого дохода, руб.; Ч_у — чистый доход от культуры с удобренной площади, руб.; Ч_о — чистый доход от культуры с неудобренной площади, руб.

Рентабельность производства сельскохозяйственной продукции определяли по формуле 3 [10]:

$$P = \frac{((C + c) - E) \times 100}{E}, \quad (3)$$

где: P — уровень рентабельности, %; C — стоимость основной продукции, руб.; c — стоимость сопряженной и побочной продукции, руб.; E — издержки производства, связанные с производством продукции, руб.

Полевые исследования проводили в соответствии с методикой полевого опыта по Б.А. Доспехову⁴, урожай культур севооборота учитывали пробными площадками и снопами (травы).

Статистическая обработка экспериментальных данных была проведена методом дисперсионного и регрессионного анализа с использованием пакета прикладных программ программного обеспечения MS Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В связи с сокращением в России поголовья крупного рогатого скота (на 16,5%), овец и коз (на 33,4%), лошадей (на 42,1%) общий выход навоза от этих животных резко упал, что в итоге отразилось на обеспеченности пахотных земель органическими удобрениями. На фоне данной негативной тенденции поголовье птицы увеличилось на 37,6% [3].

В связи с этим перспективное решение по обеспеченности пашни необходимой органикой — производство и использование различных видов органических удобрений, в том числе высококонцентрированных, на основе птичьего помета. Эффективным представителем данных видов удобрений является разработанный учеными ВНИИМЗ компост многоцелевого назначения, получаемый технологией ускоренной твердофазной аэробной ферментации органического сырья и изготавливаемый по ТУ 9841-003-00668732-2011 «Компост многоцелевого назначения (КМН)».

При реализации полевых опытов использовались модифицированные версии КМН, обогащенные на этапе созревания удобрения микроэлементами — цинком, медью и молибденом, в результате чего КМН преобразовывался в органомикроэлементные комплексы (ОМК) — КМН + [Zn + Mo] и КМН + [Zn + Cu].

По данным российских исследователей [9], в Центральном районе Нечерноземной зоны России 1 кг действующего вещества (NPK) обеспечивается прибавкой урожая зерновых культур в пределах 3,0–4,0 кг, картофеля — 20–25 кг. Так, каждая тонна компоста многоцелевого назначения позволяет сформировать 419–444 кг зерн. ед. при нормативе 60–70 кг зерн. ед. на 1 т.

В звене зернотравяного севооборота исследованиями было установлено, что органомикроэлементный комплекс КМН + [Zn + Mo] обеспечил максимальную прибавку урожайности — 4,3 ц/га зерн. ед. (табл. 1). От остальных органических удобрений среднегодовая прибавка урожайности была в пределах 3,4–3,5 ц/га зерн. ед., от применения минеральных удобрений — 2,5 ц/га зерн. ед. (табл. 1). Окупаемость

¹ Патент на изобретение № 2598041 Российская Федерация «Способ приготовления компоста»/ Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Смирнова Ю.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИМЗ. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 03.03.2016. Опубликовано 20.09.2016. Бюллетень № 26.

² Методические указания по применению микроудобрений при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Всесоюзное производственно-научное объединение по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства, Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства. М.: ЦИНАО. 1987; 36.

³ Агрометеорологический бюллетень по Тверской области. Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Росгидромет. 2021–2023 гг.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2011; 350.

Таблица 1. Сравнительная окупаемость органических, минеральных удобрений и органомикроэлементных комплексов за ротацию звена севооборота полученной прибавкой урожая

Table 1. Comparative payback of organic, mineral fertilizers and organomicroelement complexes for rotation of a crop rotation link with the resulting increase in yield

Вариант	Среднегодовая насыщенность удобрениями, т/га	Внесено NPK в составе удобрений, кг/га в год	Среднегодовая прибавка урожая, ц/га зерн. ед.	Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг	
				1 т органических	1 кг NPK
N ₄₀ P ₁₅₀ K ₉₀	–	93	2,5±0,9	–	2,7
КМН	3,3	99	3,4±0,9	103,0	3,4
КМН + [Zn + Mo]	3,3	99	4,3±0,6	130,3	4,3
КМН + [Zn + Cu]	3,3	99	3,5±1,2	106,1	3,5

1 кг NPK имела такую же тенденцию и убывала от 4,3 до 2,7 кг в ряду: КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] — КМН — NPK.

При сравнении окупаемости прибавкой урожая КМН и его модифицированных аналогов от применения 1 т органических удобрений зависимость повторила убывающий ряд от применения 1 кг NPK и варьировала от 130,3 до 103,0 кг, что превышает нормативное значение в 1,5–2,2 раза.

Отметим, что оба органомикроэлементных комплекса обеспечили большую прибавку урожайности по сравнению с традиционным КМН.

В первый год исследования удобрений (табл. 2) максимальная стоимость продукции (зерна и соломы яровой пшеницы) (51,9 тыс. руб/га) была получена на варианте опыта с применением ОМК 1: КМН + [Zn + Mo], что превысило стоимость продукции от других органических удобрений на 3,8–4,7%. Минеральные удобрения не дали серьезного эффекта по причине довольно засушливого вегетационного сезона, поэтому стоимость

полученной на варианте с NPK продукции оказалась еще ниже (на 9,3%) по отношению к лидирующему варианту.

Производственные затраты на варианте опыта с применением минеральных удобрений на 16,5–23,1% превышали затраты, понесенные на вариантах с органическими удобрениями. При этом только на варианте с минеральными удобрениями были получены убытки в размере 5,9 тыс. руб/га. Максимальные затраты обусловлены стоимостью самих минеральных удобрений, а среди органических удобрений можно выделить ОМК 1: КМН + [Zn + Mo]. Значительные издержки связаны со стоимостью молибденовой составляющей в микроэлементном комплексе.

Уровень рентабельности производства имел такую же тенденцию: отрицательную рентабельность (-13,8%) — при внесении минеральных удобрений, 17,3–22,5% — органических удобрений, 195,2% — на контроле без удобрений.

Отметим, что в расчет не брались затраты на применение химических средств защиты растений, так как их не применяли.

На втором году севооборота (2022 г.) при возделывании овса исследовалось последствие удобрений. Стоимость полученной продукции варьировала от 52,3 тыс. руб/га на варианте с минеральными удобрениями, до 55,3–56,2 тыс. руб/га — на вариантах с органическими удобрениями.

Производственные затраты на всех удобренных вариантах отличались незначительно, так как удобрения не вносились и составляли 17,6–18,1 тыс. руб/га. Стоимость уборки дополнительного урожая значимого влияния на сумму производственных затрат не оказала.

За счет этого чистый доход на вариантах с органомикроэлементными комплексами варьировал в пределах 37,3–38,0 тыс. руб/га и превосходил контрольный вариант на 56,5–59,5%.

Уровень рентабельности производства возрастал в линейке вариантов контроль — N₄₀P₁₅₀K₉₀ — КМН — КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] и составил 149,0–209,8%. Пролонгирующие свойства КМН позволили получить дополнительную основную и побочную продукцию и тем самым увеличить доход при неизменных затратах на производство. Микроэлементные составы, по-видимому, оказывали позитивное влияние на произрастание овса, способствуя увеличению его урожайности относительно варианта опыта с КМН.

В год завершения звена севооборота (2023 г.) при возделывании однолетнего райграса издержки производства несколько сократились, поскольку возделывание трав

Таблица 2. Эффективность применения минеральных, органических удобрений и органомикроэлементных комплексов в звене зернотравяного севооборота
Table 2. Efficiency of using mineral, organic fertilizers and organomicroelement complexes in the grain-grass crop rotation

Статья баланса	Варианты				
	Контроль	N ₄₀ P ₁₅₀ K ₉₀	КМН 10 т/га	КМН + [Zn + Mo]	КМН + [Zn + Cu]
2021 г. Яровая пшеница					
Урожайность зерна, ц/га	17,2	19,0	19,3	20,7	20,2
Стоимость основной и побочной продукции, тыс. руб.	38,33	47,09	49,90	51,89	49,44
Издержки производства на 1 га, тыс. руб.	12,98	52,99	40,74	44,22	41,56
Чистый доход, тыс. руб.	25,35	-5,91	9,166	7,67	7,88
Уровень рентабельности производства, %	195,24	-11,14	22,50	17,34	18,95
2022 г. Овес					
Урожайность зерна, ц/га	25,4	31,3	32,2	32,8	32,9
Стоимость основной и побочной продукции, тыс. руб.	39,84	52,34	55,25	55,87	56,16
Издержки производства на 1 га, тыс. руб.	16,00	17,59	17,93	18,10	18,13
Чистый доход, тыс. руб.	23,84	34,76	37,32	37,77	38,03
Уровень рентабельности производства, %	149,02	197,62	208,17	208,71	209,81
2023 г. Райграс однолетний					
Урожайность семян, ц/га	6,3	7,4	8,9	9,7	7,7
Стоимость основной продукции, тыс. руб.	40,95	48,10	57,85	63,05	50,05
Издержки производства на 1 га, тыс. руб.	13,23	14,21	15,54	16,25	14,47
Чистый доход, тыс. руб.	27,72	33,90	42,31	46,80	35,58
Уровень рентабельности производства, %	209,59	238,62	272,31	288,02	245,85

Примечание: В расчетах использованы следующие стоимостные показатели: зерно пшеницы — 15 тыс. руб/т, зерно овса — 12 тыс. руб/т, семена райграса — 65 тыс. руб/т, сено — 5000 руб/т, солома — 3000 руб/т.

является самым низкзатратным. Некоторое увеличение (на 7,4–22,8%) произошло за счет уборки дополнительного урожая семян райграса и его доработки (сушки и сортировки).

Дополнительную стоимость получаемых семян обеспечили минеральные удобрения (увеличение на 22,3%) и органические удобрения (28,4–68,8%). При этом на третий год урожайность от ОМК 2 оказалась ниже, чем от ОМК 1 и КМН. Полагаем, что из органомикроэлементного комплекса происходило постепенное высвобождение меди, способной влиять на фотосинтетические реакции растений, поэтому уже на втором году севооборота в вариантах с ОМК резко увеличивалась урожайность. При этом вполне очевидно, что плодородие почвы из-за более интенсивного поглощения растениями элементов питания несколько снизилось. Всё вместе в конце концов отразилось на урожайности райграса (третий год севооборота), что и привело к уменьшению стоимости получаемой продукции.

За счет снижения издержек увеличилась рентабельность производства: при применении органических удобрений — на 17,3–37,4%, минеральных — на 13,8%.

В среднем за три года (рис. 1) среднегодовая рентабельность производства при применении минеральных удобрений достигла 141,7%, что на 23,2% ниже рентабельности производства варианта опыта, где удобрения не вносились. Меньшее снижение рентабельности производства по отношению к варианту без удобрений (на 7,2–9,2%) обеспечили органомикроэлементный комплекс ОМК 1 (КМН + [Zn + Mo]) и КМН, а ОМК 2 (КМН + [Zn + Cu]) снизил рентабельность производства на 14,3%.

Применение органических удобрений позволило увеличить доходность на 6,0–19,9% и обеспечить рентабельность производства на уровне 158,2–171,4%, использование же минеральных удобрений, наоборот, привело к снижению доходности на 18,4%.

Понижение рентабельности и доходности на варианте с минеральными удобрениями происходит в основном в первый год за счет издержек, связанных со стоимостью самих удобрений и затрат на их внесение. Среди органических удобрений выделяется органомикроэлементный комплекс КМН + [Zn + Mo], обеспечивающий максимальную среднегодовую рентабельность производства в 171,4% и максимальное увеличение доходности на 19,9% относительно контроля. По этим показателям вариант опыта с ОМК 2 (КМН + [Zn + Cu]) уступал вариантам с КМН и ОМК 1 из-за проявления микрокомплексом [Zn + Cu] антагонистических реакций меди относительно других элементов, формирующих продуктивность культур севооборота.

Было проведено исследование наличия корреляционно-регрессионной зависимости между производственными затратами и урожайностью сельскохозяйственных культур. Затраты рассчитывались на основе технологических карт (табл. 3).

Рис. 1. Среднегодовая рентабельность производства и чистый доход от применения минеральных и органических удобрений и органомикроэлементных комплексов в звене зернотравяного севооборота

Fig. 1. Average annual profitability of production and net income from the use of mineral and organic fertilizers and organic microelement complexes in the grain-grass crop rotation

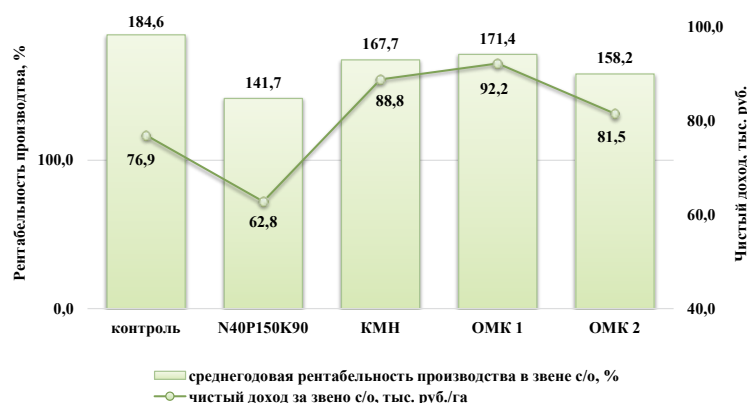


Таблица 3. Корреляционно-регрессионная зависимость между урожайностью возделываемых культур и производственными затратами

Table 3. Correlation-regression relationship between the yield of cultivated crops and production costs

Вариант	Средние значения по годам					
	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	урожайность (яровая пшеница), ц/га	затраты, тыс. руб.	урожайность (овес), ц/га	затраты, тыс. руб.	урожайность (семена райграса), ц/га	затраты, тыс. руб.
	X	Y	X	Y	X	Y
Контроль	17,2	13,0	25,4	16,0	6,3	13,2
N ₄₀ P ₁₅₀ K ₉₀	19,0	53,0	31,3	17,6	7,4	14,2
КМН	19,3	40,7	32,2	17,9	8,9	15,5
КМН + [Zn + Mo]	20,7	44,2	32,8	18,1	9,7	16,3
КМН + [Zn + Cu]	20,2	41,6	32,9	18,1	7,7	14,5
Коэффициент корреляции (r)	0,55		0,99		0,99	
Уравнение регрессии	Y = 0,041x + 17,23		Y = 0,0825x + 26,795		Y = 0,0415x + 5,925	

В первый год звена севооборота, когда вносились органические и минеральные удобрения, производственные затраты были высокими, превышая последующие годы в 2,5–3,0 раза. В связи с этим корреляционная зависимость между урожайностью и затратами имела среднее положительное значение — 0,55. В последующие годы, когда исследовалось последствие удобрений, особенно с выраженным пролонгирующим эффектом, формировалась очень сильная корреляционная связь урожайности культур с затратами на производство ($r = 0,99$).

Выводы/Conclusion

В звене зернотравяного севооборота органические удобрения обеспечили среднегодовую прибавку урожайности в пределах 3,4–3,5 ц/га зерн. ед. Максимальную прибавку урожайности (4,3 ц/га зерн. ед.) обеспечивал вариант с применением органомикроэлементного комплекса КМН + [Zn + Mo].

Окупаемость 1 кг НРК убывала от 4,3 до 2,7 кг в ряду вариантов: КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] — КМН — НРК.

Окупаемость прибавкой урожая от применения 1 т органических удобрений превышала нормативное значение в 1,5–2,2 раза и варьировала от 130,3 до 103,0 кг в следующем ряду: КМН + [Zn + Mo] — КМН + [Zn + Cu] — КМН. Оба органомикроэлементных комплекса

обеспечили наибольшую прибавку урожайности по сравнению с традиционным КМН.

В среднем за три года звена севооборота органические удобрения обеспечили рентабельность производства зерновых и трав на уровне 158,2–171,4% и увеличение доходности на 6,0–19,9%. Использование минеральных удобрений, наоборот, привело к снижению доходности на 18,4% относительно варианта без удобрений.

Максимальную среднегодовую рентабельность в 171,4% и максимальное увеличение доходности на 19,9% получили на варианте опыта с применением органомикроэлементного комплекса КМН + [Zn + Mo].

Корреляционная связь между урожайностью культур севооборота (яровая пшеница, овес и райграс) и производственными затратами варьировала от среднего значения (0,55) в первый год до очень высокого (0,99) в годы последствия удобрений.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы исследований подготовлены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»» (ВНИИМЗ) (тема НИР № 0439-2022-0007).

FUNDING

The research materials were prepared with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center “V.V. Dokuchaev Soil Institute” (VNIIMZ) (research topic No. 0439-2022-0007).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mikaelyan R.A. Agrobiological efficiency of organomineral fertilizers and microbiological concentrates in tomato and pepper crops. *Eurasian Union of Scientists*. 2020; 75(5): 18–24. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.75.858>
2. Сурова Т.С., Мишина З.А., Проскура Д.В. Экономическая эффективность воспроизводства земельных ресурсов в сельском хозяйстве. *Вестник НГИЭИ*. 2020; (12): 118–137. <https://elibrary.ru/utbwgq>
3. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Организационно-технологический механизм развития рынка органических удобрений. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2023; 17(1): 93–102. <https://elibrary.ru/acuyfa>
4. Арутюнян С.С., Микаелян Р.А. Экономическая эффективность применения органоминеральных удобрений и бактериальных концентратов на посевах томата и перца. *The scientific heritage*. 2022; 99: 3–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7234388>
5. Бобренко И.А., Матвейчик О.А., Кормин В.П. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под картофель. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021; (2): 27–33. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_2_27
6. Мамедова Ш.А. Биоэнергетическая и экономическая эффективность выращивания бобовых растений. *Бюллетень науки и практики*. 2021; 7(1): 98–106. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/10>
7. Гурин А.Г., Котова Е.О. Оценка экономической эффективности применения сидерации при возделывании ярового рапса. *Вестник аграрной науки*. 2020; (3): 17–25. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.17>
8. Коновалова Л.К., Окороков В.В., Фенова О.А., Окорокова Л.А. Расчет затрат на использование органических удобрений и экономическая оценка агротехнологий. *Владимирский земледелец*. 2021; (2): 58–62. <https://elibrary.ru/wzykrv>
9. Ковалев Н.Г., Малинин Б.М., Барановский И.Н. Традиционные органические удобрения и КМН на мелиорированных почвах Нечерноземья. Тверь: ЧуДо. 2003; 160.
10. Гусарова Ю.Н. Экономическая эффективность удобрений в Нечерноземной зоне. М.: Колос. 1977; 110.

ОБ АВТОРАХ

Игорь Александрович Трешкин

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0408-5913>

Галина Юрьевна Рабинович

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая отделом биотехнологий
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия

REFERENCES

1. Mikaelyan R.A. Agrobiological efficiency of organomineral fertilizers and microbiological concentrates in tomato and pepper crops. *Eurasian Union of Scientists*. 2020; 75(5): 18–24. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.75.858>
2. Surova T.S., Mishina Z.A., Proskura D.V. Economic efficiency of reproduction of land resources in agriculture. *Bulletin NGIEI*. 2020; (12): 118–137 (in Russian). <https://elibrary.ru/utbwgq>
3. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Organizational and technological mechanism of the organic fertilizer market development. *Far East agrarian herald*. 2023; 17(1): 93–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/acuyfa>
4. Harutyunyan S.S., Mikaelyan R.A. Economic efficiency of the use of organomineral fertilizers and bacterial concentrates on tomato and pepper crops. *The scientific heritage*. 2022; 99: 3–8 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7234388>
5. Bobrenko I.A., Matveychik O.A., Kormin V.P. Bioenergetic efficiency of the use of fertilizers in the cultivation of potatoes. *Vestnik of Omsk SAU*. 2021; (2): 27–33 (in Russian). https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_2_27
6. Mammadova Sh.A. Energy and economic efficiency of cultivation of legumes. *Bulletin of Science and Practice*. 2021; 7(1): 98–106 (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/62/10>
7. Gurin A.G., Kotova E.O. The evaluation of economic efficiency of siderates application for spring rape cultivation. *Bulletin of agrarian science*. 2020; (3): 17–25 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.17>
8. Konvalova L.K., Okorkov V.V., Fenova O.A., Okorkova L.A. Calculation of costs of using organic fertilizers and economic assessment of agricultural technologies. *Vladimir agricolist*. 2021; (2): 58–62 (in Russian). <https://elibrary.ru/wzykrv>
9. Kovalev N.G., Malinin B.M., Baranovsky I.N. Traditional organic fertilizers and indigenous minerals on reclaimed soils of the Non-Black Earth Region. Tver: ChuDo. 2003; 160 (in Russian).
10. Gusarova Yu.N. Economic efficiency of fertilizers in the Non-Chernozem Zone. Moscow: Kolos. 1977; 110 (in Russian).

ABOUT THE AUTHORS

Igor Alexandrovich Treshkin

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0408-5913>

Galina Yuryevna Rabinovich

Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Biotechnology Department
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

Dokuchaev Soil Science Institute,
7/2 Pyzhevsky Lane, 2 building, Moscow, 119017,
Russia

ИСТОРИЯ ОДНОГО СОБЫТИЯ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

20 августа 1939 года на реке Халхин-Гол в Монголии начался заключительный этап короткого, но кровопролитного столкновения интересов СССР и Японии. В результате успешных действий советских войск Квантунская армия потерпела поражение и отказалась от попыток перенести свою границу вглубь Монголии.

Конфликт в 1939 году вырос из приграничного спора между Монголией и марионеточным государством Маньчжоу-Го в полноценную, но необъявленную войну между СССР и Японией. Дело дошло до того, что армия Японии развязала войну и в Китае, поставив свое правительство перед свершившимся фактом. 29 февраля 1932 года в Мукдене состоялось «всеманьчжурское совещание», избравшее бывшего императора Китая Пу И «регентом нового государства Маньчжоу-Го». На границе с Китаем и Монголией постоянно присутствовал японский многотысячный военный контингент. Политическое руководство Японии полностью контролировал император Хирохито.

Вскоре Япония предъявила Монголии территориальные претензии. Вооруженный конфликт был неизбежен. В одиночку противостоять обученной и оснащенной регулярной японской армии Монголия не могла. Ожидая военного



Маршал Монгольской Республики Хорлогийн Чойбалсан (в центре), командир корпуса Г.К. Жуков (справа) и командарм 2-го ранга Г.М. Штерн (слева) в зоне боевых действий на Халхин-Голе. 1 мая 1939 г. /Трошкин/ РИА «Новости»

вторжения, Улан-Батор обратился к Москве.

В 1936 году СССР и Монголия подписали протокол о взаимопомощи,

в соответствии с которым на территории Монголии в приграничных с Китаем районах развернули части Красной армии. Японцы предприняли



Ю.Г. Белоглазов. Монголия. 1939 г.



Встреча лидеров России и МНР в сентябре 2024 года в честь событий на реке Халхин-Гол в 1939 г.

несколько попыток отодвинуть границу, но всякий раз советские войска их отбрасывали назад.

В 1939 году японские генералы подготовили большое вторжение на территорию Монголии на 70-километровом участке вдоль реки Халхин-Гол. Этот район выбрали,

потому что на западном берегу реки планировали построить железную дорогу для снабжения войск в случае войны с СССР. Чтобы с началом боевых действий дорога не оказалась в зоне обстрела, японцам необходимо было отодвинуть границу вглубь Монголии. В конце мая



Ю. Г. Белоглазов. 1938–1939 гг. Фото сделано в полевых условиях во время событий на реке Халхин-Гол

1939 г. в Монголию прибыло подкрепление (сюда командировали лучших военных летчиков и военно-медицинский состав СССР).

Москва назначила командующим советской группировкой Г. К. Жукова. Согласно советским данным, в ходе войны на реке Халхин-Гол потери японцев превысили 60 тыс. убитыми, ранеными, пленными и пропавшими без вести. У Красной армии — около 10 тыс. убитых и пропавших без вести, 15 тыс. раненых.

Война на Халхин-Голе стала одним из этапов ускоренного перевооружения армии и подготовки медицинских специалистов перед Великой Отечественной войной. В изнурительных климатических условиях Монголии военные медики оказывали помощь солдатам с различными ранениями. При организации лечения советских войск на Халхин-Голе был положен новый принцип оказания помощи раненым, суть которого заключалась в максимальном приближении квалифицированной хирургической помощи к району боевых действий. То есть впервые в истории пункты медицинской помощи стали располагаться рядом с местами боев. Теоретиком и практиком этого нововведения стал военный хирург М. Н. Ахутин. Из 15 251 военнослужащего РККА, поступившего в госпитали, по неполным данным, возвращены в строй 3964 человека, уволены из РККА 355 человек, и 720 погибли.

Полевые госпитали находились в степи, где изнурительный дневной зной сменялся холодной ночью. Медицинский персонал успешно предоставлял помощь раненым. Но трудности, которые касались тылового обеспечения армии, относились и к медицинскому обслуживанию (ощущался недостаток воды, медикаментов, кадров). В район боев был направлен отряд Военно-медицинской академии, куда входили такие крупные специалисты, как С. С. Гирголав, Д. А. Энтин, С. А. Новотельнов, И. М. Тальман, И. С. Колесников. Их прибытие на Халхин-Гол существенно повлияло на организацию медицинского обеспечения боевых действий войск. Хирургической работой в этой боевой операции руководил М. Н. Ахутин.

Военные медики в боях у реки Халхин-Гол показали высокий уровень профессионализма, оказания медицинской помощи раненым. В этой войне были применены новые разработки организации медицинского



Медицинский врач Ю.Г. Белоглазов. Монголия. 1938–1940 гг.

обслуживания, которые дали очень хорошие результаты. Огромная армия санитаров, носильщиков, санинструкторов, фельдшеров, медсестер и врачей оказывали помощь раненым на переднем крае.

По завершении этих событий 13 апреля 1941 года СССР и Япония заключили в Москве пакт о взаимном нейтралитете. В дальнейшем японское правительство отказалось объявлять войну Советскому Союзу, несмотря на требования Берлина к

Токио выполнить союзнические обязательства. 5 апреля 1945-го пакт о взаимном нейтралитете был денонсирован по инициативе СССР, в августе того же года РККА и МНР окончательно разгромили Квантунскую армию в Маньчжурии.

Историю нашей страны прошлого столетия и людей, отдавших свободу не только своей страны, но и оказавших братскую помощь Монголии и Китаю, надо помнить и чтить, не забывая подвиг солдат,

в том числе и медицинских специалистов, отдавших свою жизнь и принявших участие в этих событиях на Дальнем Востоке в 1939 году.

В память об этих исторических событиях 3 сентября 2024 года с участием президента России В.В. Путина в Улан-Баторе (Монголия) прошли торжественные мероприятия, посвященные 85-летию победы советских и монгольских войск над японскими милитаристами на реке Халхин-Гол.

Среди военных медиков в событиях на территории Монголии принимали участие лучшие советские специалисты, в том числе майор военно-медицинской службы Юрий (Георгий) Георгиевич Белоглазов. Его семья проживала в г. Махачкале Дагестанской АССР. На службу в Монголию Юрий Георгиевич был призван из Дагестана в 1938 г. Служил в медицинских частях, участвовал в боевых действиях до конца военного конфликта с Японией и далее до 1947 года.

События в Монголии требовали постоянного присутствия советской армии в регионе с 1938 по 1947 г. По возвращении из армии Ю.Г. Белоглазов работал руководителем отдела санэпиднадзора г. Махачкалы. Ветеран войны. Имеет государственные и боевые награды.

Его дети, сын В.Г. Белоглазов и дочь Л.Г. Белоглазова, окончили Махачкалинский мединститут.

В.Г. Белоглазов впоследствии стал крупным ученым, главным научным сотрудником, руководителем отделения ФГБУ «НИИ глазных болезней» РАМН в Москве. Доктор медицинских наук, профессор. Его бабушка Е.Л. Белоглазова была акушером и терапевтом. Заслуженный врач РСФСР с 1940 г. Одна из первых медиков, получивших это почетное звание в Дагестане. Дед Г.И. Белоглазов — ветеринарный и медицинский врач. Профессор. Долгое время работал ветеринарным врачом в Тобольской губернии, Саратове, Казахстане и медиком в сельской больнице Геджуха Дербентского района Дагестана. Благодаря влиянию родителей две дочери из трех стали медицинскими врачами.

С полной историей семьи Белоглазовых за два столетия можно ознакомиться в статье, перейдя по QR-коду.



Г.И. Белоглазов, отец Ю.Г. Белоглазова и дед П.Г. Белоглазова

Примечание

15 января 2025 года в г. Алматы (Казахстан) будет отмечаться 120-летний юбилей Казахского НИВИ. В республике планируется провести торжественные мероприятия, научную конференцию. Готовится к выпуску юбилейная книга о многих ветеринарных врачах и ученых, внесших большой научно-практический вклад в развитие ветеринарии Казахстана. В числе ученых и практиков будет отмечен труд Г.И. Белоглазова, работавшего в республике с 1930 по 1933 год в Северо-Казахстанской области. Именно в эти годы (1931–1933 гг.) в республике находился в административной ссылке и активно работал ученый с мировым именем, профессор, эпизоотолог С.Н. Вышелесский (в дальнейшем академик БССР), который руководил научной работой Алма-Атинского ветеринарного института.

Белоглазов П.Г.,
ветеринарный врач ГК ВИК

Новости из ЦНСХБ

Обзор подготовлен Тимофеевской С. А.

Натуральные кормовые композиции в современных технологиях производства животноводческой продукции : монография / С.Н. Семенов, Ю.В. Ткачева, А.Ю. Голобурдин, С.В. Саенко, И.С. Кретинина. — Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. 133 с. Шифр ЦНСХБ 24-2126.

В монографии представлены аналитические материалы и результаты собственных исследований по вопросам ветеринарно-санитарной оценки продукции животноводства, полученной с использованием инновационных отечественных кормовых добавок. Такие кормовые композиции, имея уникальную рецептуру и питательную ценность, обладают ярко выраженной биологической активностью, пробиотическими свойствами и конкурентоспособными характеристиками. Одним из перспективных направлений развития технологии производства кормов и кормовых добавок является применение процессов экспандирования и экструдирования растительных компонентов, флакирование и микронизация. Альтернативой дорогостоящему экспандированию является баротермическая обработка зерна. Освещены литературные данные об использовании биологически активных веществ природного происхождения в свиноводстве. Показана эффективность использования в рационах свиней бифидумбактерина, тканевых препаратов, пробиотиков на основе *Bacillus*, витаминно-минеральных добавок и белково-витаминно-минеральных добавок, органических кислот, бетаина, лактулозы, эфирных масел, фитоэкстрактов, яблочного жома. В книге представлены результаты научно-хозяйственных и научно-производственных опытов по использованию экспериментальных кормовых добавок в скотоводстве и рыбководстве. В рационы дойных коров включали добавки из гранулированных и экспандированных наземных частей топинамбура. Изучали рубцовое пищеварение, количество и активность рубцовых микроорганизмов, молочную продуктивность, физико-химические свойства, химический состав и безопасность молока. В опытах по кормлению карпа в комбикорма вводили биологически активный компонент *Saccharomyces cerevisiae*. Изучали влияние корма на качество воды, живую массу и среднесуточный прирост, экстерьер и промеры карпа, гематологические показатели и выживаемость. Проанализированы убойный выход, физико-химические, органолептические показатели и безопасность мяса карпа. Рассчитана экономическая эффективность использования препарата. Книга содержит 7 иллюстраций, 17 таблиц и список использованной отечественной и иностранной литературы из 405 источников. Предназначена для специалистов животноводческих и рыбководческих хозяйств, сотрудников научно-исследовательских учреждений, преподавателей, аспирантов, студентов зоотехнических и ветеринарных факультетов аграрных вузов.

Научно-гигиенические основы оптимизации условий содержания поросят : монография / В.Г. Семенов, А.В. Соляник, В.Г. Тюрин и др. — Чебоксары, 2024. — 216 с. Шифр ЦНСХБ 24-3856.

В монографии изложены общетеоретические основы влияния факторов внешней среды на продуктивность, физиологическое состояние и естественную резистентность организма свиней. Описаны станки и типы полов при содержании свиней. Рассмотрены физиологические особенности поросят и применение различных средств и способов обогрева и локализации тепла. Научно-хозяйственные опыты и производственная проверка результатов исследований проведены на свиноводческом комплексе СПК «Овсянка» Горьковского района Могилевской области Белоруссии. Изучены параметры микроклимата в зоне отдыха, рост, сохранность и физиологические показатели поросят-сосунков, поросят-отъемышей, затраты корма и экономическая эффективность при использовании в станках свиноводческого комплекса для локализации тепла конусоцилиндрических брудеров и брудеров в виде крышки с вертикальными козырьками. Изучено влияние применения в первые три недели жизни поросят брудеров с вертикальными козырьками совместно с лампами накаливания мощностью 100 Вт или обогреваемым полом на интенсивность роста, сохранность, морфологические и биохимические показатели крови поросят-сосунков. Рассчитана экономическая эффективность использования брудеров этой конструкции для поросят-отъемышей. На основании результатов исследований сформулированы рекомендации производству. Книга содержит большое количество таблиц и библиографический список из 283 отечественных и иностранных источников. Предназначена для научных работников, руководителей и специалистов свиноводческих хозяйств, преподавателей, аспирантов и студентов зооветеринарных факультетов аграрных вузов.

Горковенко Н.Е. Кормовые добавки для регуляции иммунобиологического статуса и продуктивности сельскохозяйственной птицы : монография / Н.Е. Горковенко. — Краснодар : КубГАУ, 2023. — 114 с. Шифр ЦНСХБ 24-2076.

В монографии обобщены результаты многолетних исследований автора и данные отечественно и зарубежной литературы по изучению практического опыта применения кормовых добавок в промышленном птицеводстве. Описаны виды кормовых добавок, используемых в рационах птицы. Изучено влияние включения в рационы подкислителей, пробиотических препаратов, пребиотиков, ферментов, иммуномодуляторов, метаболитических пептидов, фитобиотиков и минеральных добавок на физиологические показатели и продуктивность сельскохозяйственной птицы. Кратко

описаны принципы биорегулирующей терапии, действие которой основано на применении природных метаболитов с целью повышения естественной резистентности животных и птицы. Разработана кормовая добавка НВБ (новый вариант бишаса), представляющей собой 5 %-ный раствор бишаса на основе водного раствора апирила. Изучено влияние кормовой добавки НВБ на физиологическое развитие, биохимический статус кур-несушек, особенности микробиома пищеварительной системы птиц, сохранность, ячную продуктивность и качество яиц кур-несушек. Отмечено отсутствие эффекта приобретения и распространения устойчивости к антибактериальным препаратам у бактерий пищеварительного тракта кур при использовании НВБ. Представлены результаты использования природных минеральных адсорбентов для детоксикации организма птиц. Изучено влияние кормовых добавок цеолита на возрастную динамику биохимических показателей крови, иммунный статус, сохранность и продуктивные качества цыплят-бройлеров (прирост живой массы, средний убойный вес, расход корма на одну голову, расход корма на 1 кг живого и убойного веса). Книга содержит список сокращений, 7 иллюстраций, 23 таблицы и библиографический список из 196 источников отечественной и иностранной литературы. Предназначена для зооветеринарных специалистов, преподавателей, аспирантов и студентов сельскохозяйственных учебных заведений.

Пономаренко Ю.А. Научные основы сбалансированного кормления животных : монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров. — М. : Издательство «Поро», 2024. 692 с. Шифр ЦНСХБ 24-3194.

В монографии систематизирована информация о современных знаниях по питательности кормов, комбикормов, кормовых добавок, а также содержащихся в них антипитательных веществах. Приведены нормы ввода кормов, биологически активных веществ в комбикорма, премиксы, белково-витаминно-минеральные добавки. Монография состоит из четырех

глав. В первой главе представлены данные по питательности и химическому составу (до 80 показателей) сочных кормов, высушенных травяных кормов, зерна злаковых и бобовых культур, кормов животного происхождения, продуктов микробиологического синтеза, шротов, жмыхов, травяной муки и других растительных кормов, различных кормовых добавок. Описаны приемы повышения доступности питательных веществ кормов (поджаривание, запаривание, варка, осолаживание, плющение зерна, микронизация, экструзия и др.). Вторая глава содержит новейшую информацию по химическим элементам, токсичным и потенциально токсичным микроэлементам, жизненно необходимым микроэлементам, макроэлементам, витаминам, ферментам, пробиотикам, пребиотикам, другим биологически активным веществам, а также кормовым добавкам. Третья глава посвящена оптимизации рационов для животных по питательности и минимизации по стоимости. Содержит информацию по кормлению сельскохозяйственных животных и птицы, пушных зверей, рыб, собак, кошек, декоративных птиц и дичи. Представлены корма и рационы для непродуктивных животных, содержащихся в зоопарках, цирках, а также в домашних условиях. В четвертой главе приведены ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности кормов, кормовых добавок и сырья для производства комбикормов. Описаны ядовитые вещества, микотоксины и микотоксикозы, адсорбенты и добавки для защиты зерна и комбикормов от плесени и микотоксинов. Приведены растения, содержащие ядовитые, токсичные и антипитательные вещества. В книге имеется алфавитный указатель, большое количество иллюстраций и таблиц. Предназначена для руководителей, специалистов сельскохозяйственных организаций, фермеров, научных сотрудников, преподавателей высших и средних учебных заведений, аспирантов, студентов зооветеринарного профиля, слушателей курсов повышения квалификации АПК, работников органов по сертификации, консультантов по кормлению животных и птицы.



XXXIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС MVC 2025



**9-11
АПРЕЛЯ
2025**

ОБУЧЕНИЕ! ОТДЫХ! ОБЩЕНИЕ!



18+



Event-пространство Амальтея Hall
Инновационный центр Сколково
Большой бул., 40. Москва

www.vetcongress.ru
infosupport@vetcongress.ru
+7 (495) 989 44 60



ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ
ПИТАНИЯ
И БЛАГОПОЛУЧИЯ
ЖИВОТНЫХ

par+ners

ВЕТПРОМ

ВЕТПРОМ
ГРУППА КОМПАНИЙ
ВИК

Валта
пет продукты

МИРАЛЕК

ВЕТБИОХИМ

NITA-FARM
ветеринарная фармакология



МОСЗООВЕТНАБ
Мы рядом, заботясь о главном



apicenna
Ветеринарные фармационные



Группа компаний
астрафарм

Agros 2025 expo

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

Птицеводство | Свиноводство | Корма | Ветеринария
Молочное и мясное животноводство | Племенное дело
Полевое кормопроизводство | Кормозаготовка
Комбикормовая промышленность | Хранение зерна

22-24 ЯНВАРЯ | МОСКВА | КРОКУС ЭКСПО

ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ:

- ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ
- СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИКА
- КОРМА, КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ, ПРЕМИКСЫ
- ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 350 СПИКЕРОВ:

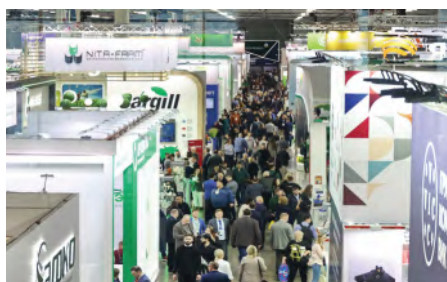
- БОЛЕЕ 60 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ И СОВЕЩАНИЯ
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ – ЗИМНЯЯ ТОЧКА
ПРИТЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА

НОВОЕ
В 2025г.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ
МЯСОПЕРЕРАБОТКИ

МУКОМОЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАСЛОЖИРОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



«Выставка Агрос - №1 в животноводстве в России и, самое главное, она сделана для специалистов, представителей отрасли, аналитиков и экспертов»

Алексей Гордеев, заместитель Председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ

СОВМЕСТНО С

PotatoHorti
2025 agritechexpo

800+ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ
21 000+ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
80+ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОГРАММЫ
600+ ЭКСПЕРТОВ



РЕКЛАМА

Больше информации об участии в наших выставках:

Тел./WhatsApp: +7 (495) 128 29 59

E-Mail: agros@agros-expo.com

Организатор: ООО «Агрос Экспо Групп»

САМАЯ
АКТУАЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ
О ВЫСТАВКЕ

