

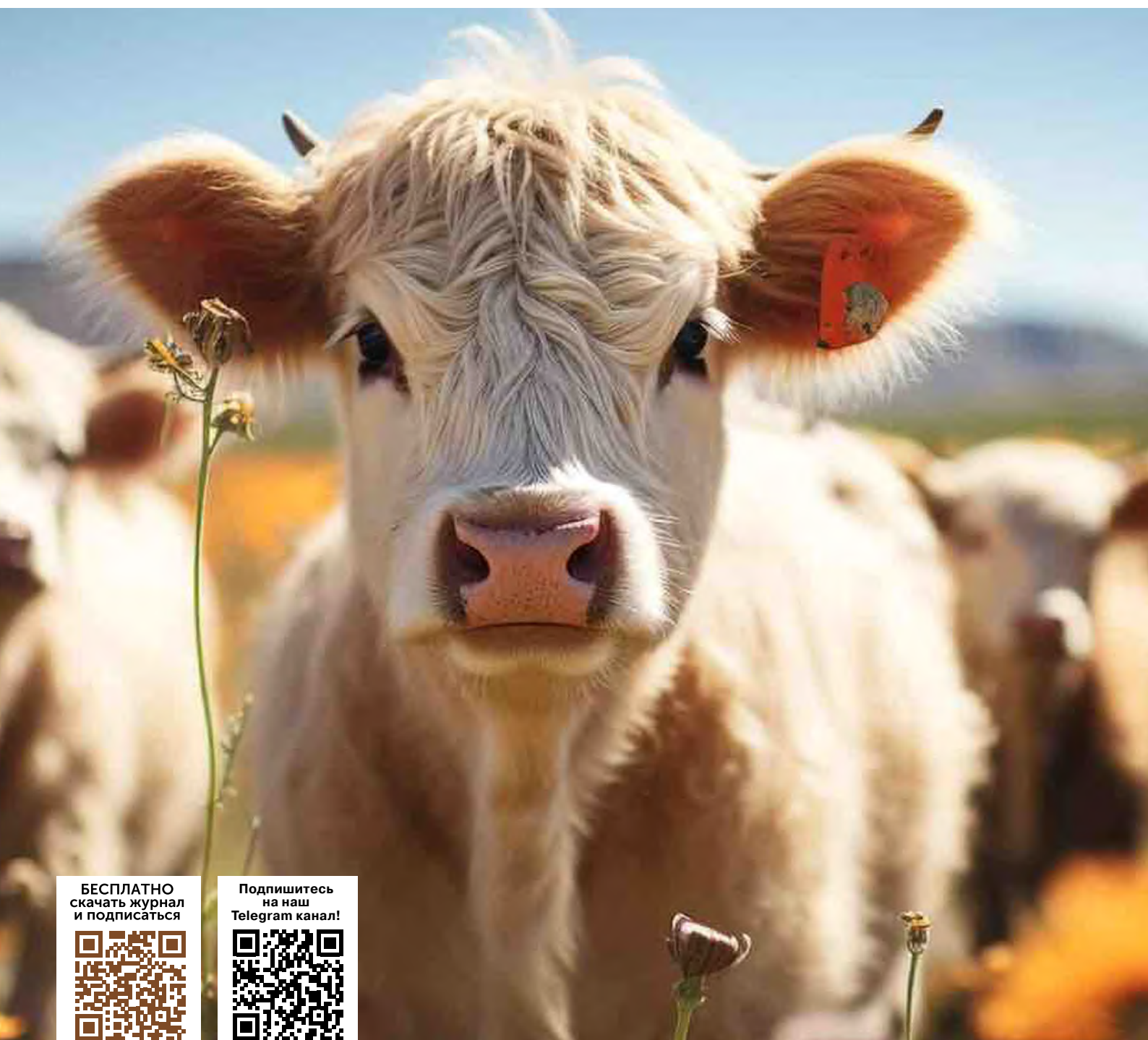
научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

4
2025



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



ВЕТЕРИНАРИЯ

Активность вакцин против гриппа птиц подтипа H9 и ньюкаслской болезни при иммунизации цыплят яичного направления

34

ЗООТЕХНИЯ

Воспроизводительные качества коров с разной степенью инбредности

88

АГРОНОМИЯ

Особенности роста и развития штаммов гриба — возбудителя антракноза льна в условиях *in vitro*

137



ПЕРВАЯ САУДОВСКО-РОССИЙСКАЯ АГРАРНАЯ ВЫСТАВКА

GRAS EXPO

19-22 мая 2025

Культурный центр Короля Халеда,
г. Бурайда, Саудовская Аравия

ПОДДЕРЖКА ВЫСТАВКИ

Министерство
сельского хозяйства
Саудовской Аравии

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture



Министерство
инвестиций
Саудовской Аравии



وزارة الاستثمار
Ministry of Investment

ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ:



100+

ЭКСПЕРТОВ-ПРАКТИКОВ

5 000+

ПОСЕТИТЕЛЕЙ

200+

ЭКСПОНЕНТОВ

1 Прямой выход на рынок Саудовской
Аравии и Ближнего Востока

2 B2B-матчмейкинг для
экспонентов

3 Выход на контакт с лицами,
принимающими решения

4 Обмен опытом с лучшими
экспертами отрасли на
международном уровне

+7 (960) 473-13-19
www.grasexpo.com
info@grasexpo.com
sales@asiaexpo.space

организатор
**ASIA
EXPO**



BK



Youtube



Rutube



X



Telegram

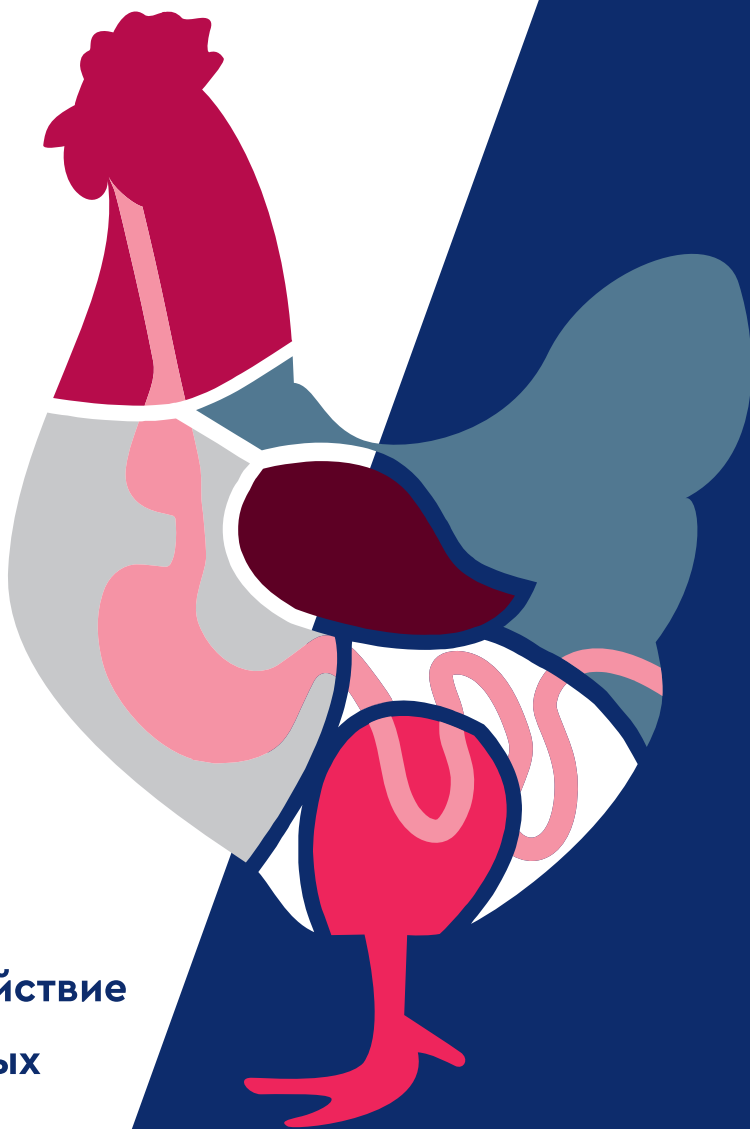


ГРУППА
КОМПАНИЙ
ВИК

ТОП-21 производителей
ветеринарной фармацевтики в мире

ПРОДАКТИВ АЦИД SE

Высокоэффективная смесь органических кислот
для контроля уровня патогенной микрофлоры в кормах



- Высокое бактерицидное действие
- Содержание активных чистых кислот не менее 79%
- Ингибирование патогенной микрофлоры в ЖКТ птицы
- Низкие нормы ввода

vicgroup.ru
+7 495 777 67 67

© 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 коммерческих, 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.

Редактор-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://agrarnayanauka.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://agrarnayanauka.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 15.04.2025

Дата выхода в свет 22.04.2025

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:

Абдурасулов 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, пос. 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.

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.
Толуприя 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, Западно-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:

Афрасьяб Х., доктор гидромеханики и гидромеханики, Университет Кебангсаан Малайзия, Банги, Малайзия.

Дарвиш А.М.Г., PhD, 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. Сельчуклу-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, член-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. Редуит, 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, 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.

Брюханов 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. Полецов, 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:

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. Санкт-Петербург, Россия, 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.

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



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.

Editor-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 15.04.2025

Release date 22.04.2025

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

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. Gorbатов 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.

Koshchayev 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:

Abdurasulov 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.

Krivorogova 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, Zhanger 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, 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. Gorbatov 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, 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.

Ishesky 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. Gorbatov 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:

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.....	8
СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ	

Агроклассы: как школьники становятся будущим сельского хозяйства.....	10
К 2030 году потребление отечественной рыбной продукции должно увеличиться до 28 кг на человека в год.....	12
Молочная отрасль: итоги и прогнозы.....	13
На повестке дня — жирность молока	14
ИФА-диагностика для определения оптимального срока вакцинации поросят от КЧС.....	18
За 2024 год специалисты ВГНКИ провели более 900 исследований ветпрепаратов	20

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

ОТ РЕДАКТОРА

Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Публикационная активность в инфографике (часть 1)	22
---	----

ВЕТЕРИНАРИЯ

Спирина О.А., Сотникова Л.Ф. Диагностика и лечение аритмогенной дисплазии правого желудочка у собак, приводящей к прекапиллярной легочной гипертензии	28
Фролов А.В., Рузина А.В., Васюков Н.В., Рождественская Т.Н. Активность вакцин против гриппа птиц подтипа H9 и болезнь Ньюкасла среди цыплят яичного направления	34
Коновалова Г.В., Курочкина К.Г. Изучение влияния белкового экстракта <i>Trichinella spiralis</i> на гуморальный и клеточный иммунитет у мышей.	40
Савостина Т.В., Генятов С.И. Обоснование и алгоритм снижения микробной обсемененности при производстве мяса птицы.....	46
Ткачева И.С., Сенченко М.А., Чугреев М.К. Морфологические признаки зайца-беляка — устойчивые информативные показатели для оценки стабильности генома и составления кадастра вида.....	53
Тюменцева В.С., Попов П.А., Бабунова В.С., Савинова Е.П., Осипова И.С. Бактериальная обсемененность товарного куриного яйца.....	63

ЗООТЕХНИЯ

Гречкина В.В., Шейда Е.В., Кван О.В., Шевченко А.Д. Применение экзогенных кормовых ферментов в питании жвачных животных	69
Короткий В.П., Скорнякова О.О., Рыжов В.А., Самойлова Н.А., Ерастова А.И. Опыт применения хвойных кормовых добавок при изоспорозе поросят	75
Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Никонова Е.А., Рахимжанова И.А., Неверова О.П., Седых Т.А., Калякина Р.Г., Абдурасулов А.Х. Влияние генотипа молодняка овец на баланс азота.....	81
Харлап С.Ю., Горелик А.С., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Воспроизводительные качества коров с разной степенью инбридности	88
Чинаров Р.Ю., Луканина В.А., Джагаев А.Ю., Сингина Г.Н. Влияние интервала между сеансами ОРУ на результативность получения ооцитов при интенсивном использовании доноров локальных пород крупного рогатого скота	95
Богатова П.С., Лиходеевская О.Е., Лиходеевский Г.А., Лоретц О.Г., Зулаева А.С. Аллельное разнообразие бета- и каппа-казеинов крупного рогатого скота голштинской породы Свердловской области.	101
Крючков И.А., Никишов А.А. Влияние белкового концентрата из личинок черной львинки <i>Hermetia illucens</i> на продуктивные показатели цыплят-бройлеров.....	108
Колесник Н.С., Боголюбова Н.В., Зеленченкова А.А., Лахонин П.Д. Процессы пищеварения и газообразования у овец под влиянием комплекса фитогеников	113

АГРОНОМИЯ

Левин В.И., Ступин А.С. Механизм ингибирования интактных семян яровой пшеницы, индуцированный хранением с травмированными и поврежденными зерновками	121
Виноградова Т.А., Кудряшова Т.А., Козьякова Н.Н. Исследование неравномерности вылежки по физико-механическим свойствам в процессе приготовления льнотресты.....	129
Пролётова Н.В., Кудрявцева Л.П. Особенности роста и развития штаммов гриба — возбудителя антракноза льна (<i>Colletotrichum lini</i>) в условиях <i>in vitro</i>	137

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р., Бердюгин П.С., Базаев С.О., Владимиров Ф.Е. Оценка применимости трехмерных времяпролетных камер для цифрового мониторинга экстерьеров коров	152
Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р., Бердюгин П.С., Владимиров Ф.Е. Методика и результаты натурных испытаний системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров	153
Блинов А.В., Самоволов А.В., Аскерова А.С., Нагдалян А.А., Серов А.М., Ребезов М.Б. Исследование влияния хелатного железосодержащего комплекса на качество кисломолочных продуктов	159

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АПК

Галкин А.И. Применение нейросетей и технологий больших данных в сельском хозяйстве: повышение эффективности и устойчивости агропроизводства.	167
Еремин С.Г. Цифровизация сельского хозяйства: роль больших данных в повышении эффективности и устойчивости отрасли.	172
Красюкова Н.Л. Интеграция блокчейн-технологий в управление агропромышленными холдингами: драйверы эффективности и устойчивого развития.....	177
Панина О.В. Инновационные подходы к повышению эффективности сельского хозяйства в условиях трансформации агропромышленного комплекса	180

CONTENTS

INFORMATIONAL, PRACTICAL, ANALYTICAL AND ADVERTISING MATERIALS

NEWS 8

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Agroclasses: how schoolchildren are becoming the future of agriculture	10
By 2030, consumption of domestic fish products should increase to 28 kg per person per year	12
Results and forecasts of the dairy industry	13
Milk fat content is on the agenda	14
ELISA diagnostics determines the optimal time for vaccinating piglets against CSF	18
In 2024, VGNKI specialists conducted more than 900 studies of veterinary drugs	20

SCIENTIFIC ARTICLES

EDITOR'S COLUMN

Rebezov M.B., Violin B.V. Publication activity in infographics (part 1).....	22
--	----

VETERINARY MEDICINE

Spirina O.A., Sotnikova L.F. Diagnosis and treatment of arrhythmogenic dysplasia of the right ventricle in dogs, leading to precapillary pulmonary hypertension	28
Frolov A.V., Ruzina A.V., Vasyukov N.V., Rozhdestvenskaya T.N. Vaccination activity against avian influenza subtype H9 and Newcastle disease during immunization of egg-laying chickens	34
Konovalova G.V., Kurochkina K.G. Investigation of <i>Trichinella spiralis</i> protein extract on humoral and cellular immunity in mice.....	40
Savostina T.V., Geniyatov S.I. Rationale and Algorithm for Reduction of Microbial Contamination in Poultry Production	46
Tkacheva I.S., Senchenko M.A., Chugreev M.K. Morphological features of the white hare — stable informative indicators for assessing genome stability and compiling a species cadastre.....	53
Tyumentseva V.S., Popov P.A., Babunova V.S., Savinova E.P., Osipova I.S. Bacterial contamination of commercial chicken eggs.....	69

ZOOTECHNICS

Grechkina V.V., Sheida E.V., Kvan O.V., Shevchenko A.D. The use of exogenous feed enzymes in the nutrition of ruminants	69
Korotky V.P., Skorniyakova O.O., Ryzhov V.A., Samoylova N.A., Erastova A.I. Experience in the use of coniferous feed additives in case of piglet isosporosis.....	75
Kosilov V.I., Yuldashbayev Yu.A., Nikonova E.A., Neverova O.P., Rakhimzhanova I.A., Sedykh T.A., Kalyakina R.G., Abdurasulov A.Kh. The effect of the genotype of young sheep on the nitrogen balance.....	81
Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Gorelik O.V., Rebezov M.B. Reproductive qualities of cows with varying degrees of inbred	88
Chinarov R.Yu., Lukanina V.A., Dzhagaev A.Yu., Singina G.N. Effect of interval between OPU sessions on the efficiency of oocyte retrieval at intensive using of donors of local cattle breeds.	95
Bogatova P.S., Lihodeevskaya O.E., Lihodeevskiy G.A., Lorets O.G., Zulaeva A.S. Allelic diversity of beta- and kappa-caseins in Holstein cattle of the Sverdlovsk region	101
Kryuchkov I.A., Nikisov A.A. Effect of protein concentrate from black soldier fly <i>Hermetia illucens</i> larvae on the productive performance of broiler chickens	108
Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V., Zelenchenkova A.A., Lakhonin P.D. Digestion and gas formation processes in sheep under the influence of a complex of phytonics.....	113

AGRONOMY

Levin V.I., Stupin A.S. The mechanism of suppression of intact spring wheat seeds induced by storage with injured and damaged grains	121
Vinogradova T.A., Kudryashova T.A., Kozyakova N.N. Investigation of the unevenness of drying according to physico-mechanical properties during the preparation of flax	129
Proletova N.V., Kudryavtseva L.P. Peculiarities of growth and development of strains of the fungus — the causative agent of flax anthracnose (<i>Colletotrichum lini</i>) in vitro	137

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Berdyugin S.P., Bazaev S.O., Vladimirov F.E. Assessing the applicability of 3D time-of-flight cameras for digital monitoring of cow exterior	145
Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Berdyugin S.P., Vladimirov F.E. Methodology and results of field tests of the digital monitoring system for the exterior of dairy cows	153
Blinov A.V., Samovolov A.V., Askerova A.S., Nagdalyan A.A., Serov A.M., Rebezov M.B. Study of the influence of a chelate iron-containing complex on the quality of fermented milk products.	159

DIGITALIZATION OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Galkin A.I. Application of neural networks and big data technologies in agriculture: increasing the efficiency and sustainability of agricultural production	167
Eremin S.G. Digitalization of agriculture: the role of big data in improving the efficiency and sustainability of the industry.....	172
Krasyukova N.L. Integration of Blockchain Technologies into the Management of Agro-Industrial Holdings: Drivers of Efficiency and Sustainable Development	177
Panina O.V. Innovative approaches to improving the efficiency of agriculture in the context of the transformation of the agro-industrial complex.....	180



КАБМИН НАПРАВИТ НА ПРОГРАММЫ ЛЬГОТНОГО ЛИЗИНГА СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ СЫШЕ 4 МЛРД РУБЛЕЙ

Как информирует официальный сайт кабмина, правительство России продолжает работу по обновлению парка сельскохозяйственной техники и снижению финансовой нагрузки на аграриев. Более 4 млрд рублей выделяют из федерального бюджета на закупку сельхозтехники, которая затем будет передана в лизинг. Распоряжения об этом подписал премьер-министр М. Мишустин.

В сообщении отмечено, что средства, зарезервированные в федеральном бюджете, предназначены «Росагролизингу». Принятые решения позволят приобрести различную сельхозтехнику и передать ее сельхозтоваропроизводителям, в том числе в рамках договоров льготного лизинга. В 2025 году на указанные цели планируется направить бюджетные инвестиции в размере 4,5 млрд рублей, что даст возможность закупить не менее 300 единиц отечественных сельхозмашин и оборудования.

На совещании с вице-премьерами, прошедшем 31.03.2025, премьер-министр отметил, что этот вопрос обсуждался во время недавнего ежегодного отчета правительства в Госдуме. «Важно, чтобы аграрии получили новые машины как можно скорее, — заявил он. — Сейчас спрос на сельхозтехнику растет, значит, у отрасли не должно быть нехватки необходимых составляющих для сбора урожая».

(Источник: Официальный сайт Правительства России)

ПО КАЖДОМУ ВИДУ ЖИВОТНОВОДСТВА ФОРМИРУЮТСЯ НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ

В настоящее время ведется совместная работа аграрных вузов, федерального Минсельхоза и Минобрнауки по переработке образовательных программ, сообщила министр сельского хозяйства РФ О. Лут в ходе визита в ПГАУ. «В том числе по зоотехническому и ветеринарному направлению, которые, как нам кажется, слегка устарели. Сейчас (вместе с бизнесом) мы по каждому виду животноводства формируем новые программы, учитывая специализацию регионов», — уточнила она.

Особая роль в привлечении молодежи в сельхозотрасль отводится системной работе по созданию агроклассов, отметила чиновник. «У нас создано порядка 50 агроклассов, а к концу года ожидаем около 600», — обратила внимание она, напомнив, что к 2030 году в РФ должны быть созданы уже 18 тыс. агроклассов.

(Источник: Официальный сайт Пензенского ГАУ)

ПЕРЕНЕСЕНЫ СРОКИ ВВЕДЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СПОСОБА МАРКИРОВАНИЯ И УЧЕТА ОВЕЦ И КОЗ

Как сообщили в федеральном Минсельхозе, правительство внесло изменения в Правила осуществления учета животных, в соответствии с которыми с 01.12.2025 запланировано введение индивидуального способа маркирования и учета овец и коз для всех участников хозяйственного оборота. В настоящее время, уточнили в министерстве, такая обязанность предусмотрена только в отношении племенных или содержащихся в ЛПХ животных, для остальных сельхозживотных применяется групповой способ.

Как отметили в ведомстве, прослеживаемость животных и продукции животноводства — один из основополагающих компонентов обеспечения эпизоотического благополучия и пищевой безопасности России. Точный индивидуальный учет поголовья мелкого рогатого скота (МРС) окажет содействие борьбе с незаконным перемещением овец и коз в теневом секторе экономики. Для оперативного решения этой задачи сроки введения маркирования животных перенесены на более ранние — с 01.09.2026 на 01.12.2025.

(Источник: Официальный сайт Минсельхоза России)



НСА ПРЕЗЕНТОВАЛ «КАЛЬКУЛЯТОРЫ СТРАХОВАНИЯ»

Национальный союз агростраховщиков (НСА) презентовал региональным органам АПК собственную разработку — цифровые модули «Калькуляторы страхования» для расчета примерного размера стоимости страхования и потенциальной страховой выплаты по договорам агрострахования с господдержкой. Основная цель разработки — предоставить сельхозтоваропроизводителем возможность самостоятельно (до обращения к страховым компаниям) получить представление о примерных стоимостных параметрах страхования их посевов или животных.

«Калькуляторы страхования» разработаны для помощи аграриям на этапе заключения договора, когда им предстоит выбрать программу страхования, какие риски включить в покрытие, какую страховую франшизу установить, — проинформировал президент НСА К. Биждов. — От этих параметров будет зависеть и стоимость страхового полиса, и то, какой размер страховой выплаты получит хозяйство при наступлении того или иного убытка». По его словам, модуль позволяет аграрию «проиграть» различные сценарии убытков, понять, как именно будет работать при них та или иная страховая защита до подписания договора, и принять более осознанное решение.

(Источник: Официальный сайт союза «Единое объединение страховщиков агропромышленного комплекса — Национальный союз агростраховщиков»)



ОСОБЕННЫЕ КОРМОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ И КОРМА

УК 2-02 УГЛЕВОДНЫЙ ПРЕБИОТИЧЕСКИЙ КОРМ

«ЖИВОЙ БЕЛОК»

для оптимизации пищеварения, повышения продуктивности и оздоровления поголовья

Корм с отличными вкусовыми качествами и пребиотическим эффектом специально ориентирован на сглаживание погрешностей рационов крупного рогатого скота.

ПИТАТЕЛЬНОСТЬ:

легкопереваримые углеводы - до 35-42% (в т. ч. сахара – до 30%); протеин - не менее 10%

СОСТАВ: меласса свекловичная пищевая; растительные волокна.

СВОЙСТВА:

- формирует и восстанавливает положительную микрофлору рубца, снижает «Эффект Моногастричности Коров» (ЭМК)
- способствует формированию собственного микробиального белка в рубце
- улучшает пищеварение и усвоение питательных веществ рациона, стимулирует рост и развитие молодняка, повышает сохранность и продуктивность скота
- предотвращает развитие ацидоза рубца и заболеваний, связанных с ним, а также последующих нарушений обмена веществ
- нормализует pH рубца при большом количестве концентратов в рационе и/или плохом качестве грубого и объемистого корма
- оказывает мощный гепатопротекторный эффект
- стимулирует размножение бактерий, переваривающих клетчатку
- способствует повышению молочной продуктивности коров, содержания белка и молочного жира в молоке
- увеличивает среднесуточный прирост у молодняка
- снижает случаи кишечных заболеваний у молодняка и расходы на лечение

ДОЗИРОВАНИЕ И СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ:

Корм в соответствии с суточной нормой смешивают с основным кормом.

Необходимо обеспечить животным доступ к воде.

СУТОЧНАЯ НОРМА РАСХОДА НА ГОЛОВУ:

Дойные коровы	0,5-2,0 кг
Сухостойные коровы 2 периода	0,1-0,2 кг
Телята в возрасте 0-6 мес.	0,15 кг
Молодняк КРС в возрасте 6-12 мес. на доращивании	0,2-0,3 кг
Молодняк КРС в возрасте 12-18 мес.	0,2-0,5 кг
Молодняк КРС в случной период	0,5-1,0 кг

ИЗГОТОВЛЕН ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ.

ИМЕЕТ СЛАДКИЙ ВКУС, ПРИЯТНЫЙ ЗАПАХ,

СТИМУЛИРУЕТ АППЕТИТ, УЛУЧШАЕТ

ПОЕДАЕМОСТЬ КОРМОВ ОСНОВНОГО РАЦИОНА!

УПАКОВКА:

Продукт упакован в герметичные фирменные полипропиленовые мешки по 25кг.

ГАРАНТИЙНЫЙ СРОК И УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ:

В не вскрытой оригинальной упаковке 6 мес. с даты изготовления. При температуре ниже плюс 8°C допускается затвердение корма с полным сохранением питательных свойств.



Наша продукция на маркетплейсах:



8-800-200-3-888, 8-499-322-20-50



agrovit87.ru, prok.ru



АГРОКЛАССЫ: КАК ШКОЛЬНИКИ СТАНОВЯТСЯ БУДУЩИМ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Сельское хозяйство — это основа продовольственной безопасности и экономики страны. Однако в последние годы аграрный сектор сталкивается с серьезной проблемой — нехваткой квалифицированных кадров. Чтобы привлечь молодежь в эту сферу, в России запущен образовательный проект «Агроклассы», который не только помогает школьникам определиться с профессией, но и создает условия для развития сельских территорий.

Давайте разберемся, как работает проект и какие перспективы открывает.

Почему сельскому хозяйству нужны молодые кадры

Сельское хозяйство сегодня — это не только традиционные методы работы на земле, но и высокие технологии, наука и инновации. Однако многие школьники, особенно из сельской местности, не видят перспектив в этой сфере. Они уезжают в города, что приводит к оттоку молодежи и усугубляет демографические проблемы на селе.

Проект «Агроклассы» призван изменить эту ситуацию. Он показывает, что работа в агропромышленном комплексе (АПК) — это не только труд на земле, но и возможность заниматься наукой, технологиями и управлением. Это мотивирует школьников оставаться в родных регионах и вносить вклад в их развитие.

Как устроены «Агроклассы»

«Агроклассы» — это специализированные образовательные программы, которые реализуются на базе общеобразовательных школ при поддержке аграрных вузов и промышленных партнеров. Основная цель проекта — познакомить школьников с профессиями в АПК и помочь им сделать осознанный выбор будущей специальности.

Уникальность «Агроклассов» заключается в их практической направленности. Школьники не только изучают теорию, но и получают возможность применить свои знания на практике. Они посещают сельхозпредприятия, участвуют в мастер-классах, работают с современным оборудованием и даже пробуют себя в роли агрономов, ветеринаров или технологов. Это позволяет учащимся не только



понять, что такое работа в АПК, но и почувствовать ее важность и значимость.

В Санкт-Петербургском государственном университете ветеринарной медицины (СПбГУВМ) на данный момент открыты 13 «Агроклассов» в различных образовательных учреждениях. Среди них ГБОУ «Школа № 297», МОУ «Большеколпанская СОШ», Первомайский центр образования, СОШ № 1, Отрадненская СОШ, а также Оредежская СОШ им. Героя Советского Союза А.И. Семёнова. Эти классы предлагают углубленное изучение различных аспектов ветеринарии и смежных дисциплин.

В ГБОУ «Школа № 297» и МОУ «Большеколпанская СОШ» основное внимание уделяется генетике и ветеринарии. В Первомайском центре образования ученики погружаются в мир эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы. СОШ № 1 и Отрадненская СОШ предлагают курс по зоологии и ветеринарии, а Оредежская СОШ им. Героя Советского Союза А.И. Семёнова фокусируется на изучении зоологии.

Один из ключевых аспектов проекта — интеграция современных технологий в образовательный





процесс. Сельское хозяйство сегодня — это высокотехнологичная отрасль, где используются дроны (для мониторинга полей), искусственный интеллект (для анализа урожайности) и биотехнологии (для повышения эффективности производства). В рамках «Агроклассов» школьники знакомятся с этими инновациями. Например, они изучают основы точного земледелия, которое позволяет минимизировать затраты ресурсов и повысить урожайность. Учащиеся узнают о принципах устойчивого сельского хозяйства, направленного на сохранение экологии и рациональное использование природных ресурсов. Это особенно важно в условиях глобальных климатических изменений и растущего спроса на экологически чистую продукцию.

Роль индустриального партнера и государства

Успех «Агроклассов» во многом зависит от поддержки со стороны государства и индустриального партнера. Важно, чтобы проект развивался не только в крупных регионах, но и в отдаленных сельских районах, где потребность в квалифицированных кадрах особенно высока. Для этого необходимо создавать условия для сотрудничества между школами, вузами и предприятиями, а также обеспечивать финансирование для закупки современного оборудования и организации образовательных мероприятий.

Индустриальный партнер может играть активную роль в развитии проекта. Например, компании могут предлагать школьникам стажировки, гранты на обучение и даже трудоустройство после окончания вуза. Это создаст дополнительную мотивацию для молодежи и поможет решить проблему кадрового дефицита в АПК.



Перспективы для школьников

«Агроклассы» открыты для всех школьников, но наибольший интерес они представляют для учащихся 8–11-х классов. Именно в этом возрасте подростки начинают задумываться о выборе профессии, и участие в проекте помогает им сделать осознанный выбор. Школьники получают не только знания, но и навыки, которые пригодятся им в будущей профессиональной деятельности.

Кроме того, проект помогает решить кадровые проблемы в аграрном секторе. Работодатели получают возможность привлекать мотивированных молодых специалистов, которые уже со школьной скамьи ориентированы на работу в сельском хозяйстве. Это способствует и развитию целевого обучения, когда студенты, получившие образование по направлению от предприятия, возвращаются работать в родной регион.

«Агроклассы» — это не просто образовательный проект, а стратегическая инициатива, направленная на формирование нового поколения специалистов для сельского хозяйства. Благодаря этому проекту школьники получают не только знания, но и возможность увидеть, как их труд может изменить жизнь целых регионов. Это шаг к будущему, в котором сельское хозяйство станет привлекательной и перспективной сферой для молодежи, а сельские территории — местом для реализации амбиций и талантов.

Проект «Агроклассы» — это инвестиция в будущее, которая принесет плоды не только для отдельных людей, но и для всей страны. Он показывает, что сельское хозяйство — это не только традиции, но и инновации, не только труд, но и возможность для творчества и самореализации.

Т. Никонова,
сотрудник Медиацентра СПбГУВМ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ



К 2030 ГОДУ ПОТРЕБЛЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ ДОЛЖНО УВЕЛИЧИТЬСЯ ДО 28 КГ НА ЧЕЛОВЕКА В ГОД

В Совете Федерации 28.02.2025 прошел круглый стол на тему «Меры государственной поддержки отечественной рыбоперерабатывающей отрасли в условиях санкционного давления». Провел мероприятие первый заместитель председателя Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Сергей Митин.

Как было отмечено на круглом столе, в последние годы рыбохозяйственному комплексу в Российской Федерации придается особое значение. Так, по информации Министерства сельского хозяйства РФ, в прошлом году в стране наблюдался рост производства рыбной продукции с высокой добавленной стоимостью. Об этом сообщил, открывая заседание, первый заместитель главы Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию С. Митин. Он привел оперативные данные, по которым за 11 месяцев минувшего года филе рыбного мороженого было произведено около 215 тыс. т, рыбного фарша и мяса рыбы мороженых — 96 тыс. т, рыбной муки — 179 тыс. т, что на 5%, 13% и 10%, соответственно, больше аналогичного периода предыдущего года. «Это хороший результат, тем не менее вопрос господдержки рыбопереработчиков остается открытым», — обратил внимание законодатель.

Согласно сведениям от субъектов РФ, поступившим в рамках подготовки совещания в профильное министерство, по применению действующих мер, направленных на государственную поддержку переработки рыбной продукции, 62 региона (что составляет 70% субъектов РФ) сообщили о полном отсутствии каких-либо мер. При этом 19 регионов (21% субъектов) проинформировали о наличии региональных мер поддержки, в рамках которых реализуются мероприятия по стимулированию развития рыбоперерабатывающих мощностей.

Вопрос рыбопереработки напрямую связан с задачей повышения потребления рыбной продукции и обеспечения ее доступности для населения, отметил сенатор. Он напомнил, что президент России Владимир Путин в 2023 году поручил разработать и утвердить план мероприятий по увеличению внутреннего потребления отечественной рыбной продукции на период до 2030 года, а также обеспечить его реализацию, и правительство такой план утвердило в июле 2024 года. «В формировании этого документа принял активное участие наш Комитет, — рассказал парламентарий. — Благодаря совместной работе с органами исполнительной власти был установлен целевой индикатор среднедушевого потребления рыбной продукции (при норме, рекомендованной Мини-



стерством здравоохранения РФ) — 28 килограммов на человека в год к 2030 году». Помимо этого, был поддержан целый ряд предложений (в том числе о расширении государственных и муниципальных закупок рыбной продукции глубокой переработки российского производства, такой как рыбное филе, фарш, паста сурими) и о развитии ярмарочной торговли, уточнил он. Крайне важно, чтобы все намеченные мероприятия плана были приняты, формализованы в нормативных правовых актах и обеспечены финансированием, резюмировал С. Митин.

Поскольку внешнее давление в отношении нашей страны со стороны недружественных государств продолжает усиливаться, следует четко понимать, какие меры дополнительной поддержки требуются российским предприятиям, чтобы это давление компенсировать и в обязательном порядке выполнить все мероприятия плана, заявил законодатель. Поэтому представляется необходимым предусмотреть для российских рыбопереработчиков равные условия, прежде всего на едином таможенном пространстве Евразийского союза (ставки таможенного сбора — насущный вопрос для рыбопереработчиков), отметил он. «Анализ показал, что меры господдержки зачастую проектируются для рыбаков, а не для рыбопереработчиков. Полагаю, в сложившихся условиях важно поддержать предприятия, направленные на производство пищевой рыбной продукции, ориентированные в первую очередь на ее реализацию на внутреннем рынке Российской Федерации», — подытожил парламентарий.

Ю.Г. Седова

МОЛОЧНАЯ ОТРАСЛЬ: ИТОГИ И ПРОГНОЗЫ

Комитет Госдумы по аграрным вопросам провел круглый стол «Итоги работы молочной отрасли за 2024 год, включая переработку, и проблемы текущего периода». Мероприятие прошло 18.02.2025 на площадке нижней палаты российского парламента.

В 2024 году в Российской Федерации, по предварительной оценке Минсельхоза России, произведены около 34 млн т сырого молока во всех категориях хозяйств, что на 200 тыс. т, или на 0,6%, превысило уровень предшествующего года, сообщил на круглом столе директор департамента животноводства и племенного дела Министерства сельского хозяйства РФ С. Воскресенский. В рамках действующей госпрограммы имеется стабильный рост показателей молочной отрасли, отметил он. «При этом мы прибавили порядка 620 тысяч тонн молока в сельхозорганизациях. Традиционно наибольшая доля (около 70% общего объема) приходится на организованный сектор — сельхозорганизации, КФХ и ИП, что составляет около 23,5 миллионов тонн. Показатель средней продуктивности на одну корову в крупных хозяйствах также увеличился, обновив свой исторический максимум, и достиг 8,5 тонн», — сказал чиновник. Он напомнил, что, согласно Указу Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», необходимо нарастить объемы производства к 2030 году на 25% к уровню 2021 года. Применительно к молочной отрасли это около 38,5 млн т с учетом новых территорий, уточнил докладчик.

В настоящее время, по словам спикера, федеральный Минсельхоз совместно с регионами завершил работу по декомпозиции плановых показателей производства молока с учетом особенностей каждой территории. Так, с целью определения объема молока, на который для реализации Указа Президента РФ № 309 следует прирасти в организованном секторе, был проведен анализ выпадающих объемов производства в хозяйствах

населения и на низкоэффективных действующих мощностях, определены целевые показатели по вводу новых ското-мест и производству племенного молодняка для их укомплектования.

В целях достижения поставленных задач в рамках государственной программы, сообщил чиновник, предусмотрены инструменты господдержки, в том числе направленные на создание инвестиционной привлекательности отрасли и стабильного развития АПК. «Это льготные инвестиционные кредиты и САРЕХ, льготные краткосрочные кредиты, прямые меры поддержки, в том числе объединенные субсидии, а также поддержка малых форм хозяйствования», — сообщил он.

Как отметила председатель совета Молочного союза России Л. Маницкая, самая большая беда — потеря поголовья. «Если ежегодно мы теряли общего поголовья на 200–300 тысяч животных, а дойного — порядка 100 тысяч, то в 2023 году потеряли уже 400 тысяч голов общего стада и 155 тысяч — дойного. В 2024 году антирекорд побит: общее поголовье снизилось на 700 тысяч голов, а дойное — на 250 тысяч. В итоге за последние 10 лет общее поголовье снизилось на 2,5 миллиона голов, а дойное — на 1 миллион», — проинформировала она. Тем не менее в прошлом году выросло всё: цены на молоко, спрос на него, потребление и, соответственно, производство молочной продукции, отметила эксперт. Согласно ее данным, экспорт вырос почти на 19%, импорт — на 13% (при этом импорт превысил экспорт в 5,2 раза).

По информации генерального директора Национального союза производителей молока (Союзмолоко) А. Белова, в минувшем году отрасль столкнулась с диспропорцией: потребление молока выросло больше, чем его производство (на 3% и 2% соответственно). «Поэтому сегодня ключевой вызов — обеспечить растущее потребление», — заявил он. Для выполнения поставленных задач необходимо наращивать производство. В течение шести лет в каждом регионе должно быть введено по одному комплексу, отметил спикер. «И еще одна важная вещь — себестоимость. Особенно в производстве сырого молока», — сказал он. При этом если в сырьевом секторе рост себестоимости, благодаря позитивной динамике последнего полугодия, практически был отыгран, то в переработке она продолжает расти, а цены «достаточно серьезно упираются» в потребительский спрос, резюмировал эксперт.

Ю.Г. Седова



НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ — ЖИРНОСТЬ МОЛОКА

В настоящей статье мы постарались систематизировать современные требования к молочному сырью и проанализировать, как различные факторы влияют на его конечные свойства. Надеемся, этот материал будет полезен как производителям, так и всем, кто интересуется вопросами качества молочной продукции

Требования к качеству молока значительно изменились за последние десятилетия. Если ранее основное внимание уделялось максимальному количеству надоев, то теперь покупатели сырого молока акцентируют внимание на содержании компонентов молока. Качество молока определяется его составом и свойствами [1, 2]. Основные показатели качества молока — содержание жира и содержание белка. Однако молочный сахар (лактоза) тоже следует учитывать как важный качественный показатель, поскольку он влияет на ряд свойств молока. К основным свойствам молока относятся термоустойчивость, электропроводность, кислотность и уровень соматических клеток.

Качество молока имеет не только экономическое значение, определяющее рентабельность и конкурентоспособность молочной продукции на рынке, но и социальную значимость, так как она напрямую влияет на здоровье человека. Качество

молочного жира определяется множеством факторов, включая генетику, рацион кормления, процесс доения, сезонность, здоровье животных, лактацию и ее периоды, удой и возраст [3].

Влияние генетики

В течение последнего десятилетия наблюдается рост как содержания жира в молоке, так и молочной продуктивности. Одной из причин этого увеличения стали генетические улучшения. Содержание жира — наследственная черта, с помощью генетического отбора можно повлиять на процентное содержание жира в молоке и уровень продуктивности животного [4, 5].

Каждой породе присущ свой процент молочного жира, но в стаде могут быть животные-исключения, у которых уровень молочного жира будет резко выше или резко ниже, чем у остальных. Изменить этот фактор не получится, так как это особенность генов породы [6–8].

М. Шаповалова: «В своей практике я всегда обращаю внимание на три ключевых показателя: содержание жира, белка и лактозы. При этом многие недооценивают значение молочного сахара, хотя именно он во многом определяет технологические характеристики продукта — от термоустойчивости до кислотности. Не менее важен и уровень соматических клеток. Это своеобразный маркер, показывающий, насколько здоровы были животные и соблюдались ли санитарные нормы при производстве».

К. Стуловский: «Хочу особо подчеркнуть, что качество молока — это не просто экономическая категория. Лично для меня это вопрос социальной ответственности отрасли, ведь от состава молока напрямую зависит здоровье потребителей. Основываясь на многолетнем опыте, могу выделить несколько критически важных факторов формирования качественного молока: генетический потенциал животных, сбалансированность рациона, технологическую дисциплину на производстве, физиологическое состояние коров».

В. Кумарин: «Как эксперты в молочной отрасли, хотим поделиться своими наблюдениями о том, как кардинально изменились подходы к оценке качества молока за последние годы. Если раньше мы в первую очередь смотрели на цифры надоев, то сегодня ситуация совершенно иная: рынок требует глубокого анализа состава и свойств молочного сырья».



Топ пород коров по надоям молока

1. Голштинская
2. Айрширская
3. Черно-пестрая
4. Ярославская
5. Костромская

Рис. 2. Ручное доение

Влияние кормления

Состав кормов в рационе дойных коров и методы управления кормовыми программами оказывают влияние на содержание молочного жира, объем надоев и, соответственно, на выход молочных компонентов [3]. Молочный жир состоит из жирных кислот, которые делятся на две основные фракции. Первую фракцию составляют длинноцепочечные жирные кислоты, вторую — средне- и короткоцепочечные жирные кислоты [9, 10]. Первая фракция молочного жира поступает в молоко либо напрямую из рациона, либо из жировых запасов коровы, а вторая часть молочного жира образуется непосредственно в клетках молочной железы, которые синтезируют молоко, из продуктов, вырабатываемых бактериями рубца, что называется синтезом жирных кислот *de novo* [10, 11].

Ключевой аспект влияния кормления на содержание молочного жира — углеводы, которые выступают источником летучих жирных кислот [12]. Структурные углеводы, известные как НДК, сырая клетчатка и КДК — то есть всё то, что входит в состав клеточной стенки растений. В процессе ферментации структурных углеводов вырабатывается уксусная кислота [12]. Физиология коров адаптирована для переработки структурных углеводов, из которых в организме формируется высокий уровень молочного жира [13].

Однако для достижения высокого объема молока в рацион коров начали добавлять неструктурные углеводы — крахмал и сахар, которые при ферментации образуют пропионовую кислоту, из которой затем синтезируются молочный сахар и белок [14, 15].

Задача рационального кормления заключается в обеспечении необходимого минимума структурных углеводов и максимума неструктурных углеводов [13, 15]. Соблюдая этот баланс, можно добиться значительного объема молочного жира при высоком уровне производства молока. Что касается применения специальных добавок, способных воздействовать на содержание жира в молоке, то наиболее простой и широко используемой является пищевая сода.

Рис. 3. Машинное доение в системе «карусель»

К числу дополнительных добавок, способствующих увеличению жирности, относятся ферменты и живые дрожжи, которые улучшают функциональность микрофлоры и способствуют расщеплению клетчатки. Для повышения жирности молока применяется защищенный жир, основой которого служит пальмовый жир [16]. Состав рациона и наличие в нем защищенного жира напрямую влияют на длинноцепочечные жирные кислоты, а соответственно, и на уровень молочного жира.

Важно отметить, что ключевыми моментами при использовании различных кормовых компонентов являются тщательный анализ качества кормов и балансирование рациона с учетом содержания всех необходимых элементов [12].

Процесс доения, лактация и ее периоды, удой и возраст коровы представляют собой взаимосвязанные показатели (рис. 1, 2).

Количество молока и количество синтезируемого жира — параллельные процессы в организме животного. Время доения и интервалы между ними играют ключевую роль [26]. Задержка во времени между интервалами доения может снизить содержание жира в молоке. При доении через равные промежутки времени процессы образования жира и объема молока будут протекать равномерно, а значит, жирность будет одинаковой [26].

Вторым важным моментом является качество доения, поскольку наивысшее содержание жира наблюдается в последнем молоке. Важно подготовить корову к доению и ежедневно соблюдать технологические нормы этого процесса [26].

Содержание жира в молоке зависит и от количества лактаций животного. Коровы 2+ лактаций производят больше молочного жира по сравнению с коровами первой лактации [17]. Это связано с тем, что животные первой лактации еще продолжают развиваться и наращивать массу тела, что требует значительных затрат энергии. В результате часть жира и питательных веществ из рациона, поступающих в организм коров первой лактации, расходуется на рост и поддержание живой массы. Если в стаде преобладают животные первой лактации, то рассчитывать на высокое содержание жира в молоке не приходится (табл. 1).

Таблица 1. Продуктивность и состав молока коров разных пород после первого отела¹

Порода коров	Среднесуточный удой (кг) в обычных условиях	Химический состав, %					
		Жир	Общий белок	Молочный сахар	Сухие вещества	Количество белка на 100 г жира, г	Калорийность
Черно-пестрая	24,1	3,39	3,33	4,98	12,40	98	656
Лебединская	21,7	3,60	3,24	4,90	12,44	90	669
Швицкая	21,2	3,53	3,42	4,99	12,64	97	673
Красная степная	20,6	3,48	3,33	4,82	12,33	95	658
Симментальская	20,2	3,79	3,42	4,94	12,85	90	696
Костромская	18,1	3,70	3,51	5,06	12,97	94	695
Холмогорская	17,0	3,66	3,44	5,00	12,82	94	686
Красная горбатовская	15,9	3,96	3,51	4,95	13,12	88	715
Ярославская	13,9	3,77	3,55	5,00	13,02	94	693

У коров второй и более лактаций уровень жира в молоке будет увеличиваться с каждой последующей лактацией — вплоть до 5–6 лактаций [17]. После шестой лактации начинается обратный процесс.

Существует связь между лактационными периодами с уровнем молочного жира.

В лактации можно выделить четыре периода:

- молозивный период, который характеризует-ся высоким содержанием молочного жира (так как корова должна обеспечить теленка питательными веществами в максимальной концентрации; новорожденное животное «сдаивает» собственный жир);
- период раздоя и достижения пика продуктивности, когда уровень молочного жира снижается из-за увеличения объема молока, что приводит к низкому проценту жирности у животных на первой стадии лактации;
- вторая стадия лактации, в которой наблюдается увеличение молочного жира на фоне уменьшения объема молока;
- предзапускной период, в котором объем молока снижается, а уровень молочного жира — максимальный.

Поэтому необходимо знать, какое количество животных той или иной лактации и их лактационных периодов содержится на предприятии, чтобы сделать вывод о предполагаемом уровне молочного жира.

Здоровье животного, а именно молочной железы

Наиболее важным заболеванием, оказывающим влияние на содержание молочного жира, является мастит. Он приводит к изменению проницаемости альвеол вымени, соответственно, изменяются физико-химические свойства и pH молока, что в свою очередь нарушает процесс синтеза белка и жира на клеточном уровне [18]. Если у коровы наблюдаются воспалительные процессы в вымени, то уровень жира в молоке будет низким.

Влияние сезонности

Существует прямая зависимость молочного жира от сезона года. Летний период характеризуется высокой температурой, а для некоторых

регионов — еще и влажностью, что может негативно сказаться на коровах и они могут быть подвержены тепловому стрессу [19, 20]. Прежде всего перегрев влияет на молочную продуктивность животных [21, 22]. Коровы в период теплового стресса меняют свои поведенческие реакции.

Важно уделять особое внимание кормлению в летний период, поскольку оно имеет непосредственное влияние на состояние и продуктивность стада. Даже при создании благоприятного микроклимата на ферме в жару может наблюдаться снижение потребления сухого вещества [23]. Это в свою очередь приводит к изменениям в ферментации рубца и снижению уровня молочного жира [23]. В жару коровы не съедают весь рацион, что уменьшает поступление энергии, необходимой для выработки качественного молока [24] (рис. 4).

При высоких температурах окружающей среды животные могут начать испытывать тепловой стресс, в связи с чем будут стремиться снизить выработку эндогенного тепла. Как известно, большее количество эндогенного тепла выделяется в процессе переваривания структурных углеводов в рубце [25]. В результате этого коровы начинают сортировать корм, отдавая предпочтение неструктурным углеводам (концентратам), так как их расщепление в рубце сопровождается меньшим выделением тепла. Если такая сортировка окажется «удачной» для коровы, это может привести к такому заболеванию, как ацидоз рубца, что скажется на снижении жирности молока и продуктивности.

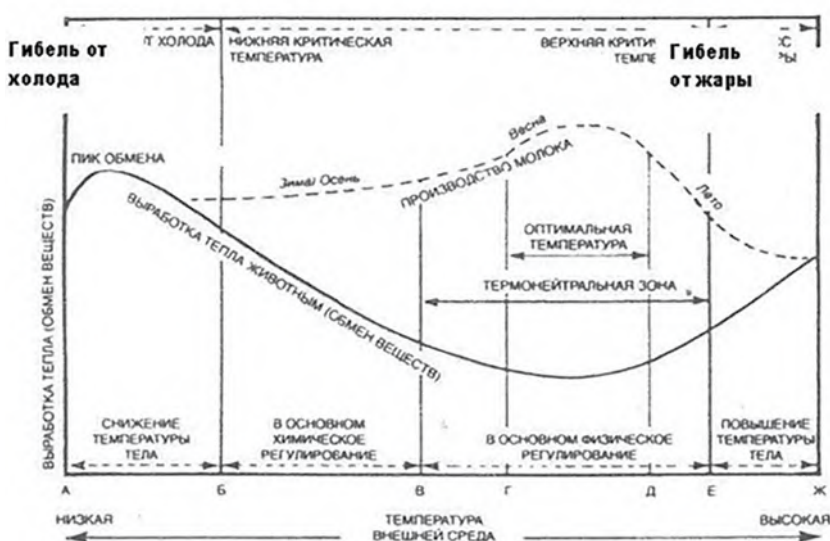
Вывод

Содержание жира в молоке действительно играет роль в формировании его цены, но молочная продуктивность оказывает большее влияние на выход жира и, следовательно, на цену. На уровень жира в молоке влияют многие факторы, среди которых физиология самой коровы, например стадия лактации или сезонность. Эти факторы находятся не под контролем, но следует учитывать их влияние и корректировать их.

Использование или ограничение определенных кормов, а также регулирование программ корм-

¹ <https://www.zootehnikoff.ru/udoj-moloka-v-den-u-raznyx-porod/>

Рис. 4. Температура внешней среды и состояние КРС (с сайта <https://direct.farm/>)



ления позволяют создать наилучшие условия для существования и размножения значительного количества бактерий, простейших и грибов, обитающих в рубце. Микроорганизмы, находящиеся в рубце, очень важны, так как они обеспечивают

корову большинством питательных веществ, необходимых для синтеза молочного жира и белка. Поэтому управление и разработка программ кормления, направленных на стабилизацию ферментации в рубце и оптимизацию производства прекурсоров, необходимых для формирования молочного жира и белка, являются очень важными для увеличения дохода предприятия. В конечном итоге микроорганизмы рубца и их метаболиты питают корову и оказывают значительное влияние на объем надоя и стоимость молока.

В. Кумарин,

*заместитель директора
департамента продвижения
по животноводству ГК ВИК,*

*канд. с/х наук
М. Шаповалова,*

*ведущий технолог-консультант
дивизиона животноводства ГК ВИК*

К. Стуловский,

*руководитель направления по развитию
поставщиков молока Health&Nutrition*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богатова О.В., Догарева Н.Г. Химия и физика молока: учеб. пособие. Оренбург: Изд-во ОГУ. 2004; 137.
2. Heck J.M.L., van Valenberg H.J.F., Dijkstra J., van Hooijdonk A.C.M. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition // J. Dairy Sci. 2009; 92: 4745–4755.
3. Linn J.G. Factors Affecting the Composition of Milk from Dairy Cows [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218193/>
4. Иванова Д.А. Сравнительная характеристика жирномолочности коров с учетом сезона года // Молочнохозяйственный вестник. 2021; 2(42): 52–62.
5. Кондратьева Е.А., Душкин Е.В. Потенциал жирномолочности коров — ведущий фактор селекционного развития молочного скотоводства в России // Эффективное животноводство. 2021; 7: 37–39.
6. Кровикова А.Н., Бакай Ф.Р., Лепехина Т.В. Удой, массовая доля жира и белка в молоке коров черно-пестрой породы разных генотипов // Международный научно-исследовательский журнал. 2021; 11(113): 25–27.
7. Молочная продуктивность, химический состав и технологические свойства молока коров красно-пестрой породы / А.В. Востроилов, Е.С. Артемов, Е.Е. Курчаева, Е.В. Баженова // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2021; 1: 71–77.
8. Гамко Л., Менякина А., Подольников В. Повышаем удои и рентабельность // Животноводство России. 2021; 9: 45–47.
9. Dils R.R. Milk fat synthesis (1983). Ch. 5 in Biochemistry of Lactation. T.B. Mepham, editor, ed. Amsterdam: Elsevier. Dils R.R. Comparative aspects of milk fat synthesis. J. Dairy Sci. 1986; 69: 904.
10. Larson B. L. Biosynthesis and cellular secretion of milk. Ch. 4 in Lactation. B.L. Larson, editor, ed. Ames: Iowa State University Press. 1985.
11. Thomas P.C. Influence of nutrition on the yield and content of protein in milk. Dietary protein and energy supply. Int. Dairy Fed. Bull. Doc. 1980; 125: 142.
12. Бабенко Е. О чем говорят жирность и белок молока [электронный ресурс]. Режим доступа: http://gov.cap.ru/SiteMap.aspx?gov_id=106&id=1519569
13. Coppock C.E. Energy nutrition and metabolism of the lactating cow. J. Dairy Sci. 1985; 68: 3403.
14. Sutton J.D. Influence of nutritional factors on the yield and content of milk fat: Dietary components other than fat. Int. Dairy Fed. Bull. Doc. 1980; 125: 126.
15. Sutton J.D. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. J. Dairy Sci. 1985; 68: 3376.
16. Christie W.W. The effects of diet and other factors on the lipid composition of ruminant tissues and milk. Prog. Lipid Res. 1979; 17: 245.
17. Davies D.T., Holt C., Christie W.W. The composition of milk. Ch. 5 in Biochemistry of Lactation. T.B. Mepham, editor, ed. Amsterdam: Elsevier. 1983.
18. Needs E.C., Anderson M. Lipid composition of milk from cows with experimentally induced mastitis. J. Dairy Res. 1984; 51: 239.
19. Fournel S., Ouellet V., Charbonneau E. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: a literature review. Animals. 2017; 7: 37. DOI: 10.3390/ani7050037
20. Renaudeau D., Collin A., Yahav S., De Basilio V., Gourdiere J.L., Collier R.J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. Animal. 2012; 6: 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448
21. Wen Y.L. Effects of heat stress on performance and physiological functions in dairy cows. Huhehot, China: Inner Mongolia Agricultural University. 2011.
22. Novak P., Vokralova J., Broucek J. Effects of the stage and number of lactation on milk yield of dairy cows kept in open barn during high temperatures in summer months. Arch Anim Breed. 2009; 52: 574–586. DOI: 10.5194/aab-52-574-2009
23. Xue B., Wang Z.S., Li S.L., Wang L.Z., Wang Z.X. Temperature-humidity index on performance of cows. China Anim Husb Vet Med. 2010; 37: 153–157.
24. Ammer S., Lambertz C., von Soosten D. et al. Impact of diet composition and temperature-humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) 2018; 102: 103–113. DOI: 10.1111/jpn.12664
25. Mader T.L., Davis M.S. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: feed and water intake. J Anim Sci. 2004; 82: 3077–3087. DOI: 10.2527/2004.82103077
26. J. Dairy Sci. 88: 1865–1872. Kafidi N., Leroy P., Michaux C. Facteurs non genetiques influencant la production laitiere au cours des trois premieres lactations en race // Ann. Med. Veter. 1990; 134: 7: 479–487.



ИФА-ДИАГНОСТИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СРОКА ВАКЦИНАЦИИ ПОРОСЯТ ОТ КЧС

Классическая чума свиней — высококонтагиозная вирусная болезнь, характеризующаяся при остром течении септициемией и геморрагическим диатезом, при подостром и хроническом — крупозной пневмонией и крупозно-дифтерическим колитом.

В настоящее время заболевание зачастую протекает в субклинической форме, так как в России вакцинация проводится регулярно и в течение уже многих лет. Клинических проявлений врач может и не наблюдать. Однако инфекция вполне может присутствовать в организме животных в латентной форме, и высокая иммуносупрессия полевого вируса проявляется низкими производственными показателями. Так, генетический потенциал откормочного поголовья позволяет достигать веса в 100–110 кг к возрасту 150 дней, а зачастую откорм затягивается до 180–190 дней из-за низких среднесуточных привесов в результате хронического переболевания различными вирусными и бактериальными инфекциями, возникающими вследствие снижения неспецифического и специфического иммунитета животных. В итоге видим перерасход корма из-за увеличения сроков откорма. Ухудшается конверсия корма. А ведь 70% себестоимости производства свинины — это затраты на корма.

Сохранность поголовья может быть в таких условиях и неплохой, но это достигается повышенным использованием антибиотиков, витаминно-минеральных, других биологически активных добавок, что тоже увеличивает себестоимость продукции.

Можно видеть, что в конце откорма, когда применять антимикробные препараты уже нельзя, растет падеж животных, происходит «расслоение» стада. А ведь к этому возрасту на них уже затрачены большие средства. Проблема КЧС также препятствует развитию экспорта продукции свиноводства и живых свиней из РФ.

Анализируя возможные причины продолжающейся циркуляции патогенных штаммов вируса КЧС на фермах и площадках свинокомплексов, приходится констатировать, что врачи недостаточно оценивают влияние колострального иммунитета у поросят при определении срока начала вакцинации. Между тем если вакцинация проводится тогда, когда уровень материнского иммунитета еще высок, то колостральные антитела уничтожат часть вакцинного вируса и полноценная защита организма не сформируется. В результате полевые штаммы вируса КЧС проникают в организм. Если же вакцинация начинается тогда, когда материнского иммунитета уже неделю или две как нет, то в этот

период образуется «окно» для полевого вируса КЧС и он беспрепятственно попадает в организм поросят. Последующая вакцинация снижает его негативное влияние, но не нейтрализует его окончательно.

Можно наблюдать как тяжело переносят поросята вакцинацию против КЧС, а ведь это с большой вероятностью результат того, что живая вакцина вводится в организм тогда, когда там уже начала развиваться инфекция.

Задачу прогнозирования зависимости поствакцинального иммунитета от сроков начала вакцинации, на основании исследований титров материнских антител в ИФА (IDEXX), поставили перед собой ученые Тайваня, где, как и в РФ, проводится постоянная плановая вакцинация свиней против КЧС.

Цель исследований — оценка влияния различных уровней материнских антител (титр ELISA) на вакцинацию живой лапинизированной вакциной.

Для этого 63 поросенка в возрасте 3 и 6 недель были вакцинированы живой вакциной, а образцы сыворотки были собраны до вакцинации и через 6 недель после.

Для объективной оценки титров антител в ИФА, обеспечивающих защиту животных, предварительно провели их сопоставление с титрами антител в реакции нейтрализации (РН). По результатам исследований выяснилось, что сыворотка с титром антител по РН 1:32 (минимальный защитный титр) соответствует 30–35% в ИФА (при ее разведении в 2,5 раза). Поэтому титры антител в ИФА ниже 30% считались отрицательными.

Таким образом, согласно исследованиям титров антител в ИФА (2,5-кратное разведение) в сыворотках крови перед вакцинацией, животные были разделены в титрогруппы: 0–10%, 11–20%, 21–30%, 31–40%, 41–50%, 51–60%, 60–70% и > 70%. Сопоставив данные по исследованию уровня сероконверсии через 6 недель после вакцинации живой вакциной в этих группах, получили обратную зависимость, которая может помочь в прогнозе определения возраста для эффективной вакцинации, а именно 98,4%, 95,7%, 89,9%, 80,2%, 60,7%, 48,7%, 27,3% и <0,43% соответственно (табл.).

Из таблицы видна четкая зависимость между титром материнских антител на момент вакцинации и иммунным ответом организма поросят. Она показывает: чтобы добиться наилучшей защиты поголовья и снижения вакцинального стресса, вакцинацию следует проводить при титре материнских антител в ИФА (IDEXX) не выше 30–40%. В этом случае уровень материнского иммунитета будет еще достаточным, чтобы противостоять полемому вирусу, и в то же время не будет нейтрализовывать вакцинный вирус в организме поросят.

Такой подход к проведению вакцинаций поросят от КЧС позволит значительно снизить вероятность циркуляции полевых штаммов вируса на ферме (площадке), улучшать продуктивность и снижать себестоимость производства свинины.

VERUMBIO
ВАШИ ЦЕЛИ — НАШИ ПРИОРИТЕТЫ

ООО «ВерумБио», 111396, г. Москва,
ул. Алексея Дикого, д. 185, оф. 216
Тел. +7 (800) 500-35-85, +7 (495) 120-77-87
info@verumbio.com, verumbio.com

Киселев А.Л.,
технический директор
компании «ВерумБио»,
профессор, д-р биол. наук



На правах рекламы

Таблица. Корреляция между титром материнских антител (ИФА IDEXX) и уровнем защиты от КЧС у свиней после вакцинации живой вакциной

Титрогруппы по материнским антителам (2,5х разбавленная сыворотка) ¹	0–10%	11–20%	21–30%	31–40%	41–50%	51–60%	61–70%	> 70%
Прогнозирование сероконверсии ²	97,4%	95,7%	89,9%	80,2%	66,7%	48,7%	27,3%	0,43%

Примечание: ¹ — сыворотку разводили в 2,5 раза, а затем анализировали с помощью набора ELISA (IDEXX); ² — скорость сероконверсии прогнозировали квадратичной регрессией.

ИНФЕКЦИОННЫЕ УГРОЗЫ В СВИНОВОДСТВЕ

К ЧИСЛУ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫХ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ В СВИНОВОДСТВЕ ОТНОСЯТСЯ:

- Классическая чума свиней
- Грипп свиней
- Актинобациллёзная плевропневмония
- Энзоотическая пневмония
- Болезнь Ауески
- Сальмонеллез
- Репродуктивно-респираторный синдром свиней (PPCC)



ИНФЕКЦИОННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ОСОБЕННО ОПАСНЫ И МОГУТ БЫСТРО ПОРАЗИТЬ ВСЕ СТАДО

Если вовремя не позаботиться с проведением качественной диагностики, существенные потери неизбежны. Чем раньше выявлено заболевание, тем больше шансов избежать негативных последствий в виде падежа или вынужденного убоя.

МЫ ПРЕДЛАГАЕМ:

- Тест-набор для обнаружения антител к возбудителю АПП;
 - Тест-набор для обнаружения антител к возбудителю классической чумы свиней;
 - Тест-набор для обнаружения антигена к возбудителю классической чумы свиней;
 - Тест-набор для обнаружения антител к *M. hyopneumoniae* (Энзоотическая пневмония);
 - Тест-набор для обнаружения антител к возбудителю PPCC в сыворотке крови свиней;
 - Тест-набор для обнаружения антител к возбудителю PPCC в пробах ротовой жидкости;
 - Тест-набор для обнаружения антител к вирусу болезни Ауески (Гликопротеин В);
 - Тест-набор для обнаружения антител к вирусу болезни Ауески (Гликопротеин Е);
 - Тест-набор для обнаружения антител к возбудителю сальмонеллеза (типы В, С1, D);
 - Тест-набор для обнаружения антител к возбудителю гриппа свиней (тип А);
- и другие тест-системы.

Компания **ВЕРУМБИО** является официальным представителем **IDEXX** и предоставляет предприятиям аграрного сектора работающие методики повышения экономической эффективности. Мы предоставляем спектр услуг для улучшения эпизоотической ситуации на вашем предприятии АПК и повышения уровня прибыли.

МЫ ЯВЛЯЕМСЯ ОФИЦИАЛЬНЫМ ПРЕДСТАВИТЕЛЕМ
IDEXX, ROMER LABS, LABEXIM

+7(800)500-35-85 | +7(495)120-77-87
verumbio.com



ЗА 2024 ГОД СПЕЦИАЛИСТЫ ВГНКИ ПРОВЕЛИ БОЛЕЕ 900 ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕТПРЕПАРАТОВ

В ММПЦ «Россия сегодня» 26.02.2025 прошла пресс-конференция, посвященная итогам деятельности Всероссийского государственного центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ» Россельхознадзора) за минувший год, а также вопросам совершенствования системы контроля пищевой и ветеринарной безопасности в РФ. В мероприятии приняли участие директор центра Евгений Антонов, его заместители Василина Грицюк, Алексей Третьяков и советник Данил Рудняев.

В ходе пресс-конференции были обозначены ключевые направления деятельности ФГБУ «ВГНКИ», подведомственного Россельхознадзору, среди которых выделены разработка методик определения остаточных количеств вредных веществ в продукции животного происхождения и контроль качества вакцин для животных, ветфармпрепаратов, кормов и кормовых добавок. «На текущий момент в своем арсенале мы имеем почти 2150 методик проведения лабораторных исследований и опытов», — сообщил Е. Антонов.

Как отметил эксперт, сегодня в мире активно развивается химическая и фармацевтическая промышленность, в результате появляются новые препараты для применения в пищевой промышленности, животноводстве и растениеводстве. Их содержание должно быть под контролем, для чего необходимо разрабатывать соответствующие аналитические подходы и трансформировать их в методики. В этом направлении работа ФГБУ «ВГНКИ» ведется на системной основе, сообщил он. «Одним из важнейших факторов нашей деятельности является обеспечение взаимодействия с отечественными научно-исследовательскими и образовательными организациями в сфере научно-технического сотрудничества», — сказал спикер.

В. Грицюк в своем выступлении сделала акцент на вопросах контроля качества и регистрации лекарственных ветпрепаратов в РФ. «В сентябре 2023 года вступили в силу изменения в 61-й федеральный закон об обращении лекарственных средств, в соответствии с которым производители должны дополнительно контролировать качество своих лекарственных препаратов, перед тем как они их выпустят в оборот на российский рынок», — сообщила она. Такие проверки, уточнила чиновник, осуществляются только лабораториями, имеющими аккредитацию, подведомственными Россельхознадзору и Минсельхозу России. По ее данным, в 2024 году в рамках этих мер испытательный центр ФГБУ «ВГНКИ» провел исследования более 900 препаратов для сельскохозяйственных животных, птиц, рыб и домашних питомцев, что в два раза превышает показатели 2023 года. В прошлом году был отмечен рост регистрации новых ветпрепаратов: их количество по сравнению с предыдущим годом выросло на 42%. С введением санкций, уточнила эксперт, нарастили темпы произ-



водства многие отечественные производители препаратов для животных, что позволило заместить ряд зарубежных аналогов, среди них — анестетики, седативные, анальгезирующие и противопаразитарные препараты.

В 2024 году специалистами центра был разработан ряд новых методик для определения остаточного содержания ветеринарных фармпрепаратов в пищевой продукции, сообщил А. Третьяков. Эти исследования, отметил он, позволяют усилить контроль за безопасностью продукции на внутреннем рынке и, кроме того, помогают производителям АПК РФ соответствовать требованиям стран Юго-Восточной Азии и других дружественных государств. Что касается текущих разработок: в настоящее время в ВГНКИ проводится начатая два года назад и рассчитанная на пять лет работа над целым блоком методов исследования кормов для домашних животных. «Наш проект позволит использовать один и тот же методический инструмент в любой лаборатории России», — пояснил спикер.

Д. Рудняев, информируя об инспекционной деятельности учреждения, сообщил, в частности, что в 2024 году специалистами центра были проведены 40 экспертиз лекарств зарубежных производителей, в том числе 12 — в дистанционном формате с использованием аудио- и видеозаписи (такой механизм был одобрен правительством РФ во время пандемии). Всего с момента утверждения данного механизма в 2020 году успешно завершены 95 дистанционных инспекций, уточнил он. Это обеспечило бесперебойный процесс контроля за качеством лекарственных средств и их обращением на рынке.

Ю.Г. Седова

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ ПО РАЗДЕЛАМ:

ОТ РЕДАКТОРА

22–27 стр.

ВЕТЕРИНАРИЯ

28–68 стр.

ЗООТЕХНИЯ

69–120 стр.

АГРОНОМИЯ

121–144 стр.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

145–166 стр.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АПК

167–184 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

Категория в Перечне ВАК РФ: 2

Белый список: да

Уровень в Белом списке: 4

CrossRef: да

RSCI: да

Базы данных: AGRIS, РИНЦ, DOI, EBSCO

DOAJ: нет

ESCI: нет

Web of Science: нет

Scopus: нет

УДК: 002.63

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-22-27

М.Б. Ребезов^{1,2}

Б.В. Виолин³ ✉

¹Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

✉ agrovetpress@inbox.ru

Поступила в редакцию: 01.03.2025

Одобрена после рецензирования: 15.03.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

© Ребезов М.Б., Виолин Б.В.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-22-27

Maksim B. Rebezov^{1,2}

Boris V. Violin³ ✉

¹Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

²Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

³All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant — a branch of the Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia

✉ agrovetpress@inbox.ru

Received by the editorial office: 01.03.2025

Accepted in revised: 15.02.2025

Accepted for publication: 15.03.2025

© Rebezov M.B., Violin B.V.

Публикационная активность в инфографике (часть 1)

РЕЗЮМЕ

Показатель журнала «Аграрная наука» в рейтинге Science Index составляет 6,02. Журнал находится в наилучшей (зеленой) зоне по группе журналов, входящих в список Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (категория 2), — выборка из 1482 журналов. По данному показателю журнал входит в число лучших 25% журналов в данной референтной группе.

Журнал «Аграрная наука» входит в число лучших 50% журналов в референтных группах:

- ✓ журналов, входящих в список ВАК (выборка из 3733 журналов);
- ✓ российских журналов, входящих в «Белый список» (уровень 4) (выборка из 368 журналов).

Ключевые слова: публикационная активность журнала, научные издания, научные публикации, статистический анализ

Для цитирования: Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Публикационная активность в инфографике (часть 1). *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 22–27.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-22-27>

Publication activity in infographics (part 1)

ABSTRACT

“The *Agrarian science*” journal score in the Science Index rating is 6.02. The journal is in the best (green) zone in the group of journals included in the list of the Higher Attestation Commission (HAC) under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (category 2) — a sample of 1482 journals. According to this indicator, the journal is among the top 25% of journals in this reference group.

“The *Agrarian science*” journal is among the top 50% of journals in the reference groups:

- ✓ journals included in the HAC list (a sample of 3733 journals);
- ✓ Russian journals included in the “White List” (level 4) (a sample of 368 journals).

Key words: publication activity of the journal, editorial policy, scientific publications, scientific publications, statistical analysis

For citation: Rebezov M.B., Violin B.V. Publication activity in infographics (part 1). *Agrarian science*. 2025; 393(04): 22–27 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-22-27>

Введение/Introduction

Рецензируемый научно-теоретический журнал «Аграрная наука»¹ (далее — журнал) публикует результаты научно-исследовательской и научно-практической деятельности ученых, научных сотрудников вузов, научных организаций, аспирантов и специалистов промышленных предприятий.

Журнал «Аграрная наука» 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 (K1, K2), в список периодических изданий Международной базы данных AGRIS², в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в ядро РИНЦ, RSCI³, «Белый список»⁴.

Продолжаем цикл публикаций по оценке публикационной активности и рейтингов журнала «Аграрная наука» [1–5]. Для оценки научных журналов используют различные методики, например подсчет цитирований, расчет импакт-фактора, оценку по рейтингу журналов [6–9].

Авторами выполнен анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» с 2008 по 2023 г.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объект исследования — публикационная активность и ранжирование журнала «Аграрная наука», предмет исследования — массив данных, представленных в издании с 2008 по 2023 г.

Материалом для исследования являлись статистические данные, представленные в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU⁵. Полученные данные анализировались с применением проблемно-тематического и системного анализа.

Российская академия наук разрабатывает единый перечень научных

журналов, на основе которого планируется выстроить рейтинг научных статей («Белый список»). С 13.01.2025, согласно письму⁶ Минобрнауки, «Белый список» и Список Высшей аттестационной комиссии (ВАК) используются для расчета комплексного балла публикационной результативности ученых вузов и научных центров.

В 2023 году рабочая группа ВАК при Минобрнауки РФ сформировала итоговый рейтинг научных журналов из перечня ВАК по категориям K1, K2, K3.

Оценку проводили по шести критериям: качество статей; уникальность; уровень авторитета авторов; качество организации цитирования; организация учредителей; доля статей по присвоенным журналу научным специальностям ВАК.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Рейтинг Science Index. Ранжирование журналов в рейтинге Science Index осуществляется на основе показателя, рассчитываемого по специальной методике⁷, учитывающей тематическое направление журнала, уровень самоцитирования и другие факторы.

Хронологическое распределение представлено на рисунках 1–6.

Ранжирование журнала в рейтинге Science Index представлено на рисунке 1.

С 2020 до 2023 год отмечаем улучшения показателей:

- ✓ процентиль (с 27 до 21);
- ✓ показатель журнала в рейтинге (с 5,15 до 6,02).

Рис. 1. Ранжирование журналов в рейтинге Science Index

Fig. 1. Ranking of journals in the Science Index rating



¹ <https://www.vetpress.ru/jour>

² <https://agris.fao.org/>

³ https://elibrary.ru/project_rsci.asp? Совместный проект Российской академии наук, компаний Clarivate Analytics и Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — коллекция лучших российских журналов на платформе Web of Science.

⁴ <https://journalrank.rsci.science.ru/> Сведения о журналах, включенных в актуальную версию «Белого списка» (протоколы заседания Межведомственной рабочей группы по формированию и актуализации «Белого списка» научных журналов от 11.07.2024 № ДС/25-пр, от 15.05.2023 № ДС/17-пр, от 20.10.2022 № ДА/3855-пр).

⁵ <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

⁶ Письмо Минобрнауки России от 13.01.2025 № МН-13/9 «О направлении информации» (вместе с Методикой расчета комплексного балла публикационной результативности в изданиях из «Белого списка» и Списка ВАК в расчете на одного научного сотрудника для определения показателя эффективности деятельности, установленного приказом Минобрнауки России от 23 июня 2021 года № 525).

⁷ При расчете рейтинга используются следующие библиометрические показатели: IF5 — нормированный импакт-фактор журнала по ядру РИНЦ за 5 лет (среднее число цитирований из журналов ядра РИНЦ в расчетном году на статьи в журнале за 5 предыдущих расчетному году лет); H10 — нормированный индекс Хирша по ядру РИНЦ статей в журнале за последние 10 лет; HA3 — средний нормированный индекс Хирша по ядру РИНЦ авторов статей в журнале за последние 3 года (рассчитывается постатейно); LN3 — средняя длина текста статей за последние 3 года. Показатели нормализуются путем деления на максимальное значение в выборке. Интегральный показатель журнала в системе Science Index рассчитывается по формуле: $SI = 8 \times IF5 + 7 \times H10 + 4 \times HA3 + 4 \times LN3$.

⁸ Процентиль журнала может принимать значения от 1 до 100. Чем меньше это значение, тем выше место журнала в этом рейтинге.

Количество опубликованных статей и цитирований в РИНЦ⁹ представлено на рисунке 2.

С 2020 до 2023 года отмечаем улучшение показателей:

- ✓ число статей (с 173 до 248);
- ✓ число цитирований из РИНЦ (с 397 до 918);
- ✓ число цитирований из ядра РИНЦ (с 150 до 427).

Инфографика двухлетнего импакт-фактора РИНЦ журнала представлена на рисунке 3.

С 2020 до 2023 года отмечаем улучшение показателей:

- ✓ двухлетний импакт-фактор РИНЦ (с 0,31 до 0,76);
- ✓ двухлетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования (с 0,25 до 0,63);
- ✓ двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ (с 0,17 до 0,41);
- ✓ двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ без самоцитирования (с 0,11 до 0,30).

Средняя длина текста статьи — информация по годам представлена на рисунке 4.

С 2020 до 2023 года отмечаем улучшение показателя «Среднее число символов в текстах статей» с 9014 до 13 705.

Хронологическое распределение количества ссылок в одной статье¹⁶ представлено на рисунке 5.

С 2020 до 2023 года отмечаем улучшение показателя «Число ссылок в одной статье» с 10,35 до 17,69.

Индикаторы публикационной активности представлены на рисунках 6–9.

Показатели публикационной активности журнала могут быть сопоставлены с соответствующими значениями показателей других журналов в пределах выбранной референтной группы. Причем можно выбрать не только референтную группу, в которую данный журнал входит, но и любую другую.

Рис. 2. Количество опубликованных статей и цитирований в РИНЦ
Fig. 2. Number of published articles and citations in the RSCI



1) Число статей
1) Number of articles

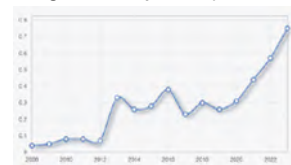


2) Число цитирований из РИНЦ¹⁰
2) Number of citations from the Russian Science Citation Index (RSCI)

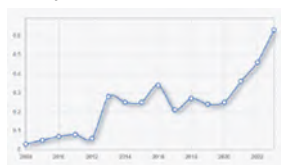


3) Число цитирований из ядра РИНЦ¹¹
3) Number of citations from the RSCI core

Рис. 3. Двухлетний импакт-фактор РИНЦ журнала
Fig. 3. Two-year impact factor of the journal's RSCI



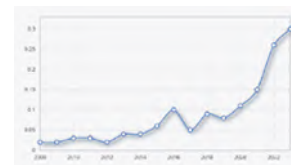
1) Двухлетний импакт-фактор РИНЦ¹²
1) Two-year impact factor of the Russian Science Citation Index



2) Двухлетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования¹³
2) Two-year impact factor of the Russian Science Citation Index without self-citation



3) Двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ¹⁴
3) Two-year impact factor according to the RSCI core



4) Двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ без самоцитирования¹⁵
4) Two-year impact factor according to the RSCI core without self-citation

Рис. 4. Среднее число символов в текстах статей текущего года выпуска
Fig. 4. Average number of characters in the texts of articles of the current year of publication

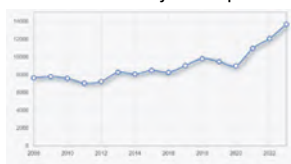


Рис. 5. Число ссылок в одной статье
Fig. 5. Number of links in one article



⁹ Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) — это национальная библиографическая база данных научного цитирования.

¹⁰ Суммарное количество ссылок на все статьи журнала за все годы, сделанных в публикациях РИНЦ данного года, в том числе из этого же журнала.

¹¹ Суммарное количество ссылок на все статьи журнала за все годы, сделанных в публикациях ядра РИНЦ данного года, в том числе из этого же журнала.

¹² Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие два года, поделенное на число этих статей. Учитывается самоцитирование.

¹³ Число ссылок в текущем году из других журналов на статьи в журнале, опубликованные за предыдущие два года, поделенное на число этих статей.

¹⁴ Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие два года, поделенное на число этих статей. При этом учитываются ссылки только из журналов, входящих в ядро РИНЦ (то есть включенных в WoS, Scopus или RSCI). Учитывается самоцитирование.

¹⁵ Число ссылок в текущем году из других журналов на статьи в журнале, опубликованные за предыдущие два года, поделенное на число этих статей. Учитываются ссылки только из журналов, входящих в ядро РИНЦ (то есть включенных в WoS, Scopus или RSCI).

¹⁶ Среднее число ссылок в списке цитируемой литературы.

Все журналы из референтной группы сортируются в порядке улучшения соответствующего показателя. Место данного журнала в этой последовательности отмечается оранжевым указателем на линейных индикаторах, стрелкой — на стрелочных индикаторах.

Шкалы индикаторов поделены на четыре равные зоны, которые на линейных индикаторах выделены оттенками серого, а на стрелочных индикаторах — красным, желтым и зеленым цветами. Нахождение указателя в самой светлой или зеленой зоне означает, что по данному показателю журнал входит в число лучших 25% журналов в данной референтной группе.

Пятилетний импакт-фактор журнала «Аграрная наука» по ядру РИНЦ на линейных индикаторах представлен на рисунке 6.

Пятилетний импакт-фактор журнала «Аграрная наука» по ядру РИНЦ составляет 0,34.

Отмечаем, что журнал находится в наилучшей (самой светлой) зоне по группе журналов, входящих в список ВАК (категория 2) (выборка из 1482 журналов). По данному показателю журнал входит в число лучших 25% журналов в данной референтной группе.

Журнал «Аграрная наука» входит в число лучших 50% журналов в референтных группах:

- ✓ журналов, входящих в список ВАК (выборка из 3733 журналов);
- ✓ российских журналов, входящих в «Белый список» (уровень 4) (выборка из 368 журналов).

Двухлетний импакт-фактор журнала «Аграрная наука» по ядру РИНЦ¹⁸ на линейных индикаторах представлен на рисунке 7.

Двухлетний импакт-фактор журнала «Аграрная наука» по ядру РИНЦ составляет 0,41.

Отмечаем, что журнал находится в наилучшей (самой светлой) зоне по группе журналов:

Рис. 6. Пятилетний импакт-фактор журнала по ядру РИНЦ на линейных индикаторах

Fig. 6. Five-year impact factor of the journal based on the RSCI core using linear indicators

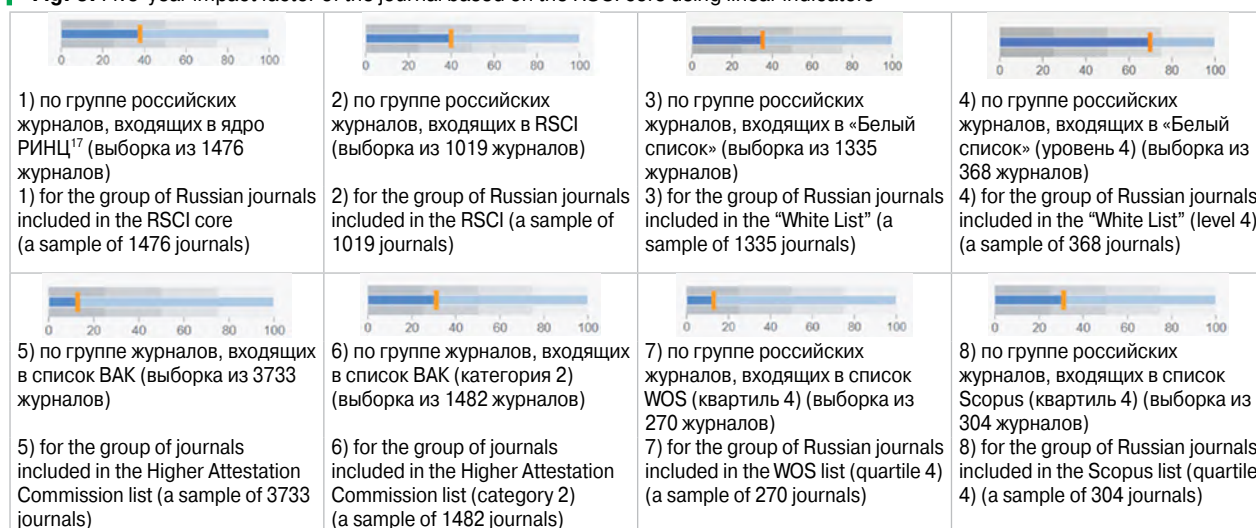
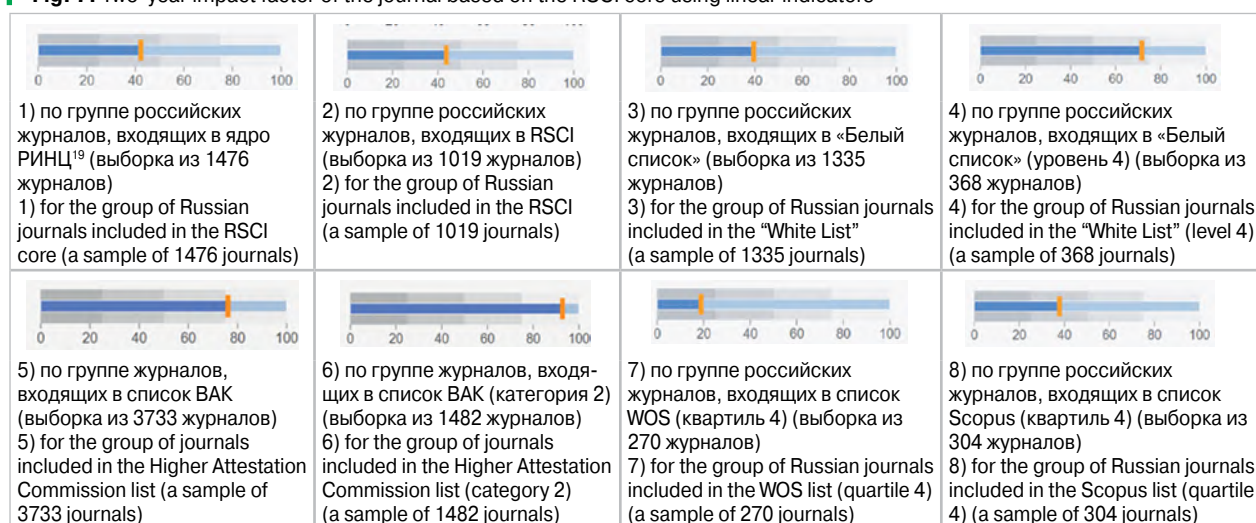


Рис. 7. Двухлетний импакт-фактор журнала по ядру РИНЦ на линейных индикаторах

Fig. 7. Two-year impact factor of the journal based on the RSCI core using linear indicators



¹⁷ Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие 5 лет, поделенное на число этих статей. При этом учитываются ссылки только из журналов, входящих в ядро РИНЦ (то есть включенных в WoS, Scopus или RSCI).

¹⁸ Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие два года, поделенное на число этих статей. При этом учитываются ссылки только из журналов, входящих в ядро РИНЦ (то есть включенных в WoS, Scopus или RSCI). Учитывается самоцитирование.

¹⁹ Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие 5 лет, поделенное на число этих статей. При этом учитываются ссылки только из журналов, входящих в ядро РИНЦ (то есть включенных в WoS, Scopus или RSCI).

✓ входящих в список ВАК (выборка из 3733 журналов);

✓ входящих в список ВАК (категория 2) (выборка из 1482 журналов).

По данному показателю журнал входит в число лучших 25% журналов в данной референтной группе.

Журнал «Аграрная наука» входит в число лучших 50% журналов в референтной группе российских журналов, входящих в «Белый список» (уровень 4) (выборка из 368 журналов).

Показатель журнала в рейтинге Science Index на стрелочных индикаторах представлен на рисунке 8.

Показатель журнала «Аграрная наука» в рейтинге Science Index составляет 6,02. Отмечаем, что журнал находится в наилучшей (зеленой) зоне по группе журналов, входящих в список ВАК

(категория 2) (выборка из 1482 журналов). По данному показателю журнал входит в число лучших 25% журналов в данной референтной группе.

Журнал «Аграрная наука» входит в число лучших 50% журналов в референтных группах:

✓ журналов, входящих в список ВАК (выборка из 3733 журналов);

✓ российских журналов, входящих в «Белый список» (уровень 4) (выборка из 368 журналов).

Средняя оценка по результатам общественной экспертизы представлена на рисунке 9.

Средняя оценка журнала по результатам общественной экспертизы составляет 2,84. Отмечаем, что журнал находится в наилучшей (зеленой) зоне по группе журналов, входящих в список ВАК (категория 2) (выборка из 1482 журналов). По данному показателю журнал «Аграрная наука» входит в число лучших 25% журналов в данной референтной группе.

Рис. 8. Показатель журнала в рейтинге Science Index (на стрелочных индикаторах)

Fig. 8. Journal's ranking in the Science Index (on arrow indicators)

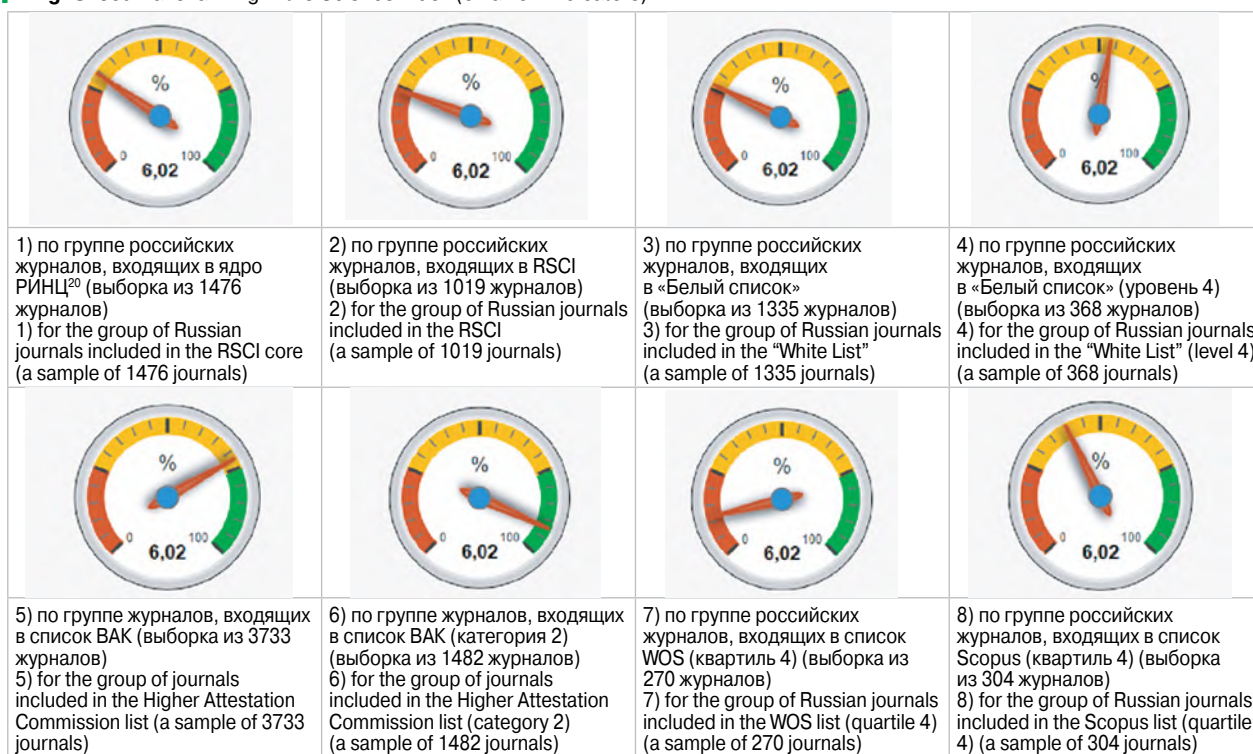
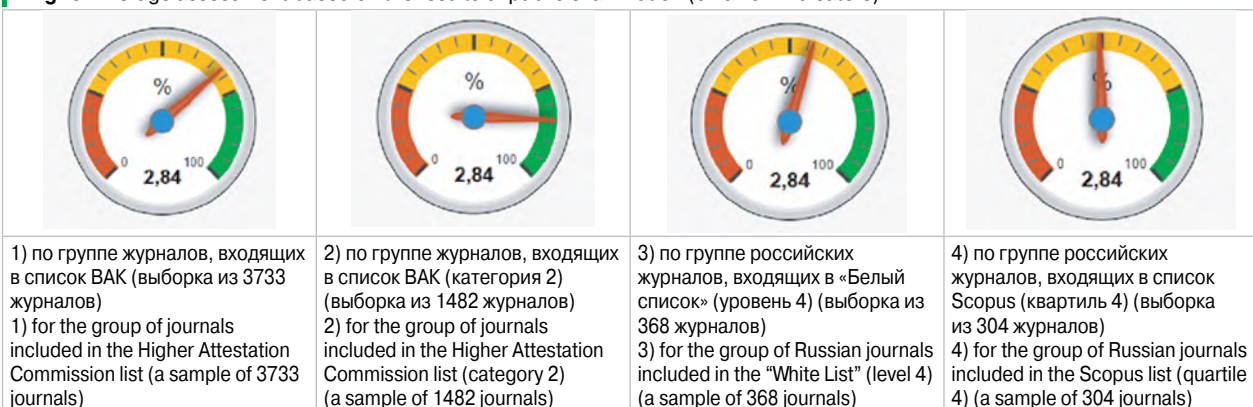


Рис. 9. Средняя оценка по результатам общественной экспертизы (на стрелочных индикаторах)

Fig. 9. Average assessment based on the results of public examination (on arrow indicators)



²⁰ Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие 5 лет, поделенное на число этих статей. При этом учитываются ссылки только из журналов, входящих в ядро РИНЦ (то есть включенных в WoS, Scopus или RSCI).

Журнал «Аграрная наука» входит в число лучших 50% журналов в референтных группах по группе журналов:

- ✓ входящих в список ВАК (выборка из 3733 журналов);
- ✓ входящих в «Белый список» (уровень 4) (выборка из 368 журналов).

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виолин Б.В., Ребезов М.Б. Анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2023 год. *Аграрная наука*. 2024; (1): 40–51. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-40-51>
2. Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Сравнительный анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2022–2023 гг. *Аграрная наука*. 2024; (3): 38–49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-38-49>
3. Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Наукометрический вектор развития. *Аграрная наука*. 2024; 1(10): 30–36. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-30-36>
4. Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Сравнительный анализ за трехлетний период. *Аграрная наука*. 2025; (2): 42–53. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-42-53>
5. Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Итоги года. *Аграрная наука*. 2025; 1(1): 37–49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-37-49>
6. Иванова А.Д., Евграфов А.А., Муругова О.В. Публикационная активность как приоритет в развитии вузов России. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2020; (3): 88–99. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
7. Цветкова Н.А., Худoley К.К., Хейфец В.Л., Гарбузов В.Н., Истомин И.А., Харкевич М.В. Научные журналы в условиях трансформации международных отношений: проблемы, вызовы и перспективы. Часть 1. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения*. 2023; 16(3): 294–315. <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
8. Лубышева Л.И. В поисках критериев повышения рейтинга научного журнала. *Теория и практика физической культуры*. 2023; 5: 105. <https://elibrary.ru/qvdziq>
9. Попкова Е.Г., Кузнецов В.П., Самерханова Э.К. Устойчивое развитие российской науки: «институциональные ловушки» научных журналов и перспективы их преодоления. *Вестник Мининского университета*. 2023; 11(2): 9. <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>

ОБ АВТОРАХ

Максим Борисович Ребезов^{1,2}

- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник¹
 - доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов²
- rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Борис Викторович Виолин³

кандидат ветеринарных наук
agrovetpress@inbox.ru

¹Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

²Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук», Звенигородское шоссе, 5, Москва, 123022, Россия

Выводы/Conclusion

Проведено заседание редакционного совета, где рассмотрен анализ ранжирования и публикационной активности журнала за изучаемый период — с 2008 по 2023 г. Предложены мероприятия по повышению наукометрических показателей журнала.

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.

REFERENCES

1. Violin B.V., Rebezov M.B. Analysis of publication activity of the journal "Agrarian Science" for 2023. *Agrarian science*. 2024; (1): 40–51 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-40-51>
2. Rebezov M.B., Violin B.V. Comparative analysis of publication activity of the journal "Agrarian Science" for 2022–2023. *Agrarian science*. 2024; (3): 38–49 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-38-49>
3. Rebezov M.B., Violin B.V. Scientometric vector of development. *Agrarian science*. 2024; 1(10): 30–36. (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-30-36>
4. Rebezov M.B., Violin B.V. Comparative analysis over a three-year period. *Agrarian science*. 2025; (2): 42–53 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-42-53>
5. Rebezov M.B., Violin B.V. Results of the year. *Agrarian science*. 2025; 1(1): 37–49 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-37-49>
6. Ivanova A.D., Evgrafov A.A., Murugova O.V. Publication activity as a priority in the development of Russian universities. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Socio-economic sciences*. 2020; (3): 88–99 (in Russian). <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
7. Tsvetkova N.A., Khudoley K.K., Jeifets V.L., Garbuzov V.N., Istomin I.A., Kharkevich M.V. Scientific journals in the context of the transformation of international relations: Problems, challenges and prospects. Part 1. *Vestnik of Saint Petersburg University. International Relations*. 2023; 16(3): 294–315 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
8. Lubyshcheva L.I. In search of criteria for increasing the rating of a scientific journal. *Theory and practice of physical culture*. 2023; 5: 105 (in Russian). <https://elibrary.ru/qvdziq>
9. Popkova E.G., Kuznetsov V.P., Samerkhanova E.K. Sustainable development of Russian science: "institutional traps" of scientific journals and prospects for overcoming them. *Vestnik of Minin University*. 2023; 11(2): 9 (in Russian). <https://doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>

ABOUT THE AUTHORS

Maksim Borisovich Rebezov^{1,2}

- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher¹
 - Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products²
- rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Boris Viktorovich Violin³

Candidate of Veterinary Sciences
agrovetpress@inbox.ru

¹Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

²Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

³All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology — a branch of the of the Federal Scientific Centre VIEV,

5 Zvenigorodskoe shosse, Moscow, 123022, Russia

619.616.12-07:636

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-28-33

О. А. Спирина

Л. Ф. Сотникова ✉

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

✉ SpirinaOA@gmail.com

Поступила в редакцию: 05.12.2024

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Спирина О.А., Сотникова Л.Ф.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-28-33

Olga A. Spirina

Larisa F. Sotnikova ✉

Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

✉ SpirinaOA@gmail.com

Received by the editorial office: 05.12.2024

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Spirina O.A., Sotnikova L.F.

Диагностика аритмогенной дисплазии правого желудочка у собак, приводящей к прекапиллярной легочной гипертензии

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В работе представлен научно обоснованный подход к диагностике аритмогенной дисплазии правого желудочка у собак пород боксер, английский бульдог и метисов данных пород.

Актуальность исследования определяется увеличенной частотой встречаемости заболевания, являющегося в дальнейшем (при несвоевременной диагностике) причиной развития легочной гипертензии.

Методы и материалы. Использовался комплексно-методический подход, включающий поверхностное клиническое обследование, исследования зоны патологического процесса с помощью методов визуальной диагностики и электрокардиографии. Исследования были проведены на клиническом материале из 25 больных собак в возрасте 5–7 лет пород боксер, английский бульдог и метисов этих пород с симптомами одышки, вялости и потерей сознания. Использовался комплексный диагностический подход, включающий в себя эхокардиографическое обследование, электрокардиографию.

Результаты. На основании полученных данных в зависимости от степени тяжести состояния животного определялись наиболее точные методы исследования и прогностические факторы возникновения синдрома легочной гипертензии и выживаемости. Выявлены основные факторы возникновения застойной сердечной недостаточности и риска внезапной смерти.

Ключевые слова: аритмогенная дисплазия, собаки, эхокардиография, электрокардиография, легочная гипертензия

Для цитирования: Спирина О.А., Сотникова Л.Ф. Диагностика и лечение аритмогенной дисплазии правого желудочка у собак, приводящей к прекапиллярной легочной гипертензии. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 28–33.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-28-33>

Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular dysplasia in dogs leading to precapillary pulmonary hypertension

ABSTRACT

Relevance. The paper presents a scientifically based approach to the diagnosis of arrhythmogenic dysplasia of the right ventricle in dogs of the Boxer, English Bulldog and mestizos breeds of these breeds.

The relevance of the study is determined by the increased frequency of the disease, which is later (with untimely diagnosis) the cause of the development of pulmonary hypertension.

Methods and materials. A comprehensive methodological approach was used, including a superficial clinical examination, examination of the area of the pathological process using visual diagnostics and electrocardiography. The studies were conducted on clinical material from 25 sick dogs aged 5–7 years of the Boxer, English Bulldog and Mestizo breeds with symptoms of shortness of breath, lethargy and loss of consciousness. A comprehensive diagnostic approach was used, including echocardiographic examination and electrocardiography.

Results. Based on the data obtained, depending on the severity of the animal's condition, the most accurate research methods and prognostic factors for the occurrence of pulmonary hypertension syndrome and survival were determined. The main factors of congestive heart failure and the risk of sudden death have been identified.

Key words: arrhythmogenic dysplasia, dogs, echocardiography, electrocardiography, pulmonary hypertension

For citation: Spirina O.A., Sotnikova L.F. Diagnosis and treatment of arrhythmogenic dysplasia of the right ventricle in dogs, leading to precapillary pulmonary hypertension. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 28–33 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-28-33>

Введение/Introduction

Наследственные аритмии у собак были впервые описаны в ветеринарной медицине Н. Харпстером в 80-х годах XX века у собак породы боксер. Считалось, что эта наследственная патология может встречаться только у этой породы [1]. Однако в последнее время проведен целый ряд исследований, подтвердивших подобные нарушения сердца у других пород собак, таких как английский бульдог и метисов данных пород:

- ✓ бульбоксер (помесь боксера и английского бульдога);
- ✓ бульбоксер стафф (помесь боксера и стафффордширского терьера);
- ✓ боксерман (помесь боксера и добермана).

Заболевание получило название «аритмогенная дисплазия правого желудочка» и характеризовалось тахикардией, различной степенью желудочковых дисфункций, обмороками, характерными для сердечной недостаточности, и риском внезапной смерти [2–6].

Несмотря на имеющиеся в этом направлении исследования, остаются необоснованными первые бессимптомные проявления заболевания. Не сформулированы эхографические и электрографические ориентиры дилатации правого желудочка, переходящие в прогрессивное заболевание. Причиной возникновения данной патологии является наследственное заболевание миокарда, при котором происходит замещение адипоцитами, то есть жировой и фиброзно-жировой тканью, кардиомиоцитов, следствием чего является образование аритмического субстрата, приводящее к злокачественной желудочковой аритмии [7–9].

Ранние стадии аритмогенной дисплазии проявляются в виде бессимптомных единичных желудочковых экстрасистол (правого желудочка), желудочковых тахикардий, брадикардий, переходящих в мономорфные желудочковые аритмии с блокадой левой ножки пучка Гиса, диагностируемые только по нарушению электропроводимости сердца (ЭКГ) [10]. Основные сонографические характеристики по ЭХО сердца: наблюдается дилатация правого желудочка, со временем переходящая в поражение левого желудочка, прогрессирующее до застойной сердечной недостаточности и возможном формировании легочной гипертензии [11].

Избыточное давление в правых отделах сердца является частым осложнением данного заболевания, дилатация правого предсердия ведет к застойным явлениям в малом кругу кровообращения, что приводит к увеличению давления в легочной артерии и формированию прекапиллярной легочной гипертензии. Аритмии фиксируются как проходящие, связанные с физической нагрузкой, но выявляются устойчивые формы, переходящие в желудочковую тахикардию.

При выявлении желудочковой тахикардии в диапазоне ЧСС 100–180 она считалась незначительной,

ЧСС < 220 — умеренной, ЧСС > 220 — сильной, ЧСС до 250 и выше — критичной [12]. Единого стандарта для диагностики аритмогенной дисплазии правого желудочка нет ни у людей, ни у животных, так как прижизненная биопсия возможна только лишь в зоне межжелудочковой перегородки, а патологический процесс изменения морфологии миокарда происходит в правом желудочке.

Цели исследования — определить новый научный подход применения совокупных методов диагностики для ранней диагностики заболевания «аритмогенная дисплазия правого желудочка у собак», для своевременной выбраковки животных из разведения, апробировать новый подход к оценке систолической функции правого желудочка и выявить риски развития легочной гипертензии при данном заболевании, определить взаимосвязь симптомов и диагностируемых изменений сердца по степени тяжести проявляемой клинической симптоматики.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили на кафедре болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» и ветеринарной клинике «Денталвет» (г. Москва) за 2023–2024 гг.

Все манипуляции и диагностические тесты собакам проводили согласно этике по обращению с животными¹.

Объектом мониторинга были 25 собак-молосов пород боксер, английский бульдог и метисов этих пород в возрастной категории 5–7 лет весом от 25 до 35 кг.

Все собаки — некастрированные кобели с симптомами вялости, одышки и эпизодами потери сознания, при этом неврологического дефицита у данных животных выявлено не было.

Всем собакам было проведено клиническое обследование, включающее в себя сбор анамнеза, общий поверхностный осмотр, оценку скорости наполнения капилляров, аускультацию (определяли верхушечный толчок сердца и частоту сокращений сердца в минуту, наличие аритмогенного компонента, а также наполнение пульса на бедренной артерии).

Методикой исследования послужила совокупность электрографического и эхографического исследования сердца собак, анализ полученных данных проводили по доверительному интервалу для среднего значения в программе Microsoft Excel 2010 (США).

Нарушение ритма фиксировали с помощью ЭКГ на четырехканальном электрокардиографе CONTEC ECG100G (Китай) для выявления эктопического ритма относительно нормы.

¹ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Эхокардиографию проводили на сонографическом аппарате Mindray DC-60 секторным фазированным монокристаллическим датчиком Mindray SP5-1N (Китай) и Mindray Vetus 5, секторным фазированным датчиком Mindray P4-2 (Китай).

Проводили оценку работы правых сторон сердца с использованием основных кардиографических позиций: на левом и правом боку — апикальную и парастермальную, В-режим, М-режим и доплеровское картирование, а также импульсно-волновой доплер как дополнительный метод оценки скорости потока и степень регургитации².

Оценивали следующие параметры: наличие эксцентрической или концентрической гипертрофии правого желудочка, снижение систолической и диастолической функции правого желудочка, наличие зон ишемии и измененной сократимости, систолическую экскурсию в плоскости трехстворчатого кольца (TAPSE) как фактора тенденции к легочной гипертензии. Импульсно-волновая и тканевая доплерография, полученная на основе систолической скорости миокарда в латеральном трехстворчатом кольце (S') для оценки регургитации трикуспидального клапана, на рисунке 1 [13].

Показатель TAPSE измеряли с использованием метода М-режима, визуализировали боковую стенку фиброзного кольца трикуспидального клапана в левой парастеральной и апикальной четырехкамерной проекции, центр которого располагался на уровне правого желудочка, курсор был выровнен параллельно продольному смещению плоскости трехстворчатого клапана по свободной стенке правого желудочка.

Использование импульсно-волнового режима доплеровского картирования и правой и левой ветви легочной артерии отображено на рисунке 2.

Проводили анализ полученной информации по замеру систолического давления легочной артерии с помощью В-режима по ЭХО сердца для выявления наличия легочной гипертензии. Метод основывается на определении пиковой скорости трикуспидальной регургитации и использовании упрощенного уравнения Бернулли, позволяющего оценить систолическое давление в легочной артерии, где легкая степень (sPAP менее 25–50 мм рт. ст.), средняя степень (sPAP равна 50–75 мм рт. ст.) и тяжелая степень ЛГ (sPAP выше 75 мм рт. ст.) [14].

Определяли зависимость клинических симптомов от характера изменений сердца и медианы выживаемости, связанные с ними по аналогии с исследованиями в медицине человека [15].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По результатам произведенного обследования нормы для определения была фракция выброса ФВ меньше 40%, где: LA:Ao — соотношение

Рис. 1. Расширение правого предсердия, трикуспидальная регургитация в проекции трехстворчатого клапана, эхокардиографическое исследование собаки с помощью импульсно-волнового доплера

Fig. 1. Dilation of the right atrium, tricuspid regurgitation in the tricuspid valve projection, echocardiographic examination of a dog using a pulse-wave Doppler

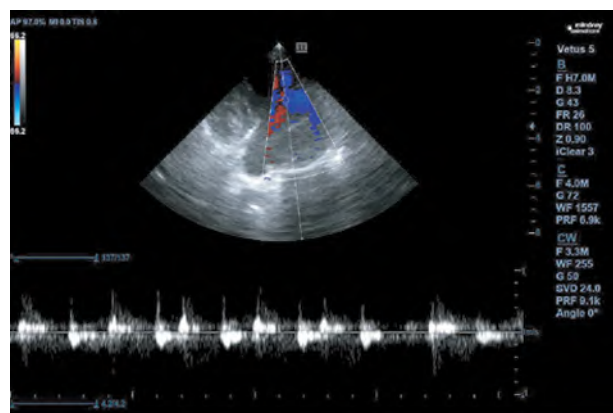
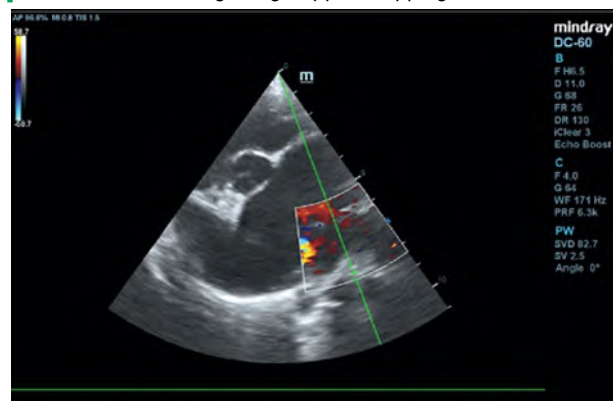


Рис. 2. Расширение легочной артерии и правой и левой ветви легочной артерии, эхокардиографическое исследование собаки с помощью доплеровского картирования

Fig. 2. Dilation of the pulmonary artery and the right and left branches of the pulmonary artery, echocardiographic examination of a dog using Doppler mapping



размеров левого предсердия и аорты; LVIDd — внутренний размер левого желудочка в конце диастолы; RVDd — внутренний размер правого желудочка в конце диастолы; wLVIDd-MM — внутренний размер левого желудочка в конце диастолы, измеренный в М-режиме и нормализованный по массе тела; wLVIDs-MM — внутренний размер левого желудочка в конце систолы, измеренный в М-режиме; конечный диастолический объем (КДО) — 49–93 мл/м²; конечный систолический объем (КСО) — 20–50 мл/м².

Результаты эхокардиографии собак представлены в таблице 1.

Выявлено, что среднее значение LA:Ao у всех собак составило $1,41 \pm 0,30$. Выявлена небольшая, но значимая корреляция между LA:Ao и wLVIDs-MM. У 7 собак не было регургитации трикуспидального клапана (≤ 24 мм рт. ст.), у 15 собак она была незначительной или умеренной (25–49 мм рт. ст.), у 3 собак сильная

² Veyrat Colette Directional Doppler in Cardiology: A 50-Year Journey. 2018; 31(12): 1308–1322.
DOI: 10.1016/j.echo.2018.09.014

Таблица 1. Результаты эхокардиографии 25 обследуемых собак
Table 1. The results of echocardiography of the 25 examined dogs

Эхокардиографические параметры	Собака (общее кол-во)	Относит. кол-во, %
<i>RVIDd</i> относительно <i>LVIDd</i>		
Норма	7	25
Умеренно увеличен	12	48
Сильно увеличен	6	24
<i>wLVIDd</i>		
Норма	12	48
Повышено	9	36
Снижено	4	16
<i>wLVIDs</i>		
Норма	14	56
Повышено	10	40
Снижено	1	4
<i>LA:Ao 2D cm</i>		
Ниже 1,4	19	76
Выше 1,4	6	24
Регургитация трехстворчатого кольца (градиент давления мм рт. ст.)		
Отсутствует (≤ 24 мм рт. ст.)	7	28
Умеренная (25–49 мм рт. ст.)	15	60
Сильная (50–74 мм рт. ст.)	3	12
<i>TAPSE</i> (95% доверительный интервал [95% ДИ], 50– > 100; $p = 0,01$)		
Выше нормы	0	0
Ниже нормы	8	32

регургитация трикуспидального клапана (50–74 мм рт. ст.). КДО менее 95 мл/кг и КСО менее 55 мл/кг расценивались как признаки ДКМП. При этом у 8 собак отмечались уменьшение систолической экскурсии трикуспидального кольца (ОШ 0,35; 95% ДИ 0,15–0,77; $p = 0,01$) и увеличение КДО площади правого желудочка (ОШ 1,4; 95% ДИ 1,08–2,02; $p = 0,01$).

При двумерном анализе в В-режиме соотношение размеров левого предсердия и корня аорты LA:Ao было дополнительно прогностической оценкой, связанной продолжительностью жизни. У собак с соотношением LA:Ao ниже среднего (1,41) медиана выживаемости до смерти от всех причин была выше (12 месяцев; 95% доверительный интервал [ДИ] 6–15 месяцев), чем у собак с соотношением LA:Ao выше среднего (4 месяца; 95% ДИ 2–6 месяцев; $p = 0,0384$).

Наиболее частыми выявляемыми нарушениями при проведении электрокардиографии сердца у собак были единичные желудочковые экстрасистолы, предсердные и суправентрикулярные экстрасистолы, гипертрофия правого предсердия, блокады левой и правой ножки пучка Гиса, атриовентрикулярные блокады различной степени, такие как тип Морбитц I и Морбитц II, остановка синусового узла.

Примеры выявляемой различной эктопической активности сердца представлены на рисунках 3–8,

где стрелками указаны характерные изменения нарушения проводимости относительно нормы у собак.

При анализе выживаемости значимым прогностическим маркером с наибольшими различиями в медиане выживаемости было обнаружение желудочковой эктопии, имевшей морфологию блокады левой ножки пучка Гиса у 6 из 25 собак (24%), морфологию блокады правой ножки пучка Гиса у 9 из 25 собак (36%) и равномерное распределение морфологий блокады левой и правой ножки пучка Гиса у 3 из 25 (12%) собак. Так, наиболее высокая смертность была именно у животных с данными изменениями. Данные представлены в таблицах 2, 3.

Застойная сердечная недостаточность была диагностирована у 6 (24%) собак, а у 19 (76%) — желудочковые

Рис. 3. Электрокардиограмма собаки 5 лет демонстрирует блокаду левой ножки пучка Гиса (отмечен красными стрелками двухпиковый зубец T)

Fig. 3. An electrocardiogram of a 5-year-old dog demonstrates the blockade of the left leg of the His bundle (marked with red arrows two-peak tooth T)



Рис. 4. Электрокардиограмма собаки 3 лет, демонстрирующая единичную желудочковую экстрасистолу (отмечено красными стрелками)

Fig. 4. An electrocardiogram of a 3-year-old dog showing a single ventricular extrasystole (marked with red arrows)



Рис. 5. Электрокардиограмма собаки 7 лет, демонстрирующая наличие предсердной и суправентрикулярной экстрасистолы, гипертрофии правого предсердия (отмечено красными стрелками)

Fig. 5. Electrocardiogram of a 7-year-old dog showing the presence of atrial and supraventricular extrasystole, right atrial hypertrophy (marked with red arrows)

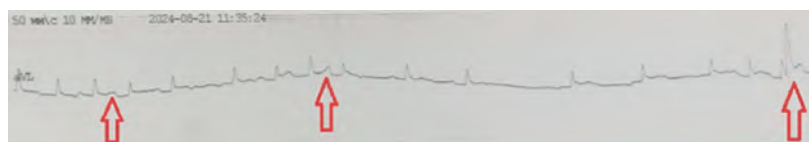


Рис. 6. Электрокардиограмма собаки 5 лет, демонстрирующая предсердные экстрасистолы и атриовентрикулярную блокаду I степени (отмечено красными стрелками)

Fig. 6. An electrocardiogram of a 5-year-old dog showing atrial extrasystoles and grade I atrioventricular blockade (marked with red arrows)

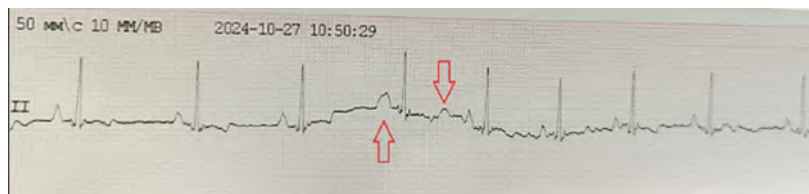


Рис. 7. Электрокардиография собаки 6 лет, демонстрирующая наличие атриовентрикулярной блокады II степени (тип Мобитц I, отмечено красными стрелками)

Fig. 7. Electrocardiography of a 6-year-old dog demonstrating the presence of atrioventricular blockade of the II degree (type Mobitz I marked with red arrows)

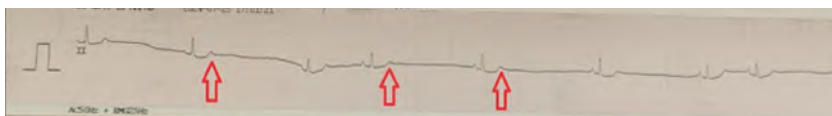


Рис. 8. Электрокардиография собаки 7 лет с остановкой синусового узла, наличием синусовой брадикардии и блокадой правой ножки пучка Гиса (отмечено красными стрелками)

Fig. 8. Electrocardiography of a 7-year-old dog with sinus node arrest, the presence of sinus bradycardia and blockage of the right leg of the His bundle (marked with red arrows)



аритмии. Изменения правых отделов сердца по результатам ЭХО были выявлены у 18 собак с легочной (72%), на фоне трикуспидальной регургитации показатель систолической экскурсии плоскости трикуспидального кольца TAPSE ниже у собак с легочной гипертензией по сравнению со здоровыми собаками.

Варианты проявления клинической симптоматики, которая включала вялость и апатию (20%),

Таблица 2. Частота встречаемости клинических симптомов

Table 2. Frequency of occurrence of clinical symptoms

Симптомы	Абсолютное количество собак	Относительное количество собак, %
Вялость (апатия)	5	20
Непереносимость нагрузок*	10	40
Одышка	7	28
Потеря сознания (обмороки)*	6	24

Примечание: * информация согласно анамнезу заболевания и информации, полученной от владельцев собак. Непереносимостью нагрузок считалась оценка снижения продолжительности физических нагрузок, таких как длительность прогулки и бега, преобладание периодов отдыха. Потерей сознания считался внезапный обморок с отсутствием реакции на внешние раздражители, такие как свет, звук и пальпация.

Таблица 3. Фиксируемые изменения по результатам обследования

Table 2. Recorded changes based on the results of the survey

Тип изменений	Абсолютное количество собак	Относительное количество собак, %
ЗСН	4	16
Желудочковые аритмии	19	76
Легочная гипертензия	18	72

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.

Выводы/Conclusions

Определен научный подход применения совокупных методов диагностики (методом эхокардиографии и электрокардиографии) для ранней диагностики заболевания «аритмогенная дисплазия правого желудочка у собак». Определены сонографическая характеристика правых сторон сердца, наличие эксцентрической гипертрофии правого желудочка, соотношение внутреннего размера правого желудочка в конце диастолы (RVIDd относительно LVIDd), апробирован новый подход к оценке систолической функции правого желудочка. Предоставлены варианты эктопического ритма, регистрируемые при данном заболевании.

Прогностическим фактором в оценке выживаемости являлось наличие желудочковой эктопии в виде различных морфологий блокады правой и левой ножки пучка Гиса и смешанного типа блокад, а не наличие увеличенного количества желудочковых экстрасистол, как описывалось в исследованиях по этой теме ранее.

Выявлены закономерности между тяжестью проявления симптомов и изменениями правых отделов сердца, а также прогнозирование исхода заболевания, такого как риск внезапной смерти. Получен результат в развитии синдрома легочной гипертензии при тяжелой степени застойной сердечной недостаточности у всех обследуемых собак с трикуспидальной регургитацией.

Собакам в возрасте 2–5 лет при отсутствии клинических симптомов для диагностики необходимо суточное холтеровское мониторирование у пород и их метисов с высоким риском для выявления эктопического ритма.

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 / REFERENCES

1. Harpster N.K. Boxer Cardiomyopathy: A Review of the Long-Term Benefits of Antiarrhythmic Therapy. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1991; 21(5): 989–1004. [https://doi.org/10.1016/s0195-5616\(91\)50107-8](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(91)50107-8)
2. Holdt S.L., Peckens N.K., Rosenthal S., Cober R. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy in Bulldogs: Evaluation of clinical and histopathologic features, progression, and outcome in 71 dogs (2004–2016). *Journal of Veterinary Cardiology*. 2022; 40: 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2021.10.003>
3. Cunningham S.M., Dos Santos L. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy in dogs. *Journal of Veterinary Cardiology*. 2022; 40: 156–169. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2021.07.001>
4. Cunningham S.M., Sweeney J.T., MacGregor J., Barton B.A., Rush J.E. Clinical Features of English Bulldogs with Presumed Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy: 31 Cases (2001–2013). *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2018; 54(2): 95–102. <https://doi.org/10.5326/JAHA-MS-6550>
5. Palermo V., Stafford Johnson M.J., Sala E., Brambilla P.G., Martin M.W.S. Cardiomyopathy in Boxer dogs: A retrospective study of the clinical presentation, diagnostic findings and survival. *Journal of Veterinary Cardiology*. 2011; 13(1): 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2010.06.005>
6. Wess G. Screening for dilated cardiomyopathy in dogs. *Journal of Veterinary Cardiology*. 2022; 40: 51–68. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2021.09.004>
7. Vila J. *et al.* Structural and molecular pathology of the atrium in boxer arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Cardiology*. 2017; 19(1): 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2016.09.001>
8. Kiës P., Bootsma M., Bax J., Schalij M.J., van der Wall E.E. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy: screening, diagnosis, and treatment. *Heart Rhythm*. 2006; 3(2): 225–234. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2005.10.018>
9. Meurs K.M. Boxer dog cardiomyopathy: an update. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2004; 34(5): 1235–1244. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2004.05.003>
10. Oxford E.M. *et al.* Ultrastructural changes in cardiac myocytes from Boxer dogs with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Cardiology*. 2011; 13(2): 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2011.03.002>
11. Potter B.M., Scansen B.A., Chi I.B., Gagnon A.L., Orton E.C. Trifoliate left atrioventricular valve with and without intact septal structures in four dogs: echocardiographic findings and surgical repair. *Journal of Veterinary Cardiology*. 2022; 41: 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2022.01.009>
12. Vila B.C.P., Camacho A.A., Sousa M.G. T-wave peak-end interval and ratio of T-wave peak-end and QT intervals: novel arrhythmogenic and survival markers for dogs with myxomatous mitral valve disease. *Journal of Veterinary Cardiology*. 2021; 35: 25–41. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2021.02.004>
13. Keene B.W. *et al.* ACVIM consensus guidelines for the diagnosis and treatment of myxomatous mitral valve disease in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2019; 33(3): 1127–1140. <https://doi.org/10.1111/jvim.15488>
14. Kong P.K., Lam E.M., Sheikh Abdul Kader M.A. Systolic pulmonary artery pressure derived from pulmonary artery acceleration time could cross-check with pressure derived from simplified Bernoulli Eq. *International Journal of Cardiology*. 2021; 345(S): 42–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.10.123>
15. Khan Z., Abumedian M., Yousif Y., Gupta A., Myo S.L., Mlaw G. Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy in a Patient Experiencing Out-of-Hospital Ventricular Fibrillation Arrest Twice: Case Report and Review of the Literature. *Cureus*. 2022; 14(1): e21457. <https://doi.org/10.7759/cureus.21457>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Александровна Спирина
 ветеринарный врач
 SpirinaOA@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3160-8062>

Лариса Фёдоровна Сотникова
 доктор ветеринарных наук, профессор
 lfsotnikova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7138-6463>

Российский биотехнологический университет
 (РОСБИОТЕХ),
 Волоколамское шоссе, 11, Москва, 125080, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Olga Alexandrovna Spirina
 Veterinarian
 SpirinaOA@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3160-8062>

Larisa Fedorovna Sotnikova
 Doctor of Veterinary Sciences, Professor
 lfsotnikova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7138-6463>

Russian Biotechnological University
 (ROSBIOTECH),
 11 Volokolamsk Highway, Moscow, 125080, Russia

А.В. Фролов^{1,2} ✉А.В. Рузина^{1,2}Н.В. Васюков^{1,2}Т.Н. Рождественская^{1,2}

¹Общество с ограниченной ответственностью «НПП «АВИВАК»», Санкт-Петербург, Россия

²Всероссийский 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.Р. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

✉ a.frolov@avivac.com

Поступила в редакцию: 10.02.2025

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Фролов А.В., Рузина А.В., Васюков Н.В., Рождественская Т.Н.

Aleksey V. Frolov^{1,2} ✉Anna V. Ruzina^{1,2}Nikolay V. Vasyukov^{1,2}Tatyana N. Rozhdestvenskaya^{1,2}

¹Limited Liability Company «SPE «AVIVAC», St. Petersburg, Russia

²Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia

✉ a.frolov@avivac.com

Received by the editorial office: 10.02.2025

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Frolov A.V., Ruzina A.V., Vasyukov N.V., Rozhdestvenskaya T.N.

Активность вакцин против гриппа птиц подтипа H9 и ньюкаслской болезни при иммунизации цыплят яичного направления

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Защитой от клинического проявления гриппа птиц подтипа H9 (далее — ГП (H9)) является уровень напряженности иммунитета против болезни, который обеспечивается переболеванием птиц или их иммунизацией. Последствия постинфекционного иммунитета не исключают снижения производственных показателей, поэтому целесообразно обеспечить формирование поствакцинального иммунитета у птиц. В развитии патологии при гриппе птиц важным является взаимосвязь эпизоотической ситуации по болезни Ньюкасла (далее — НБ) и данной инфекцией. Значительные различия в формировании поствакцинального иммунитета против ГП (H9) у цыплят ремонтного молодняка могут быть обусловлены использованием различных вакцин.

Цель работы — сравнительная оценка эффективности применения как моновакцин против ГП (H9), так и бивалентных вакцин против данной инфекции и НБ с учетом различия адъювантов в этих препаратах.

Методы. Для исследований были сформированы четыре опытные (по 20 гол.) и одна контрольная (в количестве 10 гол.) группа цыплят. В опыте использованы птицы не иммунизированные против ГП (H9). В опытных группах вакцинация цыплят проводилась инактивированными вакцинами в возрасте 30 сут. с последующей их ревакцинацией с месячным интервалом. Отбор сывороток крови проводили каждые две недели с момента первичной иммунизации цыплят. Оценка уровня напряженности иммунитета против ГП (H9) и НБ осуществлялась при постановке РТГА со специфическими антигенами.

Результаты. Установлена зависимость интенсивности и уровня формирования поствакцинального иммунитета в зависимости от различия в валентности применяемых вакцин и используемых адъювантов. Применение моновакцин против ГП (H9) не позволило получить принципиального преимущества перед использованием бивалентных вакцин против ГП (H9) и НБ с учетом используемых адъювантов.

Ключевые слова: вакцина, иммунитет, грипп птиц, болезнь Ньюкасла, антитела, вакцинация, цыплята

Для цитирования: Фролов А.В., Рузина А.В., Васюков Н.В., Рождественская Т.Н. Активность вакцин против гриппа птиц подтипа H9 и болезнь Ньюкасла среди цыплят яичного направления. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 34–39.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-34-39>

Vaccination activity against avian influenza subtype H9 and Newcastle disease during immunization of egg-laying chickens

ABSTRACT

Relevance. The basis of protection against clinical expression of avian influenza subtype H9 (hereafter referred to as H9) is the level of immunity to this infection. The consequences of post-infection immunity do not exclude a decrease in production performance. It is therefore a priority to ensure post-vaccination immunity in birds. In the pathology of birds, the relationship between the epizootic situation of Newcastle disease (hereinafter — ND) and AI (H9) is important. Significant differences in the development of post-vaccination immunity against AI (H9) in replacement chickens may be due to the vaccines used in farms.

The aim of the work is to compare the effectiveness of both monovaccines against HP (H9) and bivalent vaccines against this infection and NB, taking into account the differences in adjuvants in these drugs.

Methods. Four experimental (20 heads each) and one control (10 heads each) group of chickens were formed for research. The experiment used birds that are not immune to HP (H9). In the experimental groups, chickens were vaccinated with inactivated vaccines at the age of 30 days, followed by their revaccination with a monthly interval. Blood serum sampling was performed every two weeks from the moment of initial immunization of chickens. The assessment of the level of immunity tension against GP (H9) and NB was carried out when RTGA was administered with specific antigens.

Results. The dependence of the intensity and level of post-vaccination immunity on the difference in valence of the vaccines and adjuvants used was established. The use of monovaccines against AI (H9) did not provide a fundamental advantage over the use of bivalent vaccines against AI (H9) and ND, taking into account the adjuvants used.

Key words: vaccine, immunity, bird flu, Newcastle disease, antibodies, vaccination, chickens

For citation: Frolov A.V., Ruzina A.V., Vasyukov N.V., Rozhdestvenskaya T.N. Vaccination activity against avian influenza subtype H9 and Newcastle disease during immunization of egg-laying chickens. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 34–39 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-34-39>

Введение/Introduction

Грипп птиц, классическая или европейская чума, экссудативный тиф, брауншвейгская болезнь кур — высококонтагиозная, особо опасная, зооантропонозная болезнь, характеризующаяся многообразными вариантами с патогенетическими проявлениями¹.

Первое упоминание о птичьем гриппе относится к 1878 году. На севере Италии ветеринарный врач Э. Перрончито описал заразное и крайне смертоносное заболевание, поражающее домашнюю птицу. Это заболевание, названное «птичьей чумой», сначала ошибочно принимали за острую септическую форму птичьей холеры. В 1880 году, вскоре после публикации этого первого описания, Ривольта и Дельпрато показали, что эта болезнь обладает патолого-клиническими свойствами, отличающими ее от птичьей холеры, и назвали ее «тиф экссудативный у кур» [1].

Вирусы гриппа А типа относятся к семейству *Orthomyxoviridae* (греч. *orthos* — правильный, прямой, *myxa* — слизь) и представляют собой РНК-содержащие сложные (оболочечные) вирусы, которые выделяются от различных видов птиц и млекопитающих, включая человека [2, 3].

В соответствии с Кодексом МЭБ² вирусы гриппа птиц типа А подразделяются на высокопатогенные и низкопатогенные, последние не подлежат обязательной нотификации [2, 4, 5].

Вирус гриппа птиц (далее — ГП) подтипа H9N2 впервые выделен и изучен в 1966 г. в США. В Штатах распространение этой инфекции имело место среди диких птиц и индеек [6]. В Азии до 1990-х гг. вирус подтипа H9N2 обнаруживали только среди диких водоплавающих птиц, но по мере распространения его начали выявлять и среди домашних птиц [7–9]. Широкое распространение данного вируса по всему миру началось в конце XX века [10].

У вирусов гриппа птиц, в том числе ГП (H9), установлена способность обмениваться генетическим материалом, которая повышает вероятность эволюции и появления вирусов с неизвестными свойствами, в том числе с высоким пандемическим потенциалом [11, 12]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в связи с возможностью инфицирования свиней, хорьков, норок, собак, лошадей и людей вирусом гриппа птиц подтипа H9N2 и его пандемическим потенциалом уделяет пристальное внимание этому возбудителю инфекции наряду с ВПГ птиц подтипов H5, H7 с проведением работ по антигенной и генетической характеристике вируса для разработки средств специфической профилактики в целях готовности к возможной пандемии [5].

Начиная с 1999 г. регистрировались случаи заражения человека вирусом H9N2 в Китае, Бангладеш, Египте без развития тяжелых состояний.

Вирус H9N2 имеет сродство к рецепторам человека, однако подтвержденных случаев передачи вируса от человека к человеку до сих пор не представлено [5].

В 2012 году на территории РФ произошло первое выявление ГП (H9) на птицефабрике в Амурской области [3].

Эпизоотическая ситуация по низкопатогенному гриппу птиц подтипа H9 на протяжении последних лет остается актуальной для птицеводческого сектора РФ.

Диагностику гриппа в России проводят в соответствии с «Ветеринарными правилами лабораторной диагностики гриппа А птиц³», утвержденными приказом МСХ РФ от 3 апреля 2006 года № 105.

В начале распространения возбудителя ГП (H9) на территории РФ были ограничены возможности диагностики и вакцинопрофилактики данной болезни. Недостаток специфических наборов РТГА ГП (H9) приводил к тому, что при выявлении антигенов против ГП методом ИФА и исключения в РТГА гриппа птиц подтипов H5, H7 должного внимания данным результатам не оказывалось.

Необходимо отметить, что при проведении молекулярно-генетических исследований выявление генетического материала ГП (H9) было затруднено, в большинстве случаев регистрировали отрицательные результаты при серологическом подтверждении циркуляции возбудителя в хозяйстве.

Осложнению ситуации по ГП (H9) способствовали интенсивное распространение возбудителя по территории РФ и его пассажирование на неиммунном поголовье при недооценке значимости данной инфекции в патологии птиц.

Вирус гриппа подтипа H9, несмотря на его низкую вирулентность, способен на фоне скрытых инфекций и нарушений санитарно-зоотехнических параметров выращивания и содержания птицы вызывать клинически выраженное проявление болезни. При смешанных инфекциях, как вирусной, так и бактериальной этиологии, вирус гриппа H9 способствует развитию у птиц респираторного синдрома, особенно в ассоциации с вирусами ларинготрахеита птиц, болезни Ньюкасла, инфекционного бронхита кур, возбудителя респираторного микоплазмоза птиц. Всё это ведет к серьезным экономическим потерям, связанным с отходом птиц, выбраковкой, снижением продуктивных показателей птицы, ухудшением конверсии корма и затратами при проведении оздоровительно-профилактических мероприятий.

Использование радикальных мер в борьбе с гриппом птиц, вызванным низкопатогенным вирусом подтипа H9N2, экономически необоснованно, в данном случае вакцинация является наиболее эффективным и целесообразным инструментом в контроле заболевания [13].

¹ Бакулин В.А. Болезни птиц. СПб.: издатель В.А. Бакулин, издательский код по ОКВЭД 22.11.1. 2006; 76–92. ISBN 5-98456-021-6

² Кодекс здоровья наземных животных МЭБ Статья 10.4.1. Т. II. 2021; 688.

³ Приказ Минсельхоза РФ от 03.04. 2006 № 105 «Об утверждении ветеринарных правил лабораторной диагностики гриппа А птиц».

В большинстве случаев иммунопрофилактика гриппа птиц обусловлена применением инаktivированных вакцин, которые хорошо себя зарекомендовали во многих странах мира [14, 15].

На эффективность проведения иммунизации влияет большое количество факторов, в том числе применяемые вакцины.

Цель работы — сравнительная оценка эффективности применения как моновакцин против ГП (H9), так и бивалентных вакцин против данной инфекции и НБ с учетом различия адъювантов в этих препаратах.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Опыт проводили в условиях вивария Владимирского аграрного колледжа (г. Владимир, Россия).

В эксперименте были задействованы цыплята в возрасте 30 суток яичного направления кросса СП-789, содержащиеся в клеточных условиях, не иммунизированные против вируса гриппа птиц подтипа H9. Животные были разделены на четыре опытные (по 20 голов каждая) и одну контрольную (10 голов) группы.

В мае 2024 года цыплята, включенные в опытные группы, были иммунизированы инаktivированными вакцинами (табл. 1) посредством подкожной инъекции в область средней трети шеи в объеме 0,5 мл на голову. Через месяц, в июне 2024 года, проведена ревакцинация птиц внутримышечно в область грудной мышцы с использованием тех же вакцин.

За 5 суток до первого введения инаktivированных вакцин все цыплята в возрасте 25 сут., включая особей контрольной группы, были иммунизированы живой вакциной «АВИВАК-НБ» против болезни Ньюкасла, изготовленной на основе штамма «Ла-Сота». Вакцинацию проводили окулярным методом в соответствии с рекомендациями производителя (НПП «АВИВАК», Россия) — 1 доза на голову.

Данные мероприятия были направлены на формирование специфического иммунного ответа у птиц и оценку эффективности применяемых схем вакцинации. Все процедуры выполнялись с соблюдением инструкций по применению биопрепаратов и ветеринарно-санитарных норм.

Пробы крови у цыплят опытных и контрольной групп отбирали в день проведения иммунизации, а также с интервалом в две недели после введения инаktivированных вакцин. Забор крови осуществляли из подкрыльцевой вены с последующим центрифугированием для получения сыворотки. Все манипуляции с птицей проводили в строгом соответствии с принципами биоэтики в ветеринарии, обеспечивая минимизацию стресса и соблюдение гуманного обращения с животными.

Сыворотки крови исследовали на наличие специфических антител к вирусу гриппа птиц подтипа H9 и

Таблица 1. Схема эксперимента и характеристика используемых вакцин

Table 1. Experimental scheme and characteristics of vaccines

Группа цыплят	Вакцина
I	Инаktivированная сорбированная вакцина против гриппа птиц H9 на основе геля ГОА
II	Инаktivированная эмульсионная вакцина против гриппа птиц H9 на основе адъюванта Montanide ISA 70 VG
III	Инаktivированная эмульсионная вакцина против болезни Ньюкасла и гриппа птиц H9 на основе адъюванта «АВИВАК»
IV	Инаktivированная эмульсионная вакцина против болезни Ньюкасла и гриппа птиц H9 на основе адъюванта Montanide ISA 70 VG

возбудителю болезни Ньюкасла с использованием реакции торможения гемагглютинации (РТГА). Для проведения анализа применяли коммерческие диагностические наборы, разработанные и произведенные ФГБУ «ВНИИЗЖ» (Всероссийский научно-исследовательский институт защиты животных).

Методика выполнения РТГА строго соответствовала инструкции производителя, что обеспечило достоверность и воспроизводимость полученных результатов^{4, 5}.

В таблице 1 представлены основные характеристики инаktivированных вакцин, использованных в эксперименте. Вакцины были разработаны против низкопатогенного гриппа птиц подтипа H9 и содержали различные типы адъювантов. Некоторые из них были представлены в моновалентной форме, тогда как другие включали ассоциированный антиген болезни Ньюкасла. В частности, вакцина на основе адъюванта «АВИВАК» содержала инаktivированный вирус гриппа подтипа H9N2, относящийся к генетической линии G1-like, которая является наиболее актуальной для территории Российской Федерации.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Полученные данные эксперимента по определению динамики формирования специфического иммунитета к вирусу гриппа птиц H9 у птиц, привитых различными вариантами вакцин, приведены на рисунке 1.

У цыплят из контрольной группы антитела не были выявлены.

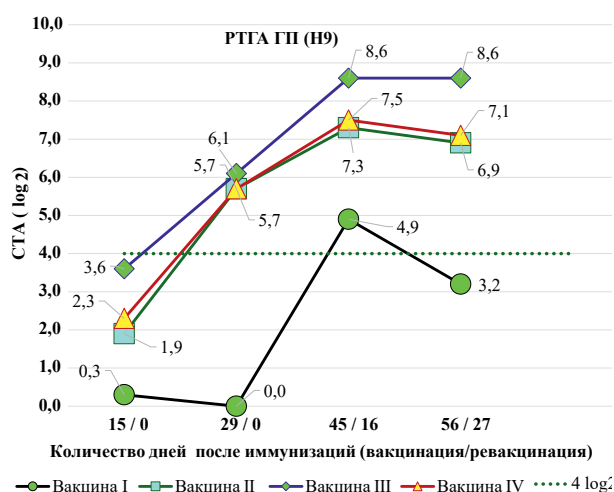
Из данных (рис. 1) видно, что при исследовании сывороток крови опытных цыплят через две недели после первой прививки наибольший групповой уровень специфических антител к вирусу гриппа H9 был зафиксирован в группе птиц, иммунизированных эмульсионной вакциной против болезни Ньюкасла и гриппа птиц H9 на основе адъюванта «АВИВАК» и составил $3,6 \log_2$, что было несколько ниже уровня защитного титра — $4,0 \log_2$. В группах цыплят, привитых вакцинами на основе геля «ГОА» и масляного адъюванта Montanide ISA 70 VG,

⁴ Смолин С.Г. Физиология системы крови. Методические указания. Красноярск. 2014; 8–9.

⁵ Ушаков Е.В., Попова О.С., Понаморов В.С. Учебное пособие по биоэтике в ветеринарии. СПб.: ЛЕНА. 2023.

Рис. 1. Динамика формирования у цыплят специфических антител к вирусу гриппа Н9 после иммунизации различными видами инактивированных вакцин против гриппа птиц Н9.

Fig. 1. The dynamics of the formation of specific antibodies to the H9 influenza virus in chickens after immunization with various types of inactivated H9 avian influenza vaccines



групповые уровни антител к возбудителю низкопатогенного гриппа птиц Н9 были от 0,3 до 2,3 $\log_2$.

При оценке уровней иммунного ответа у цыплят через 30 сут. после прививки, согласно сроку, регламентированному инструкциями по применению вакцин против низкопатогенного гриппа птиц, антитела к вирусу ГП (Н9) в титрах 4,0 $\log_2$ и выше были выявлены в пробах сывороток крови от птиц, иммунизированных эмульсионными вакцинами. При этом следует подчеркнуть, что инактивированная эмульсионная вакцина против болезни Ньюкасла и гриппа птиц Н9 на основе адъюванта «АВИВАК», как и на первом сроке тестирования, индуцировала у птиц формирование самого высокого группового уровня антител к возбудителю гриппа птиц Н9 — 6,1 $\log_2$. Образец инактивированной вакцины на базе геля гидроокиси алюминия не стимулировал у цыплят выработку иммунного ответа к вирусу ГП (Н9).

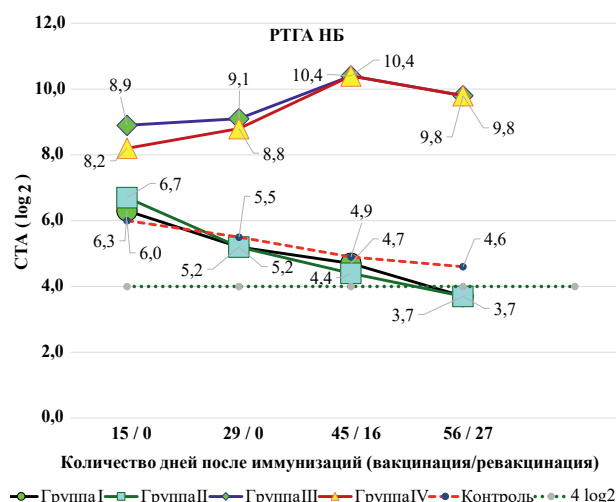
Через две недели после ревакцинации во всех опытных группах цыплят была зафиксирована сероконверсия в отношении возбудителя низкопатогенного ГП (Н9). Самый высокий уровень группового иммунитета к вирусу ГП (Н9) был зафиксирован опять у цыплят, привитых инактивированной эмульсионной вакциной против болезни Ньюкасла и гриппа птиц Н9 на основе адъюванта «АВИВАК» и составил 8,6 $\log_2$.

У цыплят, вакцинированных биопрепаратами, изготовленными с применением масляного адъюванта Montanide ISA 70 VG, групповые уровни специфических антител к возбудителю гриппа Н9 были на порядок ниже и составили от 7,3 до 7,5 $\log_2$.

Оценка групповых уровней иммунитета к возбудителю ГП (Н9) у цыплят через 30 сут. после ревакцинации не показала существенного прироста антител во всех группах. Так, в группе цыплят, привитых инактивированной эмульсионной вакциной

Рис. 2. Динамика формирования группового иммунитета к вирусу ньюкаслской болезни после применения инактивированных вакцин против гриппа птиц Н9 и НБ

Fig. 2. Dynamics of the formation of group immunity to the Newcastle disease virus after the use of inactivated vaccines against avian influenza H9 and ND



против болезни Ньюкасла и гриппа птиц Н9 на основе адъюванта «АВИВАК», уровень напряженности иммунитета остался на уровне, обнаруженном через две недели после ревакцинации, и составил 8,6 $\log_2$, а у птиц, иммунизированных вакцинами на основе масляного адъюванта Montanide ISA 70 VG, зафиксировано незначительное снижение групповых титров антител к вирусу ГП Н9 — от 6,9 до 7,1 $\log_2$.

У цыплят контрольной группы специфические антитела к вирусу низкопатогенного гриппа птиц Н9 не были выявлены на протяжении всего эксперимента.

В связи с тем что в эксперименте были тестированы бивалентные инактивированные вакцины с компонентом ньюкаслской болезни, дополнительно была определена у цыплят динамика формирования антител к вирусу НБ в различные сроки после прививки с применением коммерческого диагностического набора РТГА НБ (ФГБУ «ВНИИЗЖ»).

Результаты тестирования отражены на рисунке 2.

Установлено, что у цыплят контрольной группы и опытных групп, привитых инактивированными вакцинами, содержащими только инактивированный вирус гриппа Н9, получены результаты, соответствующие применению живой вакцины против болезни Ньюкасла из штамма «Ла-Сота».

Пик групповых титров антител был зарегистрирован у птиц через две недели после применения живых вакцин в диапазоне от 6,0 до 6,7 $\log_2$ с последующим его снижением к завершению опыта до 3,7–4,6 $\log_2$. В данных группах отличие в уровне напряженности иммунитета было в рамках статистической ошибки.

При использовании инактивированных вакцин против ГП (Н9) с компонентом НБ у цыплят

фиксируют выраженную сероконверсию, а групповые титры специфических антител к возбудителю болезни Ньюкасла были более 32 раз выше, чем в группах цыплят, привитых только живой вакциной против ньюкаслской болезни из штамма «Ла-Сота». При этом существенной разницы в показателях групповых уровней специфических антител к вирусу ньюкаслской болезни у цыплят, привитых инактивированной эмульсионной вакциной против болезни Ньюкасла и гриппа птиц H9 на основе адьюванта «АВИВАК» и вакциной на базе масляного адьюванта Montanide ISA 70 VG, не было установлено на протяжении всего эксперимента.

Выводы/Conclusions

1. Инактивированная сорбированная вакцина против гриппа птиц H9 на основе геля «Гоа» не обеспечивала у привитых цыплят необходимого уровня защиты против данной инфекции. К завершению опыта средний титр обнаруженных антител

при использовании данной вакцины составил $3,2 \log_2$.

2. Инактивированная эмульсионная вакцина против болезни Ньюкасла и гриппа птиц H9 на основе адьюванта «АВИВАК» индуцировала формирование у птиц более высокого уровня специфических антител к вирусу ГП H9 уже через 15 дней после ее применения. К завершению опыта применение данной вакцины позволило сформировать уровень группового иммунитета более чем на $1,5 \log_2$ выше, в отличие от использования остальных вакцин.

3. Все примененные в опыте инактивированные эмульсионные вакцины вызывали у птиц выработку специфических антител к вирусу гриппа птиц H9 через месяц после вакцинации в диапазоне $5,7-6,1 \log_2$.

4. Применение бивалентных инактивированных вакцин против ГП H9 и H5 более целесообразно, чем использование моновакцин против ГП H9.

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

- Lupiani B., Reddy S.M. The history of avian influenza. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2009; 32(4): 311–323.
<https://doi.org/10.1016/j.cimid.2008.01.004>
- Варкентин А.В., Волков М.С., Ирза В.Н. Низкопатогенный грипп птиц, вызванный вирусом подтипа H9. Обзор литературы. *Труды Федерального центра охраны здоровья животных*. 2014; 12: 41–53.
<https://elibrary.ru/sysydr>
- Марченко В.Ю., Шаршов К.А., Шестопалов А.М. Экология вируса гриппа в популяциях диких птиц Центральной Азии. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2012; (5–1): 271–275.
<https://elibrary.ru/piwebj>
- Волков М. Высоко- и низкопатогенный грипп птиц. *Животноводство России*. 2021; (S3): 50–54.
<https://elibrary.ru/jktony>
- Волков М.С., Варкентин А.В., Ирза В.Н. О распространении вируса низкопатогенного гриппа A/H9N2 в мире и на территории Российской Федерации. *Проблемы искоренения болезни. Ветеринария сегодня*. 2019; (3): 51–56.
<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2019-3-30-51-56>
- Homme P.J., Easterday B.C. Avian influenza virus infections. I. Characteristics of influenza A-turkey-Wisconsin-1966 virus. *Avian Diseases*. 1970; 14(1): 66–74.
<https://doi.org/10.2307/1588557>
- Alexander D.J., Allan W.H., Parsons G. Characterization of influenza viruses isolated from turkeys in Great Britain during 1963–1977. *Research in Veterinary Science*. 1979; 26(1): 17–20.
[https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(20\)30934-6](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(20)30934-6)
- Alexander D.J. Summary of Avian Influenza Activity in Europe, Asia, Africa, and Australasia, 2002–2006. *Avian Diseases*. 2007; 51(S1): 161–166.
<https://doi.org/10.1637/7602-041306R.1>
- Senne D.A. Avian Influenza in North and South America, 2002–2005. *Avian Diseases*. 2007; 51(S1): 167–173.
<https://doi.org/10.1637/7621-042606R1.1>
- Wright P.F., Neumann G., Kawaoka Y. Orthomyxoviruses. D.M. Knipe et al. (eds.). *Fields Virology*. Sixth ed. Philadelphia, PA, USA: Lippincott Williams & Wilkins. 2013; 1: 1186–1243.
- Zhou J.-P. et al. Epidemiological survey and genetic evolution of H9 subtype influenza viruses in Shanghai, China, from 2006 to 2010. *Archives of Virology*. 2012; 157(6): 1193–1198.
<https://doi.org/10.1007/s00705-012-1266-2>

REFERENCES

- Lupiani B., Reddy S.M. The history of avian influenza. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2009; 32(4): 311–323.
<https://doi.org/10.1016/j.cimid.2008.01.004>
- Varkentin A.V., Volkov M.S., Irza V.N. Low pathogenic avian influenza induced with subtype H9 virus. Review of published literature. *Proceedings of the Federal Centre for Animal Health Protection*. 2014; 12: 41–53 (in Russian).
<https://elibrary.ru/sysydr>
- Marchenko V.Yu., Sharshov K.A., Shestopalov A.M. Ecology of influenza virus in wild bird populations in Central Asia. *Bulletin of Eastern-Siberian scientific center*. 2012; (5–1): 271–275 (in Russian).
<https://elibrary.ru/piwebj>
- Volkov M. High and low pathogenic avian flu. *Animal Husbandry of Russia*. 2021; (S3): 50–54 (in Russian).
<https://elibrary.ru/jktony>
- Volkov M.S., Varkentin A.V., Irza V.N. Spread of low pathogenic avian influenza A/H9N2 in the world and Russian Federation. Challenges of disease eradication. *Veterinary Science Today*. 2019; (3): 51–56.
<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2019-3-30-51-56>
- Homme P.J., Easterday B.C. Avian influenza virus infections. I. Characteristics of influenza A-turkey-Wisconsin-1966 virus. *Avian Diseases*. 1970; 14(1): 66–74.
<https://doi.org/10.2307/1588557>
- Alexander D.J., Allan W.H., Parsons G. Characterization of influenza viruses isolated from turkeys in Great Britain during 1963–1977. *Research in Veterinary Science*. 1979; 26(1): 17–20.
[https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(20\)30934-6](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(20)30934-6)
- Alexander D.J. Summary of Avian Influenza Activity in Europe, Asia, Africa, and Australasia, 2002–2006. *Avian Diseases*. 2007; 51(S1): 161–166.
<https://doi.org/10.1637/7602-041306R.1>
- Senne D.A. Avian influenza in North and South America, 2002–2005. *Avian Diseases*. 2007; 51(S1): 167–173.
<https://doi.org/10.1637/7621-042606R1.1>
- Wright P.F., Neumann G., Kawaoka Y. Orthomyxoviruses. D.M. Knipe et al. (eds.). *Fields Virology*. Sixth ed. Philadelphia, PA, USA: Lippincott Williams & Wilkins. 2013; 1: 1186–1243.
- Zhou J.-P. et al. Epidemiological survey and genetic evolution of H9 subtype influenza viruses in Shanghai, China, from 2006 to 2010. *Archives of Virology*. 2012; 157(6): 1193–1198.
<https://doi.org/10.1007/s00705-012-1266-2>

12. Guan Y., Shortridge K.F., Krauss S., Webster R.G. Molecular characterization of H9N2 influenza viruses: Were they the donors of the "internal" genes of H5N1 viruses in Hong Kong?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1999; 96(16): 9363–9367. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.16.9363>
13. Фролов А.В., Панкратов С.В., Рождественская Т.Н., Норкина С.Н., Шестопалов А.М. Грипп птиц. Специфическая профилактика. *Ветеринария и кормление*. 2020; (7): 64–66. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-7-17>
14. Костина Л.В., Забережный А.Д., Гребенникова Т.В., Антипова Н.В., Алипер Т.И., Непоклонов Е.А. Вакцины против гриппа птиц в птицеводстве *Вопросы вирусологии*. 2017; 62(2): 53–60. <https://doi.org/10.18821/0507-4088-2017-62-2-53-60>
15. Шулгин В.В., Хошафян Л.С., Аносов Д.Е. Эволюция подбора вакцин против низкопатогенного гриппа птиц (H9) в промышленном птицеводстве. *Аграрная наука*. 2024; (12): 22–24. <https://elibrary.ru/igyhjj>

ОБ АВТОРАХ

Алексей Викторович Фролов^{1,2}

ведущий специалист

a.frolov@avivac.com

<https://orcid.org/0009-0002-6975-1446>

Анна Владимировна Рузина^{1,2}

заместитель директора центрального филиала

a.ruzina@avivac.com

<https://orcid.org/0000-0001-8161-1716>

Николай Вадимович Васюков^{1,2}

ведущий специалист

n.vasyukov@avivac.com

<https://orcid.org/0000-0001-7190-0717>

Татьяна Николаевна Рождественская^{1,2}

доктор ветеринарных наук

• директор по науке¹;

• заведующая лабораторией болезней птиц²

80957434274@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1272-8202>

¹Научно-производственное предприятие «АВИВАК», промзона Орлинская, 21А, дер. Горбунки, Ломоносовский р-н, Ленинградская обл., 188502, Россия

²Всероссийский 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.Р. Коваленко Российской академии наук, Рязанский пр-т, 24, к. 1, Москва, 109428, Россия

12. Guan Y., Shortridge K.F., Krauss S., Webster R.G. Molecular characterization of H9N2 influenza viruses: Were they the donors of the "internal" genes of H5N1 viruses in Hong Kong?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1999; 96(16): 9363–9367. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.16.9363>

13. Frolov A.V., Pankratov S.V., Rozhdestvenskaya T.N., Norkina S.N., Shestopalov A.M. Avian influenza. Specific prevention. *Veterinaria i kormlenie*. 2020; (7): 64–66 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-7-17>

14. Kostina L.V., Zaberezhny A.D., Grebennikova T.V., Antipova N.V., Aliper T.I., Nepoklonov E.A. Vaccines against avian influenza in poultry. *Problems of Virology*. 2017; 62(2): 53–60 (in Russian). <https://doi.org/10.18821/0507-4088-2017-62-2-53-60>

15. Shulgin V.V., Khoshafyan L.S., Anosov D.E. Evolution of Low Pathogenic Avian Influenza (H9) Vaccine Selection in Industrial Poultry Farming. *Agrarian science*. 2024; (12): 22–24 (in Russian). <https://elibrary.ru/igyhjj>

ABOUT THE AUTHORS

Alexey Viktorovich Frolov^{1,2}

Leading Specialist

a.frolov@avivac.com

<https://orcid.org/0009-0002-6975-1446>

Anna Vladimirovna Ruzina^{1,2}

Deputy Director of the Central Branch

ruzina@avivac.com

<https://orcid.org/0000-0001-8161-1716>

Nikolay Vadimovich Vasyukov^{1,2}

Leading Specialist

n.vasyukov@avivac.com

<https://orcid.org/0000-0001-7190-0717>

Tatiana Nikolaevna Rozhdestvenskaya^{1,2}

Doctor of Veterinary Sciences

• Director of Science¹;

• Head of the Laboratory of Avian Diseases²

80957434274@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1272-8202>

¹Scientific-production enterprise предприятие «АВИВАК», 21A Orlinskaya zone, Gorbunki, Lomonosov district, Leningrad region, 188502, Russia

²Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospect, Moscow, 109428, Russia

Г.В. Коновалова^{1, 2} ✉К.Г. Курочкина¹

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.Р. 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: 11.02.2025

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Коновалова Г.В., Курочкина К.Г.

Gella V. Konovalova^{1, 2} ✉Karine G. Kurochkina¹

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

²All-Russian State Center for Quality and Standardization of Medicines for Animals and Feed — FGBI “VGNKI”, Moscow, Russia

✉ g.konovalova@vgnki.ru

Received by the editorial office: 11.03.2025

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Konovalova G.V., Kurochkina K.G.

Изучение влияния белкового экстракта *Trichinella spiralis* на гуморальный и клеточный иммунитет у мышей

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Настоящий опыт проводили на 113 мышах-самцах CBA × C57BL/6. Белковый экстракт *T. spiralis* вводили мышам однократно и шестикратно внутрибрюшинно в дозе 100 мкг/животное; личинки трихинелл вводили внутривентрикулярно из расчета 10 личинок на 1 г. Иммунотропное действие оценивали на 8-е и 21-е сутки после однократного и последнего шестикратного введения экстракта. Влияние заражения *T. spiralis* и введения белкового экстракта на гуморальный иммунитет определяли в реакции гемагглютинации; клеточный иммунитет оценивали в реакции гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) к эритроцитам барана (ЭБ). В одном варианте опыта (на 8-е сутки после однократного и последнего шестикратного введения белкового экстракта) проводили гистологическое исследование образцов органов (селезенки, тимуса, лимфатических узлов, печени), принимающих участие в функционировании иммунной системы.

Результаты. Согласно результатам комплексной оценки гуморального и клеточного иммунитета с использованием специфических показателей и данных микроскопического анализа органов можно сделать вывод о иммуносупрессивном действии соматического экстракта трихинелл с наиболее выраженным влиянием в отношении клеточного иммунитета. Возможно, угнетение клеточного иммунного ответа связано с цитотоксическим действием экстракта *T. spiralis* на клетки, в том числе на клетки иммунной системы.

Ключевые слова: *Trichinella spiralis*, белковый экстракт *T. spiralis*, мыши, гуморальный иммунитет, клеточный иммунитет

Для цитирования: Коновалова Г.В., Курочкина К.Г. Изучение влияния белкового экстракта *Trichinella spiralis* на гуморальный и клеточный иммунитет у мышей. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 40–45.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-40-45>

Investigation of *Trichinella spiralis* protein extract on humoral and cellular immunity in mice

ABSTRACT

Relevance. The present experiment was performed on 113 CBA × C57BL/6 mice males. *T. spiralis* extract was administered to mice intraperitoneally once and six times at the dose level of 100 mkg/animal; *Trichinella* larvae were administered per os at the rate of 10 larvae per 1 g. The immunotropic effect was evaluated on the 8th and 21st days after a single and last six-fold administration of the extract. The effects on humoral immunity were determined in the hemagglutination reaction; cellular immunity was assessed in delayed-type hypersensitivity (DTH) reaction to sheep erythrocytes. In one variant of the experiment (on the 8th day after a single and last six-fold administration of the protein extract), a histological examination of samples of organs (spleen, thymus, lymph nodes, liver) involved in the functioning of the immune system was performed.

Results. According to the results of comprehensive assessment of humoral and cellular immunity, using specific indices and microscopic analysis data, it can be concluded that *Trichinella* somatic extract showed immunosuppressive effect with the most pronounced effect on cellular immunity. It is possible that the suppression of cellular immune response is associated with cytotoxic effect of *T. spiralis* extract on cells, including those of immune system.

Key words: *Trichinella spiralis*, *T. spiralis* extract, mice, humoral immunity, cellular immunity

For citation: Konovalova G.V., Kurochkina K.G. Investigation of *Trichinella spiralis* protein extract on humoral and cellular immunity in mice. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 40–45 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-40-45>

Введение/Introduction

Лечение онкологических заболеваний человека и животных в значительной степени базируется на применении химиотерапевтических препаратов, а в некоторых случаях они являются единственно возможным и эффективным способом лечения и спасения жизни пациентов. Успех и выбор терапии во многом зависят от целого ряда факторов, в частности от механизма противоопухолевого действия отдельных групп препаратов, которые включают, не ограничиваясь этим, алкилирующие агенты, антиметаболиты, блокаторы митоза (антитубулины), противоопухолевые антибиотики, гормональные препараты, иммуномодуляторы, вакцины и др.

Разнообразие противоопухолевых агентов включает препараты синтетического и природного происхождения, список которых постоянно обновляется и пополняется в результате новых достижений научных исследований.

При выборе конкретного препарата, а также схем и режимов его применения для конкретного показателя учитывается не только эффективность, но и переносимость химиотерапии у пациентов, поскольку большинство противоопухолевых средств проявляют целый ряд выраженных системных и местных побочных эффектов. В некоторых случаях такое побочное действие приводит к невозможности применения или полному отказу от эффективной химиотерапии, даже несмотря на высокий терапевтический эффект. В связи с этим препараты природного происхождения представляют особый интерес в качестве потенциальных лекарственных средств с учетом их более физиологического воздействия на организм пациентов.

Исходя из вышеизложенного, остается актуальной необходимость в разработке новых, более совершенных противоопухолевых биологических препаратов, которые сочетали бы в себе высокую эффективность и низкую токсичность.

В ряде публикаций описано антипролиферативное действие личинок *T. spiralis* в условиях *in vitro* и *in vivo* [1–4]. Имеются данные об антипролиферативном действии метаболитов трихинелл, в частности экскреторно-секреторных белков [5–7].

Большой интерес представляют работы сотрудников ВНИИП им К.И. Скрябина, результаты которых свидетельствуют о выраженном антипролиферативном действии соматического белкового экстракта *T. spiralis* на различных опухолевых моделях *in vitro* [8, 9].

С учетом планируемых дальнейших испытаний данного продукта *in vivo*, выяснения механизма действия и возможного применения в качестве оригинального лекарственного средства необходима детальная характеристика, включающая оценку многих биологических свойств данного экстракта

на животных моделях. В частности, установлены особенности антипролиферативной активности *in vitro* экстракта личинок трихинелл, полученных от экспериментально зараженных крыс на разной стадии инвазии [10]. Проведена оценка влияния экстракта на эмбриональное развитие крыс, результаты которого свидетельствуют об отсутствии каких-либо негативных эффектов [11].

Важным аспектом является оценка влияния экстракта на иммунный статус, в частности на гуморальное и клеточное звено иммунитета.

Цель настоящего эксперимента — исследование иммуностропной активности белкового экстракта *T. spiralis* после однократного и многократного введения мышам в сравнении с заражением *T. spiralis*.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполняли в лаборатории экспериментальной терапии, виварии ВНИИ фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений им. К. И. Скрябина (г. Москва, Россия) и виварии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России» (г. Москва, Россия) в 2024 г., проводили на мышах СВА × C57BL/6 и аутбредных крысах, которых получали из питомника «Филиал «Андреевка»» ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства России» (Московская обл., Россия).

Белковый экстракт получали из личинок трихинелл, выделенных из тушек аутбредных крыс-самок, которых заражали личинками *T. spiralis* внутрижелудочно с использованием общепринятого метода^{1, 2} из расчета 10 личинок на 1 г массы тела. Экстракт готовили, как описано в патенте 2 671 632 РФ³. Кратко: выделенных инвазионных личинок помещали в физиологический раствор и измельчали при 0 °С до получения однородной массы. Экстракцию проводили в течение 12–16 ч. на магнитной мешалке. После окончания экстракции суспензию центрифугировали при 18 000 об/мин в течение 1 ч. на холоде. Осадок удаляли. Супернатант использовали в качестве белкового экстракта.

Исследование иммуностропного действия белкового экстракта проводили на 113 мышах-самцах СВА × C57BL/6 массой 18–20 г. Экстракт вводили однократно и шестикратно внутрибрюшинно в дозе 100 мкг/животное. Показатели иммунного ответа определяли в сравнении с заражением личинками *T. spiralis* (10 личинок на 1 г массы тела), как описано выше для крыс. Все эксперименты с животными проводили с соблюдением биоэтических норм⁴.

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 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.

⁴ Директива от 22.09.2010 № 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях.

Для оценки первичных и более отдаленных эффектов иммуотропное действие оценивали через 8 суток и 21 день после введения экстракта после однократного и последнего шестикратного введения экстракта, и таким образом были сформированы следующие группы:

✓ 1-я группа — оценка влияния исследуемых агентов на гуморальный иммунитет в реакции гемагглютинации (на 8-е сутки после заражения личинками трихинелл; на 8-е и 21-е сутки после однократного введения или последнего шестикратного введения белкового экстракта). Это группа, включающая несколько подгрупп. Часть животных подвергали эвтаназии через 8 суток после однократного или последнего шестикратного введения экстракта, а часть — через 21 день;

✓ 2-я группа — оценка влияния исследуемых агентов на клеточное звено иммунитета в реакции гиперчувствительности замедленного типа (на 8-е сутки после заражения личинками трихинелл; на 8-е и 21-е сутки после однократного введения или последнего шестикратного введения белкового экстракта);

✓ 3-я и 4-я группы — контрольные животные (внутрибрюшинно вводили физиологический раствор в объеме 0,5 мл/животное в указанные сроки) для каждого вида иммунологических реакций (РГА и РГЗТ).

Показатели гуморального и клеточного звена иммунной системы при воздействии личинок трихинелл или его белкового экстракта оценивали с использованием модели антигенной стимуляции. В день заражения личинками трихинелл и в день однократного и последнего шестикратного введения испытуемого экстракта мышей всех опытных и контрольных групп иммунизировали внутрибрюшинно 3%-ной взвесью эритроцитов барана (ЭБ) (тест-антиген) в стерильном физиологическом растворе в объеме 0,5 мл.

Влияние заражения личинками *T. spiralis* и введения белкового экстракта на гуморальный иммунный ответ определяли в прямой реакции гемагглютинации (РГА); на клеточный иммунный ответ оценивали в реакции гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) к эритроцитам барана (ЭБ).

Приводим краткое описание постановки использованных тестов.

Реакция гемагглютинации⁵. Титр антител определяли в микроварианте прямой реакции гемагглютинации (РГА) и выражали в виде $\log_2$ числа. Для сравнения выраженности иммунного ответа в опыте и контроле определяли индекс реакции (ИР), который представляет собой отношение титра антител в опыте к величине титра антител в контроле. Значение индекса 0,5 и ниже свидетельствует об угнетении антителогенеза, 1,3 и выше — о стимуляции иммунного ответа.

Реакция гиперчувствительности замедленного типа⁵. Влияние на Т-клеточный иммунитет *in vivo* оценивали у мышей по реакции гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ) к ЭБ. В день заражения личинками трихинелл, в день однократного введения и последний день шестикратного введения испытуемого белкового экстракта всех животных, включая группу контрольных животных, иммунизировали 3%-ной взвесью ЭБ внутрибрюшинно и разделяли на четыре группы (4-я группа — контрольные животные). На 5-е сутки после иммунизации для выявления сенсибилизации мышам в подушечку правой задней лапки вводили разрешающую дозу 15%-ной взвеси ЭБ в объеме 0,02 мл, в контралатеральную — физиологический раствор в том же объеме.

О степени выраженности воспалительной реакции в месте инъекции разрешающей дозы антигена судили по приросту массы лап через 24 ч., об интенсивности клеточной реакции ГЗТ — по величине сдвига индекса реакции по формуле:

$$\text{ИВ} = \frac{\text{опыт} - \text{контр.}}{\text{контр.}} \times 100\%$$

Гистологические исследования. В одном варианте опыта (на 8-е сутки после однократного и последнего шестикратного введения белкового экстракта) после эвтаназии дислокацией шейных позвонков у 3 опытных и 3 контрольных мышей отбирали образцы органов (селезенки, тимуса, лимфатических узлов, печени), принимающих участие в функционировании иммунной системы. Материал фиксировали в 10%-ном формалине и заливали в парафин. Гистологические срезы делали на микротоме Microm HM325 (Германия) и окрашивали гематоксилин-эозином. Микроскопические препараты исследовали под микроскопом Levenhuk 625 (Россия), увеличение 90 × 10.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Гуморальный иммунный ответ. Реакция гемагглютинации (РГА) основана на способности агглютининов, содержащихся в сыворотке крови иммунизированных ЭБ животных, «склеивать» ЭБ, используемые для иммунизации.

Результаты оценки гуморального иммунитета представлены в таблице 1.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что при исследовании сывороток контрольных животных значения титров антител установлены на уровне $7,10 \pm 0,50$ и $7,66 \pm 0,60$ ($\log_2$), соответственно, на 8-е и 21-е сутки.

⁵ Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под общ. ред. члена-корреспондента РАМН профессора Р.У. Хабриева. 2-е изд. (перераб. и доп.). М.: Медицина. 2005; 832.

Таблица 1. Результаты оценки влияния заражения *T. spiralis* и белкового экстракта трихинелл на выработку агглютининов в крови мышей CBA × C57 BL/6 на 8-е и 21-е сутки после однократного и последнего шестикратного введения (n = 10)

Table 1. Results of evaluating the effect of *T. spiralis* infection and trichinella protein extract on the production of agglutinins in the blood of CBA × C57 BL/6 mice on the 8th and 21st days after a single and last six-fold administration (n = 10)

Вариант опыта	8-е сутки				21-е сутки		
	Заражение <i>T. spiralis</i>	1 × введение белкового экстракта трихинелл	6 × введение белкового экстракта	Контроль (физиологический раствор)	1 × введение белкового экстракта	6 × введение белкового экстракта	Контроль (физиологический раствор)
	log2 титра антител						
M ± m	6,00 ± 0,26	6,30 ± 0,42	5,50 ± 0,60	7,10 ± 0,50	7,66 ± 0,21	7,33 ± 0,27	7,66 ± 0,60
ИР (индекс реакции)	0,84	0,89	0,77	–	1,00	0,96	–

На 8-е сутки после введения личинок *T. spiralis* имело место незначительное снижение титра агглютининов в сыворотке крови мышей ($6,00 \pm 0,26$). На этот же срок после однократного и шестикратного введения белкового экстракта трихинелл титры агглютининов относительно контроля снизились (соответственно, до $6,30 \pm 0,42$ и $5,50 \pm 0,60$).

Однако во всех случаях можно говорить только о тенденции к угнетению антителогенеза, поскольку различия не были статистически достоверными. Подтверждением этому служат значения индекса реакции, которые в опыте находились примерно на одном уровне (0,84, 0,88 и 0,77).

На 21-е сутки после однократного и последнего шестикратного введения антигена (экстракта *T. spiralis*), титры агглютининов у опытных и контрольных животных находились на одном уровне и не имели различий. Значения ИР составили 1,00 и 0,95.

Таким образом, на 8-е сутки имело место некоторое угнетение продукции агглютининов под действием личинок трихинелл и их соматического экстракта; однако к 21-м суткам показатели антителообразования у опытных и контрольных мышей были сравнимы между собой.

Клеточный иммунный ответ. Результаты оценки клеточного иммунитета представлены в таблице 2.

На 8-е сутки заражение личинками *T. spiralis* и шестикратное введение белкового экстракта *T. spiralis* не оказало влияния на клеточное звено иммунитета. Однако после однократного введения экстракта имела место тенденция к ослаблению воспалительной реакции ($3,44 \pm 0,78\%$ у опытных животных относительно $5,17 \pm 0,76\%$ у животных контрольной группы).

На 21-е сутки можно отметить угнетение клеточного иммунитета как после однократного, так и после шестикратного введения экстракта

трихинелл, и восстановление показателей можно ожидать в более поздний срок.

Однако следует отметить, что в обоих случаях (то есть на 8-е и 21-е сутки) статистически значимые различия между опытом и контролем отсутствовали, и имела место очевидная тенденция к угнетению клеточного звена иммунитета.

Гистологические исследования. После однократного введения белкового экстракта трихинелл были выявлены гиперемия в лимфоидных органах и лимфоузлах, уменьшение паракортикальной зоны по сравнению с контрольной группой.

При шестикратном введении экстракта в мезентериальных лимфатических узлах было отмечено снижение количества и размеров лимфоидных фолликулов, встречались дегенерирующие лимфоциты и фагоцитирующие их макрофаги, большинство фолликулов было без герминативных центров (первичные). Герминативные центры являются центрами реакции на токсические вещества и формируются под влиянием чужеродных веществ как центры пролиферации В-лимфоцитов, в данном случае наблюдалось угнетение иммунного ответа в В-зоне. Атрофия лимфоидной ткани, возможно, связана с апоптозом лимфоцитов в коре узла.

В селезенке мышей после шестикратного введения испытуемого экстракта отмечены сокращение площади белой пульпы (визуально), увеличенные очаги кроветворения с присутствием гигантских клеток мегакариоцитов и других предшественников V класса гемопоэза. Были обнаружены апоптотические тельца, окруженные макрофагами, однако заметной пролиферации (разрежения герминативных центров) не наблюдалось.

По результатам проведенного гистологического исследования можно сделать вывод об очевидном иммуносупрессивном действии белкового экстракта *T. spiralis*.

Таблица 2. Результаты оценки влияния заражения *T. spiralis* и белкового экстракта трихинелл на реакцию гиперчувствительности замедленного типа у мышей CBA × C57 BL/6 на 8-е и 21-е сутки после однократного и последнего шестикратного введения (n = 10)

Table 2. Results of evaluating the effect of *T. spiralis* infection and trichinella protein extract on delayed-onset hypersensitivity reactions in CBA × C57 BL/6 mice on the 8th and 21st days after a single and last six-fold administration (n = 10)

Вариант опыта	8-е сутки				21-е сутки		
	Заражение <i>T. spiralis</i>	1 × введение белкового экстракта	6 × введение белкового экстракта	Контроль (физиологический раствор)	1 × введение белкового экстракта	6 × введение белкового экстракта	Контроль (физиологический раствор)
	Индекс ГЗТ (ИВ), %						
M ± m	5,27 ± 1,39	3,44 ± 0,78	5,74 ± 1,38	5,17 ± 0,76	4,81 ± 0,50	4,22 ± 0,56	7,57 ± 1,72

Подведем итоги эксперимента. Конечно, настоящее исследование влияния экстракта на иммунную систему носило весьма ограниченный характер с учетом количества и ряда определяемых показателей, сроков их анализа и использованных методов, но тем не менее полученные результаты позволяют оценить некоторые эффекты данного продукта. Иммуносупрессивное действие самих трихинелл хорошо известно [12]. Главное условие взаимоотношений в системе «паразит — хозяин» — наличие у гельминтов механизмов защиты от воздействия иммунной системы хозяина, механизмов иммуномодуляции вплоть до полной иммунодепрессии [13]. Продукты трихинелл являются непосредственными своеобразными «проводниками и исполнителями» таких эффектов и позволяют им «ускользнуть от надзора иммунной системы» хозяина.

Как уже отмечалось выше, с учетом наличия антипролиферативных свойств данного продукта возникает необходимость в исследовании его влияния на иммунный статус мышей. Такое исследование представляет особый интерес, поскольку, по мнению некоторых авторов, противоопухолевое действие трихинелл ассоциируется именно с влиянием на иммунную систему [5, 6, 14]. Иммуносупрессивное действие экстракта трихинелл на клеточное звено иммунитета связываем с цитотоксическим действием метаболитов трихинелл, входящих в состав испытуемого соматического экстракта.

Конечно, влияние испытуемого экстракта на иммунный статус является существенно более

сложным, чем просто реакции, которые использовали в исследовании. Однако, на взгляд авторов, иммуносупрессивное действие экстракта хорошо согласуется с его антипролиферативным действием и его установление поможет в понимании механизма этого феномена.

Выводы/Conclusion

Согласно результатам комплексной оценки гуморального и клеточного иммунитета с использованием специфических показателей и данных микроскопического анализа органов, можно сделать вывод о иммуносупрессивном действии соматического экстракта трихинелл с преимущественным влиянием в отношении клеточного иммунитета.

На 8-е сутки после однократного введения экстракта имела место тенденция к снижению индекса ГЗТ ($3,44 \pm 0,78\%$ у опытных животных относительно $5,17 \pm 0,76\%$ у животных контрольной группы). На 21-е сутки тенденция к угнетению клеточного иммунного ответа усилилась как после однократного, так и после шестикратного введения испытуемого экстракта трихинелл, индекс ГЗТ равнялся, соответственно, $4,81 \pm 0,50\%$ и $4,22 \pm 0,56\%$ по сравнению с $7,57 \pm 1,72\%$ в контроле. Восстановление данных показателей можно ожидать в более поздний срок.

Возможно, угнетение клеточного иммунного ответа связано с цитотоксическим действием соматического белкового экстракта *T. spiralis* на клетки, в том числе и на клетки иммунной 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

1. Kang Y.-J. et al. *Trichinella spiralis* infection reduces tumor growth and metastasis of B16-F10 melanoma cells. *Veterinary Parasitology*. 2013; 196(1–2): 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.02.021>
2. Liao C., Cheng X., Liu M., Wang X., Boireau P. *Trichinella spiralis* and Tumors: Cause, Coincidence or Treatment? *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. 2018; 18(8): 1091–1099. <https://doi.org/10.2174/1871520617666171121115847>
3. Molinari J.A., Ebersole J.L. Antineoplastic Effects of Long-Term *Trichinella spiralis* Infection on B-16 Melanoma. *International Archives of Allergy and Applied Immunology*. 1977; 55(1–6): 444–448. <https://doi.org/10.1159/000231956>
4. Pocock D., Meerovitch E. The anti-neoplastic effect of trichinellosis in a syngenic murine model. *Parasitology*. 1982; 84(3): 463–473. <https://doi.org/10.1017/S0031182000052768>
5. Ding J. et al. *Trichinella spiralis* ESP inhibits tumor cell growth by regulating the immune response and inducing apoptosis. *Research Square*. 2021. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-257172/v1>
6. Ding J. et al. Excretory-secretory product of *Trichinella spiralis* inhibits tumor cell growth by regulating the immune response and inducing apoptosis. *Acta Tropica*. 2022; 225: 106172. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.106172>
7. Luo J. et al. Study on mitochondrial apoptosis pathways of small cell lung cancer H446 cells induced by *Trichinella spiralis* muscle larvae ESPs. *Parasitology*. 2017; 144(6): 793–800. <https://doi.org/10.1017/S0031182016002535>

REFERENCES

1. Kang Y.-J. et al. *Trichinella spiralis* infection reduces tumor growth and metastasis of B16-F10 melanoma cells. *Veterinary Parasitology*. 2013; 196(1–2): 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.02.021>
2. Liao C., Cheng X., Liu M., Wang X., Boireau P. *Trichinella spiralis* and Tumors: Cause, Coincidence or Treatment? *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. 2018; 18(8): 1091–1099. <https://doi.org/10.2174/1871520617666171121115847>
3. Molinari J.A., Ebersole J.L. Antineoplastic Effects of Long-Term *Trichinella spiralis* Infection on B-16 Melanoma. *International Archives of Allergy and Applied Immunology*. 1977; 55(1–6): 444–448. <https://doi.org/10.1159/000231956>
4. Pocock D., Meerovitch E. The anti-neoplastic effect of trichinellosis in a syngenic murine model. *Parasitology*. 1982; 84(3): 463–473. <https://doi.org/10.1017/S0031182000052768>
5. Ding J. et al. *Trichinella spiralis* ESP inhibits tumor cell growth by regulating the immune response and inducing apoptosis. *Research Square*. 2021. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-257172/v1>
6. Ding J. et al. Excretory-secretory product of *Trichinella spiralis* inhibits tumor cell growth by regulating the immune response and inducing apoptosis. *Acta Tropica*. 2022; 225: 106172. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.106172>
7. Luo J. et al. Study on mitochondrial apoptosis pathways of small cell lung cancer H446 cells induced by *Trichinella spiralis* muscle larvae ESPs. *Parasitology*. 2017; 144(6): 793–800. <https://doi.org/10.1017/S0031182016002535>

8. Бережко В.К. и др. *Trichinella spiralis* как ингибитор пролиферации опухолевых клеток. *Труды ВИЭВ*. 2018; 80(1): 101–110. <https://www.elibrary.ru/yqpaeh>
9. 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; 20(S): 123–124. <https://www.elibrary.ru/grreoj>
10. 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>
11. 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; (12): 35–40. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-35-40>
12. Даугалиева Э.Х., Курочкина К.Г. Иммуносупрессия при гельминтозах. *Труды Всероссийского института гельминтологии им. К.И. Скрябина*. 1996; 32: 31–36.
13. Гришина Е.А. Особенности иммунитета при гельминтозах. Современные проблемы и подходы к их решению. *АгроЭкоИнфо*. 2018; (3): 16. <https://www.elibrary.ru/ymjgtb>
14. Sadr S. et al. *Trichinella spiralis* as a Potential Antitumor Agent: An Update. *World's Veterinary Journal*. 2023; 13(1): 65–74. <https://doi.org/10.54203/scil.2023.wvj7>

ОБ АВТОРАХ

Гелла Владимировна Коновалова^{1, 2}
 заведующая отделом
g.konovalova@vgnki.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5306-7303>
Каринэ Гегамовна Курочкина¹
 доктор ветеринарных наук
kar.kur.49@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2738-8853>

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

8. Berezhko V.K. et al. *Trichinella spiralis* as an inhibitor of tumor cell proliferation. *Trudi VIEV*. 2018; 80(1): 101–110 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yqpaeh>
9. 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; 20(S): 123–124. <https://www.elibrary.ru/grreoj>
10. Konovalova G.V., Koveshnikova E.I., Kaganova M.M., Nikolskaya E.D., Yabbarov N.G., Kurochkina 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>
11. 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; (12): 35–40 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-35-40>
12. Daugalieva E.Kh., Kurochkina K.G. Immunosuppression for helminthiasis. *Trudy Vserossiyskogo instituta gel'mintologii imeni K.I. Skryabina*. 1996; 32: 31–36 (in Russian).
13. Grishina E.A. Features of immunity in helminthoses. Modern problems and approaches to their solution. *AgroEcolInfo*. 2018; (3): 16 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ymjgtb>
14. Sadr S. et al. *Trichinella spiralis* as a Potential Antitumor Agent: An Update. *World's Veterinary Journal*. 2023; 13(1): 65–74. <https://doi.org/10.54203/scil.2023.wvj7>

ABOUT THE AUTHORS

Gella Vladimirovna Konovalova^{1, 2}
 Head of the Department
g.konovalova@vgnki.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5306-7303>
Karine Gegamovna Kurochkina¹
 Doctor of Veterinary Sciences
kar.kur.49@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2738-8853>

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

Т.В. Савостина¹✉С.И. Генятов²¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия²ООО «Группа компаний ВИК», дер. Островцы, г. о. Раменский, Московская обл., Россия

✉ Savolita@ya.ru

Поступила в редакцию: 14.11.2024

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Савостина Т.В., Генятов С.И.

Tatyana V. Savostina¹✉Said I. Geniyatov²¹South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia²"VIC Group of Companies" LLC, Moscow region, Russia

✉ Savolita@ya.ru

Received by the editorial office: 14.11.2024

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Savostina T.V., Geniyatov S.I.

Обоснование и алгоритм снижения микробной обсемененности при производстве мяса птицы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Одним из основных факторов, влияющих на сохранность охлажденного мяса птицы, является уровень микробной обсемененности. В настоящее время предложены различные способы ее снижения, однако продолжается изыскание наиболее эффективных методов, оборудования и средств для продления свежести готовой охлажденной продукции. Вопросы сроков годности требуют внимания со стороны производителей мяса птицы для обеспечения безопасности, качества и удовлетворения потребительских ожиданий.

Цель работы — в условиях промышленного производства мяса птицы снизить микробную обсемененность охлажденной тушки с помощью режимов обработки и технического решения.

Методы. Были проведены бактериологические исследования смывов с тушек цыплят-бройлеров на разных участках технологической цепи на содержание КМАФАнМ до и после их обработки технологическим вспомогательным средством на основе надуксусной кислоты и перекиси водорода.

Результаты. Материал посвящен вопросу повышения качества и снижения микробной обсемененности тушек птицы на одном из птицеперерабатывающих предприятий Уральского региона. Работа была проведена в два этапа. В ходе первого этапа работы были определены точки (участки) технологической цепи: после перосъема (начало процесса); после потрошения; на выходе из камеры воздушно-капельного охлаждения, где принято решение установить оборудование по обработке продукции, подобраны режимы обработки для каждого участка с учетом технических особенностей на данном предприятии. Проведена оценка эффективности средства на основе надуксусной кислоты и перекиси водорода в производственных условиях. Установлено, что предложенный авторами алгоритм работы приводит к снижению КМАФАнМ в охлажденной тушке до заданных значений.

Ключевые слова: микробная обсемененность, тушки птиц, вспомогательное средство, КМАФАнМ

Для цитирования: Савостина Т.В., Генятов С.И. Обоснование и алгоритм снижения микробной обсемененности при производстве мяса птицы. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 46–52.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-46-52>

Rationale and Algorithm for Reduction of Microbial Contamination in Poultry Production

ABSTRACT

Relevance. One of the main factors affecting the safety of chilled poultry meat is the level of microbial contamination. Currently, various methods have been proposed to reduce it, but the search continues for the most effective methods, equipment and means to extend the freshness of the finished chilled product. Shelf-life issues require attention from poultry producers to ensure safety, quality and meet consumer expectations.

The purpose of the work is to reduce the microbial contamination of a chilled carcass in the conditions of industrial production of poultry meat using processing modes and a technical solution.

Methods. Bacteriological studies of washes from the carcasses of broiler chickens at different parts of the technological chain for the content of QMAFAnM before and after their treatment with a technological auxiliary based on peracetic acid and hydrogen peroxide were carried out.

Results. The material is devoted to the issue of improving the quality and reducing the microbial contamination of poultry carcasses at one of the poultry processing enterprises in the Ural region. The work was carried out in 2 stages. During the first stage of work, points (sections) of the technological chain were determined: after removal (start of the process); after evisceration; at the exit from the air-droplet cooling chamber, where it was decided to install equipment for product processing, processing modes were selected for each site, taking into account the technical features at this enterprise. The effectiveness of an agent based on peracetic acid and hydrogen peroxide in production conditions was assessed. It was established that the work algorithm proposed by the authors leads to a decrease in QMAFAnM in cooled carcass up to specified values.

Key words: microbial contamination, bird carcasses, adjuvant, QMAFAnM

For citation: Savostina T.V., Geniyatov S.I. Rationale and Algorithm for Reduction of Microbial Contamination in Poultry Production. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 46–52 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-46-52>

Введение/Introduction

Колоссальная ответственность перед потребителем за безопасность пищевого продукта, повышение уровня контроля со стороны надзорных органов, высокая конкуренция на рынке, увеличение интенсивности производства диктуют свои условия производителю [1–3].

Можно выделить следующие ключевые аспекты при производстве мяса птицы:

- **Безопасность продукции.** Срок годности — показатель, который помогает предотвратить потребление испорченных или небезопасных продуктов. Даже при строгом контроле со стороны надзорных органов ошибки могут происходить, и соблюдение сроков годности остается важным фактором для защиты здоровья потребителей.

- **Свежесть мяса.** Мясо птицы теряет свои вкусовые и питательные качества по мере истечения срока годности, что может негативно сказаться на репутации производителя и уровне продаж.

- **Конкуренция на рынке.** В условиях соперничества производители стремятся предложить потребителям свежее и качественное мясо. Правильное управление сроками годности позволяет минимизировать потери от возвратов и списания непригодной продукции, что важно для компаний, готовых сохранить конкурентные преимущества.

- **Требования законодательства.** Производитель устанавливает строгие требования, включая указание сроков годности¹. Несоблюдение этих требований может привести к штрафам и другим санкциям.

- **Осведомленность потребителя.** В вопросах значения биологической безопасности и качества продуктов потребители требуют от производителей прозрачности и честности.

Одним из основных экзо- и эндогенных факторов, влияющих на сохранность охлажденного мяса птицы, является уровень микробной обсемененности [4–7]. По данным ряда ученых при охлаждении и в аэробных условиях происходит в основном неферментативная порча за счет действия грам-отрицательных микроорганизмов *Pseudomonas*, *Moraxcella*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter* [8–10].

Согласно данным С.С. Козак, тушки после убоя птицы могут быть контаминированы микробиотой окружающей среды цеха первичной переработки, наибольшая микробная загрязненность (КМАФАнМ) поверхности тушек регистрируется после операции потрошения и составляет до 6,88 lg КОЕ/см², после мойки она уменьшается до 4,4–6,53 lg, а после охлаждения в воде КМАФАнМ

на поверхности тушек продолжает снижаться, но остается на уровне 3,72–5,92 lg [11].

Для продления сроков годности продукции применялись различные способы, методы и средства. Были предприняты попытки использовать для обработки как различные добавки, консерванты, антиокислители [12–15], бактериофаги (вирусные частицы, которые «пожирают» бактериальные клетки) [16], дезинфектанты [17], пробиотики [18–20], так и различные химические средства, в частности перекись водорода, гипохлорид натрия, молочную кислоту² [21–23], физические способы, в том числе режимы холодильной обработки [24–28], радиацию [29, 30].

На сегодняшний день самым наиболее часто применяемым химическим методом является обработка тушки птицы технологическими вспомогательными средствами (далее — ТВС) на основе надуксусной кислоты и перекиси водорода (далее — НУК). Предварительно было установлено, что разрешенные средства эффективно выполняют свои функции, не наносят вред окружающей среде и безопасны для людей. Действующие вещества в процессе применения не оказывают токсического влияния и в кратчайшие сроки распадаются на простые составляющие: воду, кислород и углекислый газ [31].

Учитывая нестабильность рабочих растворов, малые концентрации, а также условия применения в рамках производства, не всегда бывает просто подобрать необходимый режим обработки и техническое решение. В частности, сложно выдержать время экспозиции на поверхности тушки в камере воздушно-капельного охлаждения. Завышение концентрации рабочего раствора в качестве компенсационной меры приводит к потере товарного вида продукции.

Цель работы — в условиях промышленного производства мяса птицы снизить микробную обсемененность готовой охлажденной тушки с помощью режимов обработки и технического решения.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования, которые включали монтаж оборудования и производственные испытания, проводили в летний период 2024 года на одном из птицеперерабатывающих предприятий Уральского федерального округа Российской Федерации.

Отбор проб и подготовку к микробиологическим исследованиям проводили согласно ГОСТ 7702.2.0-2016³, определение КМАФАнМ — по ГОСТ 7702.2.1-2017⁴.

¹ ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» от 9 декабря 2011 года № 880 (с изм. на 22 апреля 2024 года).

² Мирзаев М.Н., Пименов Н.В., Фатахов К.Ф., Литвинов О.Б. Патент № 2821088 С1 Российская Федерация, МПК А23В 4/12, А23В 4/14. Композиция для обработки тушек птицы с целью снижения микробной обсемененности и продления срока хранения: № 2024107178: заявл. 19.03.2024; опубл. 17.06.2024 / заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии МВА им. К.И. Скрябина». EDN PRMEDR

³ ГОСТ 7702.2.0-2016 Продукты убоя птицы, полуфабрикаты из мяса птицы и объекты окружающей производственной среды. Методы отбора проб и подготовка к микробиологическим исследованиям.

⁴ ГОСТ 7702.2.1-2017 Продукты убоя птицы. Продукция из мяса птицы и объекты окружающей производственной среды. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

Участки отбора проб:

- ✓ после перосъема (начало процесса);
- ✓ после потрошения;
- ✓ на выходе из камеры воздушно-капельного охлаждения (ВКО).

Материалом для бактериологического исследования явились смывы с тушек цыплят-бройлеров, взятых после перосъема (начало процесса), потрошения и на выходе из камеры ВКО на содержание КМАФАнМ до и после их обработки ТВС.

Для обработки продукции использовали ТВС на основе надуксусной кислоты и перекиси водорода «ФудКлин Перокси»⁵ (ООО «Торговый дом ВИК», Россия). Действующие вещества:

- ✓ НУК (надуксусная кислота) — 16,5%,
- ✓ уксусная кислота — 30,0%,
- ✓ перекись водорода — 25,0%.

Обработку тушек на участках «перосъем» и «потрошение» проводили с помощью «Дезинфицирующие установки с рамкой для опрыскивания». Разработчик и производитель оборудования ООО «ТД-ВИК» (Россия) (рис 1.).

Обработку продукции на выходе из камеры ВКО (изнутри камеры) проводили с помощью системы (поворотные форсунки), позволяющей орошать наружную и внутреннюю часть тушки и увеличить время экспозиции (рис. 2).

Микробиологические исследования были проведены на анализаторе масс-спектрометр Vitek MS (BioMerieux, Франция) в клинико-диагностической лаборатории ООО «Кволити Мед»⁶(г. Екатеринбург, Россия).

Статистическую обработку экспериментального цифрового материала проводили методом Стьюдента с использованием компьютерной программы Excel (США) при уровне значимости ($p \leq 0,05$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На первом (подготовительном) этапе были проведены микробиологические исследования, которые позволили определить уровень обсемененности тушки птицы по мере прохождения ее по технологической цепи без обработки продукции ТВС.

Результаты микробиологических исследований представлены в таблице 1.

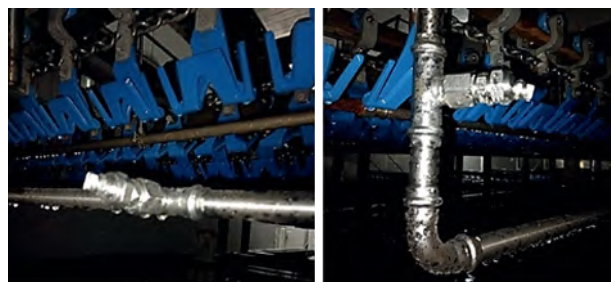
Рис. 1. Дезинфицирующая установка с рамкой для опрыскивания

Fig. 1. Disinfectant unit with spray frame



Рис. 2. Внутренние части (поворотные форсунки) системы обработки продукции. Фото авторов

Fig. 2. Internal parts (rotary nozzles) of the product processing system. Photo by the authors



Из данных таблицы 1 видно: резкое увеличение обсеменения происходит после участка потрошения, что обусловлено некорректной работой убойной линии и износом оборудования. На данном участке происходят разрывы кишечника и, как следствие, микробная контаминация продукции (рис. 3).

Из рисунка 3 следует, что без дополнительной обработки продукции достигнуть требуемые законодателем нормативы в текущих условиях не представляется возможным.

По итогам проведенных исследований было принято решение об обработке продукции на следующих участках технологического процесса:

Таблица 1. Результаты микробиологических исследований смывов с тушек птицы на основных участках технологической цепи на содержание КМАФАнМ без обработки ТВС, lg КОЕ / см³ (n = 3, X ± Sx)

Table 1. Results of Microbiological Studies of Washes from Poultry Carcasses in the Main Sections of the Process Chain for the Content of QMAFAnM without fuel assembly treatment, lg CFU / cm³ (n = 3, X ± Sx)

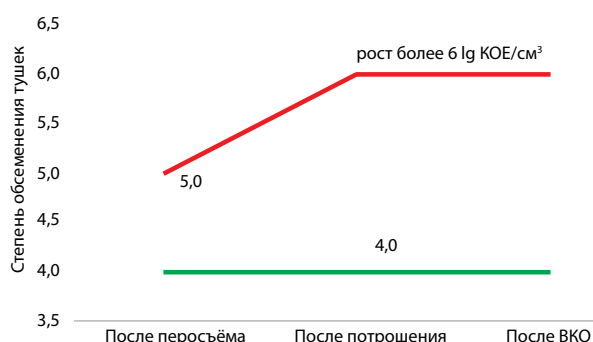
Показатель	Участки отбора проб		
	после перосъема	после потрошения	после ВКО
Минимальное значение из всех образцов, отобранных на указанном участке	5,11	> 6,00	5,64
Среднее значение из всех образцов, отобранных на указанном участке	5,52 ± 0,4	6,00 ± 0,01	5,67 ± 0,3
Максимальное значение из всех образцов, отобранных на указанном участке	5,80	> 6,00	> 6,00
Заданная технологическая цель	–	–	4

⁵ Инструкция по применению дезинфицирующего средства: chrome-extension://efaidnbmnnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nova-snab.ru/instrukcii-moyushchie-sredstva/instrukcii/omni_pa_15_inst.pdf

⁶ ООО «Кволити Мед» (лицензия от 14.04.2021 № 66.01.35.001.Л.000007.04.21).

Рис. 3. Динамика степени обсеменения тушек по максимальным показателям

Fig. 3. Dynamics of the degree of seeding of carcasses by maximum indicators



- после пероcъемной машины — обработка тушки на данном участке позволит снять микробный фон после одного из основных «грязных» процессов производства, а также корректно учитывать результаты микробиологических исследований и обработки на следующем участке технологической цепи;

- на входе в камеру ВКО (внутри камеры) — обработка тушки на данном участке позволит снять микробный фон после одного из основных «грязных» процессов, а также не допустить заноса патогенной микрофлоры (в том числе кишечной) в камеру ВКО, где большой аэрозольный обмен способствует контаминации продукции. Стоит отметить, что камера ВКО — это последний технологический этап перед упаковкой тушки либо ее разделкой, один из сложных участков для проведения санитарных мероприятий, где накопление патогенов в течение рабочей смены крайне нежелательно. При некачественной мойке и дезинфекции указанного участка камера ВКО может стать местом заражения продукции. Оборудование для обработки решили установить с внутренней части камеры ВКО, чтобы исключить (снизить) уксусный запах в рабочей зоне операторов убойно-перерабатывающего цеха;

- на выходе из камеры ВКО (изнутри камеры) — в процессе охлаждения тушка продолжительное время находится в камере ВКО, где присутствует большой аэрозольный обмен, данная точка обработки — это последнее место в технологической цепи перед упаковкой, где есть возможность снизить уровень обсеменения до нормативного [8].

На первых двух участках обработки (пероcъем и потрошение) были выбраны «Дезинфицирующие установки с рамкой для опрыскивания» (ООО «ТД-ВИК», Россия) (рис. 1). Тушка птицы, проходя по конвейеру через указанный спрей-кабинет, однократно обрабатывалась рабочим раствором 0,07% (по НУК) ТВС.

На последнем, третьем этапе установили систему обработки тушки, позволяющую увеличить время экспозиции.

Данное техническое решение было выбрано в связи с условиями в камере ВКО (большой аэрозольный обмен и возможные (по разным причинам) заражения внутри камеры охлаждения). Установленная система позволила обработать как наружную часть, так и ее внутреннюю полость тушки (рис. 2). Последние 5 м перед выходом из ВКО тушка проходила через мелкодисперсный спрей, создаваемый системой обработки. Рабочий раствор ТВС — 0,05% по НУК. После установки и настройки оборудования были проведены производственные испытания.

Оценка результатов микробиологических исследований представлена в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что после обработки на первых двух этапах показатель количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов существенно снизился, а на выходе из камеры ВКО был на порядок ниже заданной технологической цели (рис. 4, 5).

На рисунке 4 показан результат проведенной работы: снизилось микробное обсеменение на каждом участке технологической цепи. Так, максимальное микробное загрязнение в смывах после обработки тушки ТВС было на участках «пероcъем» и «потрошение» в диапазоне 3,6–4,0 lg KOE/cm³, тогда как после прохождения ВКО обсеменение в среднем снизилось на 21,0% (3,0 lg KOE / cm³) и не превышало заданной технологической цели в неупакованной охлажденной тушке цыплят-бройлеров.

В сравнении с результатами смывов тушки без обработки на участке «пероcъем» обсеменение было выше на 34,6%, а на участках «потрошение» и «после ВКО» — на 33,3% и 47,4% соответственно (по максимальному значению наблюдался рост более 6,00 lg KOE / cm³).

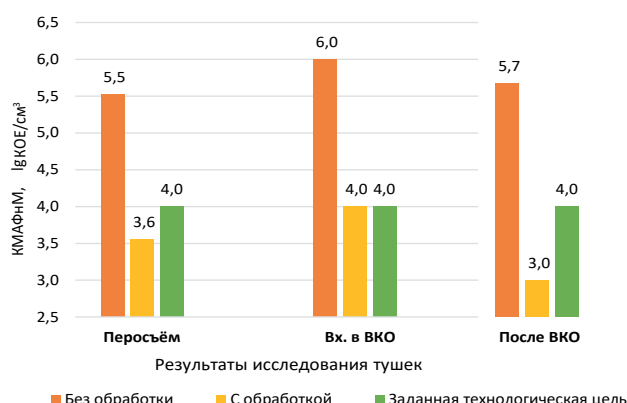
На рисунке 5 наглядно показан рост колониеобразующих единиц мезофильных аэробных и

Таблица 2. Результаты микробиологических исследований смывов с тушек птицы на основных участках технологической цепи на содержание КМАФАнМ после обработки ТВСЮ, lg KOE / cm³ (n = 3, X ± Sx)

Table 2. Results of Microbiological Studies of Washes from Poultry Carcasses at the Main Sections of the Process Chain for the Content of QMAFAnM after FA Treatment, lg CFU / cm³ (n = 3, X ± Sx)

Показатель	Участки отбора проб		
	после пероcъема	после потрошения	после ВКО
Минимальное значение из всех образцов, отобранных на указанном участке	3,43	3,75	< 2,00
Среднее значение из всех образцов, отобранных на указанном участке	3,56 ± 0,4	4,04 ± 0,3	2,99 ± 0,5
Максимальное значение из всех образцов, отобранных на указанном участке	4,23	4,30	3,48
Заданная технологическая цель	–	–	4,00

Рис. 4. Результат снижения обсеменения тушек птиц до и после обработки ТВС (среднее значение)
Fig. 4. The result of reducing the degree of contamination of bird carcasses before and after FA treatment (mean)



факультативно-анаэробных микроорганизмов. Смывы были взяты с образцов неупакованной охлажденной тушки цыплят-бройлеров после камеры ВКО до и после их обработки ТВС.

Разница между необработанной продукцией и продукцией, обработанной ТВС «ФудКлин Перокси», очевидна.

Таким образом, на выходе из камеры ВКО в смывах обработанной тушки КМАФАМ не превышало заданной технологической цели — 4 lgKOE / см³.

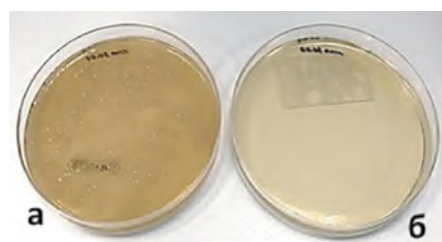
Выводы/Conclusion

1. Установлены участки технологической линии, где зафиксированы увеличения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в среднем: после перосъема — $5,52 \pm 0,4$ lgKOE / см³; после потрошения — более $6,0 \pm 0,01$ lgKOE / см³; на выходе из камеры ВКО — $5,67 \pm 0,3$ lgKOE / см³.

2. После обработки ТВС на исследуемых участках показатель количества мезофильных

Рис. 5. Рост КМАФАМ в смывах с тушки после камеры ВКО: а) без обработки ТВС — более 6,00 lgKOE / см³; б) с обработкой ТВС «ФудКлин Перокси» рост менее 2,00 lgKOE / см³. Фото авторов

Fig. 5. QMAFANM growth in washes from carcasses after the ECO chamber: a) without FA treatment — more than 6.00 lgCFU / cm³; b) with FoodWedge Peroxy FA treatment growth less than < 2.00 lgCFU / cm³. Photo by the authors



аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов существенно снизился: после перосъема в среднем составил $3,56 \pm 0,4$ lgKOE / см³; после потрошения — $4,04 \pm 0,3$ lgKOE / см³; на выходе из камеры ВКО — $2,99 \pm 0,5$ lgKOE / см³.

3. Обработка тушек птицы на проблемных участках технологической цепи при указанных режимах обработки, в том числе увеличении времени обработки на последнем участке, с помощью ТВС на основе надуксусной кислоты и перекиси водорода «ФудКлин Перокси» в концентрациях 0,07% и 0,05% по НУК способствовала снижению количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов до заданных значений.

4. Охлажденная тушка на выходе из камеры ВКО по КМАФАМ не превышала целевого технологического значения — 4 lgKOE / см³.

Рекомендуем использовать предложенный алгоритм обработки тушек при производстве мяса птицы с целью снижения КМАФАМ.

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

- Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
- Rebezov M. *et al.* Improving meat quality and safety: innovative strategies. *Potravinarstvo*. 2024; 18: 523–546. <https://doi.org/10.5219/1972>
- Смольникова Ф.Х., Асенова Б.К., Ребезов М.Б., Окусханова Э.К. Системы продовольственной безопасности. *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова*. 2024; 1: 172–175. <https://elibrary.ru/jxzyee>
- Ильякова А.В., Гончар А.С., Еремеева Н.И., Демина Ю.В. Оценка эффективности санитарной обработки технологического оборудования на предприятии мясоперерабатывающей промышленности. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(7): 712–717. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-7-712-717>
- McSharry S., Koolman L., Whyte P., Bolton D. Investigation of the Effectiveness of Disinfectants Used in Meat-Processing Facilities to Control *Clostridium sporogenes* and *Clostridioides difficile* Spores. *Foods*. 2021; 10(6): 1436. <https://doi.org/10.3390/foods10061436>

REFERENCES

- Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
- Rebezov M. *et al.* Improving meat quality and safety: innovative strategies. *Potravinarstvo*. 2024; 18: 523–546. <https://doi.org/10.5219/1972>
- Smolnikova F.Kh., Asenova B.K., Rebezov M.B., Okuskhanova E.K. Food security systems. *International scientific and practical conference dedicated to the memory of V.M. Gorbato*. 2024; 1: 172–175 (in Russian). <https://elibrary.ru/jxzyee>
- Ilyakova A.V., Gonchar A.S., Eremeeva N.I., Demina Yu.V. Assessment of efficiency of sanitary treatment of technological equipment at meat processing industry enterprise. *Hygiene and Sanitation*. 2024; 103(7): 712–717 (in Russian). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-7-712-717>
- McSharry S., Koolman L., Whyte P., Bolton D. Investigation of the Effectiveness of Disinfectants Used in Meat-Processing Facilities to Control *Clostridium sporogenes* and *Clostridioides difficile* Spores. *Foods*. 2021; 10(6): 1436. <https://doi.org/10.3390/foods10061436>

6. Galié S., García-Gutiérrez C., Miguélez E.M., Villar C.J., Lombó F. Biofilms in the Food Industry: Health Aspects and Control Methods. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 898. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00898>
7. Козак С.С. Профилактика токсикоинфекций при птицепереработке. *Животноводство России*. 2021; (7): 15–18. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2021.95.18.007>
8. Козак С.С., Левин П.С., Козак Ю.А., Баранович Е.С., Салихов А.А. Безопасность и качество охлажденного мяса цыплят-бройлеров в зависимости от температуры хранения. М.: Научная библиотека. 2022; 168. ISBN 978-5-907672-04-8 <https://elibrary.ru/hqgiia>
9. Song X., Wang H., Xu X. Investigation of microbial contamination in a chicken slaughterhouse environment. *Journal of Food Science*. 2021; 86(8): 3598–3610. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15842>
10. Rouger A., Tresse O., Zagorec M. Bacterial Contaminants of Poultry Meat: Sources, Species, and Dynamics. *Microorganisms*. 2017; 5(3): 50. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030050>
11. Семенова А.А., Насонова В.В., Веретов Л.А., Милеенкова Е.В. Способы увеличения сроков годности мясной продукции. *Всё о мясе*. 2016; (5): 32–37. <https://elibrary.ru/wwwinip>
12. Козак С.С. Обоснование дополнительной антимикробной обработки тушек при производстве мяса птицы. *Птицеводство*. 2022; (5): 64–68. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-5-64-68>
13. Alghazeer R. *et al.* Bioactive compounds potentiation and antibacterial activities of a *Petalonia fascia* extract on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2024; 14(3): e11493. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11493>
14. Smaoui S. *et al.* Beyond conventional meat preservation: saddling the control of bacteriocin and lactic acid bacteria for clean label and functional meat products. *Applied Biochemistry and Biotechnology – Part A Enzyme Engineering and Biotechnology*. 2023. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>
15. G. Abdel Salam Sh. *et al.* Bioactive components and antibacterial activity of raw and boiled Egyptian pepper. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2024; e11878. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11878>
16. Абдуллаева А.М., Блинкова Л.П., Уша Б.В., Удавлев Д.И., Першина Т.А., Пахомов Ю.Д. Анализ использования бактериофагов в качестве безопасных средств микробной деконтаминации пищевых продуктов. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2020; (2): 220–227. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202002016>
17. Александров А.О., Бачинская В.М. Исследование органолептических и физико-химических показателей мяса цыплят-бройлеров при применении дезинфектанта F 270 Airol. *Проблемы науки*. 2019; (6): 103–105. <https://elibrary.ru/zujdnb>
18. Бегдилдаева Н.Ж., Ахметсadykova Ш.Н., Нургазина А.С., Кудайбергенова А.К., Ахметсadykov Н.Н. Изучение влияния пробиотиков на срок хранения охлажденного мяса бройлеров. *Вестник Алматинского технологического университета*. 2023; (3): 45–51 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-3-45-51>
19. Alagawany M., Abd El-Hack M.E., Farag M.R., Sachan S., Karthik K., Dhama K. The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018; 25(11): 10611–10618. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1687-x>
20. Abd El-Hack M.E., Samak D.H., Noreldin A.E., El-Naggar K., Abdo M. Probiotics and plant-derived compounds as eco-friendly agents to inhibit microbial toxins in poultry feed: a comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018; 25(32): 31971–31986. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3197-2>
21. Глазова Н.В., Сальников С.Г., Козак С.С. Бесхлорная технология снижения микробной обсемененности и увеличения сроков хранения тушек птицы. *Птица и птицепродукты*. 2010; (2): 54–56. <https://elibrary.ru/mxqtpe>
22. Smaoui S. *et al.* Zinc oxide nanoparticles in meat packaging: a systematic review of recent literature. *Food Packaging and Shelf Life*. 2023; 36: 101045. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101045>
23. Gudkov S.V., Burmistrov D.E., Serov D.A., Rebezov M.B., Semenova A.A., Lisitsyn A.B. Do iron oxide nanoparticles have significant antibacterial properties?. *Antibiotics*. 2021; 10(7). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070884>
6. Galié S., García-Gutiérrez C., Miguélez E.M., Villar C.J., Lombó F. Biofilms in the Food Industry: Health Aspects and Control Methods. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 898. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00898>
7. Kozak S.S. Prevention of toxic infections during poultry processing. *Animal Husbandry of Russia*. 2021; (7): 15–18 (in Russian). <https://doi.org/10.25701/ZZR.2021.95.18.007>
8. Kozak S.S., Levin P.S., Kozak Yu.A., Baranovich E.S., Salikhov A.A. Safety and quality of chilled broiler chicken meat depending on storage temperature. Moscow: *Nauchnaya biblioteka*. 2022. 168 (in Russian). ISBN 978-5-907672-04-8 <https://elibrary.ru/hqgiia>
9. Song X., Wang H., Xu X. Investigation of microbial contamination in a chicken slaughterhouse environment. *Journal of Food Science*. 2021; 86(8): 3598–3610. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15842>
10. Rouger A., Tresse O., Zagorec M. Bacterial Contaminants of Poultry Meat: Sources, Species, and Dynamics. *Microorganisms*. 2017; 5(3): 50. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030050>
11. Semenova A.A., Nasonova V.V., Veretov L.A., Mileenkova E.V. Extending shelf life of meat products. *Vsyo o myase*. 2016; (5): 32–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/wwwinip>
12. Kozak S.S. The effectiveness of additional antimicrobial treatment of poultry carcasses. *Pitsevodstvo*. 2022; (5): 64–68 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-5-64-68>
13. Alghazeer R. *et al.* Bioactive compounds potentiation and antibacterial activities of a *Petalonia fascia* extract on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2024; 14(3): e11493. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11493>
14. Smaoui S. *et al.* Beyond conventional meat preservation: saddling the control of bacteriocin and lactic acid bacteria for clean label and functional meat products. *Applied Biochemistry and Biotechnology – Part A Enzyme Engineering and Biotechnology*. 2023. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>
15. G. Abdel Salam Sh. *et al.* Bioactive components and antibacterial activity of raw and boiled Egyptian pepper. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2024; e11878. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11878>
16. Abdullaeva A.M., Blinkova L.P., Usha B.V., Uдавлев D.I., Pershina T.A., Pakhomov Yu.D. Analysis of the use of bacteriophages as safe means of microbial decontamination of food products. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. 2020; (2): 220–227 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202002016>
17. Aleksandrov A.O., Bachinskaya V.M. Study of organoleptic and physicochemical indicators of broiler chicken meat when using disinfectant F 270 Airol. *Problemy nauki*. 2019; (6): 103–105 (in Russian). <https://elibrary.ru/zujdnb>
18. Begdildayeva N.Zh., Akhmetsadykova Sh.N., Nurgazina A.S., Kudaibergenova A.K., Akhmetsadykov N.N. Study of the effect of probiotics on the shelf life of chilled broiler meat. *The Journal of Almaty Technological University*. 2023; (3): 45–51. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-3-45-51>
19. Alagawany M., Abd El-Hack M.E., Farag M.R., Sachan S., Karthik K., Dhama K. The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018; 25(11): 10611–10618. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1687-x>
20. Abd El-Hack M.E., Samak D.H., Noreldin A.E., El-Naggar K., Abdo M. Probiotics and plant-derived compounds as eco-friendly agents to inhibit microbial toxins in poultry feed: a comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018; 25(32): 31971–31986. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3197-2>
21. Glazova N.V., Salnikov S.G., Kozak S.S. Chlorine-free technology for reducing microbial contamination and increasing the shelf life of poultry carcasses. *Poultry & chicken products*. 2010; (2): 54–56 (in Russian). <https://elibrary.ru/mxqtpe>
22. Smaoui S. *et al.* Zinc oxide nanoparticles in meat packaging: a systematic review of recent literature. *Food Packaging and Shelf Life*. 2023; 36: 101045. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101045>
23. Gudkov S.V., Burmistrov D.E., Serov D.A., Rebezov M.B., Semenova A.A., Lisitsyn A.B. Do iron oxide nanoparticles have significant antibacterial properties?. *Antibiotics*. 2021; 10(7). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070884>

24. Ермоленко М.В., Саналбай Ж.Қ., Умыржан Т.Н. Исследование влияния режимов холодильной обработки на продолжительность процесса охлаждения мяса птицы. *Вестник Университета Шакарима. Серия: Технические науки*. 2023; (4): 160–167. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4\(12\)-20](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4(12)-20)
25. Туниева Е.К., Мотовилина А.А., Милеенкова Е.В. Некоторые аспекты формирования качества и безопасности продукции sous-vide. *Всё о мясе*. 2023; (4): 18–21. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-4-18-21>
26. Hameed A. *et al.* Microwave-vacuum extraction technique as a green and clean label technology: kinetics, efficiency analysis, and effect on bioactive compounds. *Food Analytical Methods*. 2023; 16(3): 525–540. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02437-6>
27. Rebezov M. *et al.* Application of electrolyzed water in the food industry: a review. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022; 12(13). <https://doi.org/10.3390/app12136639>
28. Alekseeva Yu.A. *et al.* Modern methods for cooling raw meat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 32098. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032098>
29. Нұрдаулет С., Уажанова Р.У., Ержігітов Е.С. Құс етін радиациялық өңдеудің сапа көрсеткіштері мен оны сақтау мерзіміне әсері. *Алматы технологиялық университетінің хабаршысы*. 2024; (3): 66–72 (на казах. яз.). <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-3-66-72>
30. Pustotina A.A. *et al.* Application of radiation technologies and identification of irradiated poultry meat. *AIP Conference Proceedings. VIII International Young Researchers Conference "Physics, Technology, Innovations, PTI 2021"*. 2022; 090019. <https://doi.org/10.1063/5.0089555>
31. Щербakov М.С., Плешакова В.И., Лещева Н.А. Микробиоценоз поверхности тушек индеек-бройлеров после их обработки препаратом на основе надуксусной кислоты. *Вестник КрасГАУ*. 2021; (12): 156–161. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-156-161>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Владимировна Савостина¹
кандидат ветеринарных наук, доцент
Savolita@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5254-9295>

Саид Ильясович Гениятов²
ведущий специалист департамента биологической безопасности
geniyatov@tdvic.ru

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Россия

²ООО «ГК ВИК»
дер. Островцы, квартал 30137, стр. 681, г. о. Раменское,
Московская обл., 140125, Россия

24. Yermolenko M.V., Sanalbay Zh.K., Umyrzhan T.N. Study of the effect of refrigeration treatment modes on the duration of the poultry meat cooling process. *Bulletin of Shakarim University. Series: Technical Sciences*. 2023; (4): 160–167 (in Russian). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4\(12\)-20](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2023-4(12)-20)

25. Tunieva E.K., Motovilina A.A., Mileenkova E.V. Several aspects of quality and safety formation in sous-vide products. *Vsyo o myase*. 2023; (4): 18–21 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-4-18-21>

26. Hameed A. *et al.* Microwave-vacuum extraction technique as a green and clean label technology: kinetics, efficiency analysis, and effect on bioactive compounds. *Food Analytical Methods*. 2023; 16(3): 525–540. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02437-6>

27. Rebezov M. *et al.* Application of electrolyzed water in the food industry: a review. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022; 12(13). <https://doi.org/10.3390/app12136639>

28. Alekseeva Yu.A. *et al.* Modern methods for cooling raw meat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 32098. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032098>

29. Nurdaulet S., Uazhanova R.U., Erzhigitov E.S. Influence on quality indicators and shelf life of radiation treated poultry meat. *The Journal of Almaty Technological University*. 2024; (3): 66–72 (in Kazakh). <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-3-66-72>

30. Pustotina A.A. *et al.* Application of radiation technologies and identification of irradiated poultry meat. *AIP Conference Proceedings. "VIII International Young Researchers" Conference "Physics, Technology, Innovations, PTI 2021"*. 2022; 090019. <https://doi.org/10.1063/5.0089555>

31. Shcherbakov M.S., Pleshakova V.I., Leshcheva N.A. Microbiocenosis of the surface of turkey broiler carcasses after their treatment with a preparation based on peracetic acid. *Bulletin of KrasGAU*. 2021; (12): 156–161 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-156-161>

ABOUT THE AUTHORS

Tatyana Vladimirovna Savostina¹
Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
Savolita@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5254-9295>

Said Ilyasovich Giniyatov²
Leading Specialist of the Biological Safety Department
geniyatov@tdvic.ru

¹South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, 457103, Russia

²"VIC Group of Companies" LLC
30137 block, 681 building Ostrovtsy village, Ramenskoye City
District, Moscow region, 140125, Russia

УДК 639.112.2:591.4

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-53-62

И.С. Ткачева

М.А. Сенченко ✉

М.К. Чугреев

Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства, Москва, Россия

✉ senchenko@yarcx.ru

Поступила в редакцию: 14.12.2024

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Tkacheva I.S., Senchenko M.A., Chugreev M.K.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-53-62

Irina S. Tkacheva

Marina A. Senchenko ✉

Mikhail K. Chugreev

Federal Research Center for the Development of Game management, Moscow, Russia

✉ senchenko@yarcx.ru

Received by the editorial office: 14.12.2024

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Savostina T.V., Geniyatov S.I.

Морфологические признаки зайца-беляка — устойчивые информативные показатели для оценки стабильности генома и составления кадастра вида

РЕЗЮМЕ

Возрастающие масштабы использования природных ресурсов вызывают необходимость повышения эффективности контроля за их состоянием. Животный мир, в том числе охотничьи виды, очень чувствителен к различного рода негативным воздействиям. В последние десятилетия в охотничьих угодьях многих регионов России отмечается существенное сокращение численности зайца-беляка. Для улучшения сложившейся ситуации важно отслеживать состояние каждой популяции или группировки зайца-беляка и принимать соответствующие меры, а значит, надо располагать достоверной и детальной информацией о биологии и экологии каждого таксона. Формирование организма животных происходит под влиянием широкого спектра средовых и наследственных факторов, поэтому животным из разных популяций и географических территорий присущи свои характерные особенности. Изучение морфологических признаков зайца-беляка и их изменчивости позволит составить современный стандарт каждой географической группировки, на основе которого может быть разработан экспресс-тест для прижизненного установления происхождения особей. Этот экспресс-тест может стать удобным инструментом для контроля за происхождением зайцев при их перевозках и интродукции. Таким образом, в результате масштабного подробного изучения морфологических признаков и их изменчивости можно получить систематизированную информацию, которая окажет содействие в установлении генетического статуса особей, принадлежности их к популяции или группировке. В статье изучены некоторые стандартные морфологические особенности (в том числе краниологические показатели,) и их изменчивость у взрослых самцов и самок зайца-беляка тверской и костромской популяционных группировок. Полученные результаты могут быть использованы при разработке стандарта популяции, кадастра вида (*Lepus timidus* L.) и для усовершенствования реестра охотничьих ресурсов.

Ключевые слова: заяц-беляк, морфологические особенности, краниологические показатели, изменчивость

Для цитирования: Ткачева И.С., Сенченко М.А., Чугреев М.К. Морфологические признаки зайца-беляка — устойчивые информативные показатели для оценки стабильности генома и составления кадастра вида. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 53–62.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-53-62>

Morphological features of the white hare — stable informative indicators for assessing genome stability and compiling a species cadastre

ABSTRACT

The increasing use of natural resources leads to the need of a more effective monitoring of their condition. The animal world, including game species is very sensitive to various kinds of adverse effects. In recent decades, there has been a significant decrease in the number of the white hares in the hunting grounds across many regions of Russia. To improve the situation, it is important to monitor the condition of each population or group of the white hare and take appropriate measures. That means it is necessary to have reliable and detailed information about biology and ecology of each taxon. The animal body formation occurs under the influence of a wide range of environmental and hereditary factors. Therefore, animals from different populations and geographical areas have their own characteristic features. The study of the white hare morphological features and their variability will make it possible to elaborate a modern standard for each geographical group on the basis of which an express test can be developed to establish origin of the individuals at their lifetime. The express test is likely to become a convenient tool for monitoring the white hare's origin during their transportation and introduction. Thus, as a result of a large-scale detailed study of morphological features and their variability, systematic information can be obtained that will assist in establishing a genetic status of the individuals as well as their belonging to a population or a group. Some standard morphological features (including craniometric indicators) and their variability in adult white hare males and females of the Tver and Kostroma population groups are examined in the article. The results obtained can be used to develop a population standard, to create a species cadastre (*Lepus timidus* L.) as well as to improve a hunting resource register.

Key words: white hare, morphological features, craniological parameters, variability

For citation: Tkacheva I.S., Senchenko M.A., Chugreev M.K. Morphological features of the white hare — stable informative indicators for assessing genome stability and compiling a species cadastre. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 53–62 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-53-62>

Введение/Introduction

Возрастающие масштабы использования природных ресурсов вызывают необходимость повышения эффективности контроля за их состоянием. Животный мир, в том числе охотничьи виды, очень чувствителен к различного рода негативным воздействиям [1–3].

В последние десятилетия в охотничьих угодьях многих регионов России отмечается существенное сокращение численности зайца-беляка [4, 5]. Полагаем, что причиной служит комплекс факторов. Весьма влиятельными из них могут быть снижение устойчивости генома отдельных особей и изменение генофонда популяций (группировок) в целом.

Геномная нестабильность является центральным фактором возникновения канцерогенеза и ряда других заболеваний [6]. Нестабильность генома может появиться в результате окислительного стресса. Причины его возникновения различны, в том числе физиологический стресс при отлове зайцев в природных биоценозах, который развивается с накопительным эффектом при дальнейшей транспортировке, выпуске в непривычную окружающую среду, изменении характера пищи и режима питания, светового режима, ультрафиолетового освещения, географических и климатических условий и других факторов. Стресс приводит к потерям живой массы, но самое важное — это изменение бактериального баланса кишечника, что в свою очередь негативно влияет на иммунитет животного [7].

Таким образом, геномная нестабильность с весьма большой долей вероятности может возникнуть из-за необдуманной и несанкционированной интродукции несвойственных форм зайца-беляка в биоценозы первичных ареалов, где происходило формирование иных форм и популяций этого вида. Такая интродукция в настоящее время имеет место в России. Она является результатом массовых несанкционированных перевозок зайца-беляка в больших количествах из одних регионов в другие и выпуска в естественные биоценозы [4].

Нестабильность генома местной группировки зайца-беляка может возникнуть и в результате потока генов из другой популяции при иммиграции или ином перемещении особей. В результате скрещиваний иммигрантов с особями местной популяции в генофонд популяции-реципиента вводятся инородные гены. Таким образом, интродукция особей — носителей аллелей с различными мутациями из других популяций является прямым источником внесения различных волнений в популяцию.

Кроме того, необоснованная и несанкционированная интродукция может быть причиной

угнетенного состояния популяции или отдельной группировки. Иммигранты сами не приспособлены эволюционно к новым условиям обитания и эту неприспособленность передают потомству при скрещиваниях, тем самым обуславливают большой отход особей из популяции-реципиента, сдерживая ее рост.

Формирование организма животных происходит под влиянием широкого спектра средовых и наследственных факторов, поэтому животным из разных популяций и географических территорий присущи свои характерные особенности [8–11]. Из множества особенностей наиболее устойчивыми и показательными являются морфологические признаки. В ходе их изучения существует возможность проверить, вычислить либо вывести новые экстерьерные, интерьерные или краниологические индексы, установить различные корреляции.

Для улучшения сложившейся ситуации важно отслеживать состояние каждой популяции или группировки зайца-беляка и принимать соответствующие меры, а значит, надо располагать достоверной и детальной информацией о биологии и экологии каждого таксона. В этом отношении придерживаемся мнения С.П. Наумова о том, что именно пространственно-локализованные факторы среды обуславливают формирование локальных подразделений вида¹.

Простой учет численности в той форме, в которой существует в настоящее время, такой информации не дает. Этот недостаток может восполнить разработка подробного, максимально полного информативного кадастра, содержащего систематизированные данные о состоянии вида, отдельных его популяций и группировок.

Необходимы создание и ведение кадастра именно охотничьих животных. Ныне действующий приказ² не предусматривает ведение их кадастра: в разделе «Порядок ведения государственного мониторинга и государственного кадастра объектов животного мира» этого документа в п. 3, в частности, говорится: «Государственный мониторинг и государственный кадастр объектов животного мира ведется в отношении объектов животного мира, не отнесенных к охотничьим ресурсам или водным биологическим ресурсам».

Для учета охотничьих ресурсов существует государственный охотхозяйственный реестр, но содержащейся в нем информации для ведения современного эффективного и экологически ответственного охотпользования явно недостаточно. Более очевидным этот факт представляется в свете действующего международного документа — Конвенции о биологическом разнообразии³, которую Российская Федерация ратифицировала.

¹ Наумов С.П. Географические популяции млекопитающих / С.П. Наумов // Вопросы популяционной экологии и географии животных. Ученые записки МГПИ им. В.И. Ленина, № 272. М.: Наука. 1970; 12–47.

² Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2021 года № 456 «Об утверждении Порядка ведения государственного мониторинга и государственного кадастра объектов животного мира».

³ Конвенция о биологическом разнообразии, открытая для подписания на Саммите Земли в Рио-де-Жанейро 5 июня 1992 года и вступившая в силу 29 декабря 1993 года.

К приказам Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации^{4, 5} и приказам о признании утратившими силу приказов^{6, 7} имеются приложения, в которых приведены порядок осуществления государственного мониторинга охотничьих ресурсов и формы государственного охотхозяйственного реестра.

Этими документами предписывается сбор информации о численности млекопитающих и птиц, отнесенных к охотничьим ресурсам, о их распространении и размещении, о плодovitости копытных животных, о гибели охотничьих ресурсов, об объемах изъятия, о количестве видов, о динамике численности, о выявленных заболеваниях охотничьих ресурсов, о состоянии среды обитания, об общей площади и границах охотничьих угодий и пр.

К сожалению, в этом перечне не упоминаются аспекты, которые могли бы детально охарактеризовать непосредственно сам охотничий ресурс на уровне популяций и внутривидовых группировок, в том числе локальных, описать его состояние в данный момент времени, оценить прогноз на перспективу.

Очевидно, объема и характера информации, сбор которой предписывается данными приказами, недостаточно для полноценного решения возникшей проблемы. Другими словами, данные реестра говорят лишь о том, например, что численность охотничьего ресурса резко сокращается. Но эта информация не предоставляет возможности и не указывает пути для решения проблемы, она лишь констатирует факт. Для того чтобы реально исправить ситуацию, требуется разработать и реализовать комплекс соответствующих действенных мер, а это возможно только при условии обладания достаточной осведомленностью, подробным знанием объекта и предмета.

Представляется, что недостаточно уделено внимания самому понятию «охотничий ресурс», следует шире его раскрыть. Для того чтобы оперировать понятием «охотничий ресурс» по существу, оно должно сопровождаться детальным описанием данного охотничьего ресурса. В противном случае при отсутствии такового описания, максимально подробно характеризующего охотничий ресурс, имеем дело не с понятием, а лишь с названием этого ресурса.

Одно лишь название вида охотничьих животных мало осведомляет об аспектах, его характеризующих, которыми можно руководствоваться

при управлении конкретными популяциями (группировками), чтобы обеспечить их сохранение, репродукцию, воспроизводство, мониторинг, охрану и эффективное использование. Тем более современные методики, технологии и оборудование в состоянии придать делу инвентаризации животного мира новый достойный уровень.

Таким образом, каждому охотничьему ресурсу следует дать детальную характеристику. Считаем весьма целесообразным и необходимым, чтобы в кадастре были отражены, кроме прочего: генетический статус вида, популяции, группировки; степень устойчивости генофонда и отдельных генотипов в популяции (группировке); характерные значения морфологических и биологических признаков и их внутривидовая и внутривидовая изменчивость; состояние популяции (группировки) в конкретный момент времени, характер миграций и другие важные аспекты.

Настоящие исследования направлены на изучение морфологических признаков зайца-беляка и их изменчивости в тверской и костромской популяционных группировках.

Изучение морфологических признаков зайца-беляка и их изменчивости позволит составить современный стандарт каждой географической группировки, на основе которого может быть разработан экспресс-тест для прижизненного установления происхождения особей.

Этот экспресс-тест может стать удобным инструментом для контроля за происхождением зайцев при их перевозках и интродукции. Кроме того, измерение размеров тела животного представляет собой основу для оценки качества его развития и прогнозирования проявления биологических и хозяйственно полезных признаков. Например, установлено, что качество развития молочных коз зависит от множества факторов, включая месяц рождения. У коз, родившихся в январе, все морфометрические показатели тела (высота в холке, косая длина туловища, глубина и ширина груди за лопатками, высота в крестце, обхват груди, обхват пясти) были выше, чем у животных мартовского окота.

Была выявлена положительная линейная корреляция удоя с шириной груди и обхватом пясти. Низкие морфометрические показатели указывают на недостаточное развитие животных, что негативно влияет на воспроизводительную способность и препятствует проявлению потенциала

⁴ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 июля 2021 года № 512 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания и применения его данных и о признании утратившим силу приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 25 ноября 2020 года № 964».

⁵ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 28.07.2021 № 519 «Об установлении порядка ведения, структуры, состава и форм государственного охотхозяйственного реестра, а также порядка сбора и хранения документированной информации, содержащейся в государственном охотхозяйственном реестре».

⁶ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 сентября 2010 года № 345 «Об утверждении Положения о составе и порядке ведения государственного охотхозяйственного реестра, порядке сбора и хранения содержащейся в нем документированной информации и предоставления ее заинтересованным лицам».

⁷ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 17 июня 2014 года № 269 «Об утверждении форм государственного охотхозяйственного реестра и о внесении изменений в Положение о составе и порядке ведения государственного охотхозяйственного реестра, порядке сбора и хранения содержащейся в нем документированной информации и предоставления ее заинтересованным лицам».

молочной продуктивности коз [8]. Поэтому оценка морфологических признаков животных, как наиболее стабильных и показательных, широко применяется в селекционной работе с сельскохозяйственными животными. Как правило, при этом изучают и используют совокупность показателей [12–14].

Наряду с прижизненным изучением экстерьера животных на предмет определения их происхождения целесообразно использовать краниологические признаки. Но абсолютные значения этих признаков недостаточно отчетливо отражают действительность, более реальную картину можно получить посредством индексов.

Краниологические индексы — это относительные показатели, использующиеся при изучении морфологических особенностей черепа⁸. Например, у рыси краниологические индексы указывают на хорошо развитые места для прикрепления мышц головы, развитие зубов и индекса давления. С их помощью можно выявить половой диморфизм. Например, самки уступают самцам по абсолютным показателям, но зато выигрывают в качестве⁸.

Кроме того, краниологические индексы помогают анализировать влияние различных факторов на формирование черепа животного, а также определять степень корреляции между развитием костей черепа и отдельных костей скелета⁹.

С помощью краниологических индексов можно оценить состояние популяции или породы и сравнить его с таковым в иной отдаленный промежуток времени.

Особенности строения черепа у отдельных пород кроликов выражаются в развитии средних величин этих признаков и трансгрессивной изменчивости [15].

Таким образом, в результате масштабного (подробного) детального изучения морфологических признаков и их изменчивости можно получить систематизированную информацию, которая окажет содействие в установлении генетического статуса особей, принадлежности их к популяции или группировке. Это знание может стать весьма полезным для эффективного использования ресурсов зайца-беляка, охраны и экологически ответственного управления его популяциями.

Абсолютно необходима такая подробная, упорядоченная информация для репродукции зайца-беляка в полувольных условиях. Содержание, разведение и воспроизводство этого вида в искусственно созданных условиях с последующим выпуском в естественные биоценозы — самые эффективные и надежные подходы к восполнению природных популяций (рис. 1).

Рис. 1. Новорожденные зайчата в изоляторе питомника. Московская обл. Фото И.С. Ткачевой

Fig. 1. Newborn hares in the nursery isolation unit. Moscow region. Photo by I.S. Tkacheva



Технология эта детально пока не проработана, требует совершенствования, но практический опыт энтузиастов обнадеживает.

Таким образом, перечисленные мероприятия (реинтродукция, рациональное управление природными популяциями, совершенствование и ведение подробного кадастра, инвентаризация, репродукция зайцев в искусственно созданных условиях с последующим выпуском в природу) представляются весьма актуальными для восполнения снижающейся численности этого вида.

Цель данной работы — изучение в сравнительном аспекте экстерьерных и краниологических признаков зайца-беляка тверской и костромской группировок.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Работа выполнялась в ФГБУ «Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства МПР РФ» с 2022 по 2024 г., сбор материала — с 1999 по 2023 г. Проведены морфологические и краниологические исследования черепов 49 особей самцов и 41 особи самок зайца-беляка, в том числе 21 особь самок и 26 особей самцов с территории Тверской области и 20 особей самок и 23 особи самцов с территории Костромской области Российской Федерации.

Статистическую обработку полученных данных проводили методом вариационной статистики с использованием программного комплекса Microsoft Office с применением Excel 2010 (США).

Достоверность разности определяли по критерию Стьюдента^{10,11}.

Изучаемые показатели — масса тела, длина тела, длина хвоста, длина уха, длина ступни задней лапы, общая длина черепа, кондилобазальная длина черепа, скуловая ширина, ширина черепа, межглазничная ширина, ширина между верхними коренными зубами, длина верхней диастемы,

⁸ Янушевич А.И., Благовещенский Н.И. Промысловые звери и птицы Западной Сибири / А.И. Янушевич. Новосибирск. 1952; 191.

⁹ Кудрявцева Т.В. Заяц-русак (*Lepus europaeus* Pall., 1778) в Средней Сибири (ареал, экология, использование ресурсов): специальность 03.00.16: дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук / Т.В. Кудрявцева. Красноярск. 2009; 207.

¹⁰ Плохинский Н.А. Биометрия. Учебное пособие для студентов биологических специальностей университетов / Н.А. Плохинский. Москва. 1970; 368.

¹¹ Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. Москва. 1990; 352.

длина твердого нёба, длина мозговой камеры (рис. 2, 3).

Изучались коэффициент изменчивости (C_v), лимиты ($min-max$), размах вариации (R) значений морфологических и краниологических признаков.

Рис. 2. Схема снятия промеров краниологических признаков зайца: а — кандилобазальная длина черепа; б — межглазничная ширина; в — скуловая ширина. Рис. М.К. Чугреева

Fig. 2. A scheme for measuring craniometric features of a hare: a — condylobasal length of the skull; b — interorbital width; c — zygomatic width. Picture by M.K. Chugreev

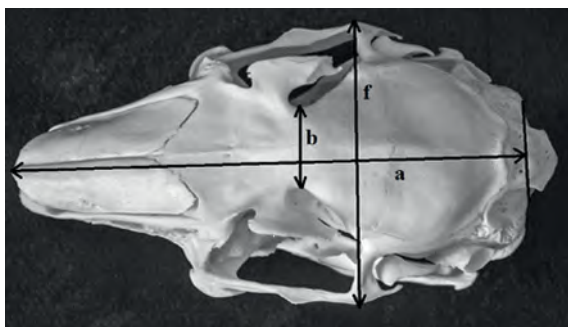


Рис. 3. Схема снятия промеров краниологических признаков зайца: а — длина верхней диастемы; б — ширина мозговой капсулы. Рис. М.К. Чугреева

Fig. 3. A scheme for measuring craniometric features of a hare: a — length of the upper diastema; b — width of the brain capsule. Picture by M.K. Chugreev



Для снятия промеров применялся электронный штангенциркуль «Зубр 34465-150» (Россия) с точностью до 0,01 мм.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для детального изучения биологии вида особое значение имеет выявление особенностей изменчивости его морфологических признаков^{12, 13}.

Были изучены некоторые морфологические, в том числе краниологические, признаки зайца-беляка из тверской и костромской популяционных группировок и их изменчивость (рис. 4, табл. 1, 2).

Рис. 4. Зайцы в вольере питомника весной. Московская обл. Фото И.С. Ткачевой

Fig. 4. Hares in the nursery aviary in spring. Moscow region. Photo by I.S. Tkacheva



Таблица 1. Средние значения и изменчивость морфологических признаков зайца-беляка тверской группировки
Table 1. The average values and morphological features variability of the Tver white hare group

Показатели	Самцы, n = 26			Самки, n = 21		
	lim	$M \pm m$	C_v , %	lim	$M \pm m$	C_v , %
Масса тела, кг	2,76–4,52	3,84 ± 0,07	7,80	2,83–4,58	4,11 ± 0,09	8,30
Длина тела, мм	475,00–604,00	541,10 ± 5,20*	4,10	483,00–629,00	558,60 ± 6,11*	4,20
Длина хвоста, мм	52,00–67,00	60,70 ± 2,12*	4,00	54,00–73,00	61,20 ± 2,74*	4,00
Длина уха, мм	85,00–96,00	89,30 ± 2,17*	4,90	83,00–99,000	90,00 ± 2,82*	5,10
Длина ступни задней лапы, мм	143,00–175,00	171,30 ± 0,43**	4,10	147,00–174,00	162,20 ± 0,55**	4,20
Краниологические признаки						
Общая длина черепа, мм	96,00–102,00	98,40 ± 0,12	4,00	95,00–98,00	96,80 ± 0,17	4,40
Кондилобазальная длина черепа, мм	84,00–92,00	88,10 ± 0,11*	4,60	83,00–93,00	88,70 ± 0,19*	5,20
Скуловая ширина, мм	47,00–51,00	49,90 ± 0,31	4,30	46,00–50,00	49,60 ± 0,27	4,70
Ширина черепа, мм	36,00–39,00	37,90 ± 0,22**	4,00	35,00–40,00	37,80 ± 0,26*	4,10
Межглазничная ширина, мм	13,00–17,00	15,10 ± 0,10	4,70	13,00–16,00	15,30 ± 0,15	5,40
Ширина между верхними коренными зубами, мм	26,00–31,00	28,10 ± 0,16	3,80	25,00–30,00	28,20 ± 0,18	4,30
Длина верхней диастемы, мм	24,00–29,00	26,80 ± 0,18	3,20	24,00–28,00	26,90 ± 0,22	3,50
Длина твердого нёба, мм	34,00–40,00	37,20 ± 0,36	5,10	35,00–39,00	37,30 ± 0,43	5,30
Длина мозговой камеры, мм	38,00–45,00	41,80 ± 0,42	6,00	37,00–44,00	41,80 ± 0,57	6,20

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ — достоверность разности между значениями одноименных показателей самцов тверской и костромской группировок, самок тверской и костромской группировок.

¹² Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета. 2002; 308.

¹³ Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. Сумы: Университетская книга. 2009; 265.

Таблица 2. Средние значения и изменчивость морфологических признаков зайца-беляка костромской группировки
Table 2. The average values and morphological characteristics variability of the Kostroma white hare group

Показатели	Самцы, n = 23			Самки, n = 20		
	<i>lim</i>	$M \pm m$	<i>Cv</i> , %	<i>lim</i>	$M \pm m$	<i>Cv</i> , %
Масса тела, кг	2,50–4,61	3,75 $\pm$ 0,13	12,30	2,68–5,28	3,81 $\pm$ 0,10	14,10
Длина тела, мм	455,00–654,00	532,40 $\pm$ 6,25*	11,60	457,00–653,00	543,60 $\pm$ 6,81*	13,80
Длина хвоста, мм	49,00–71,00	58,90 $\pm$ 3,18*	6,50	48,00–73,00	59,60 $\pm$ 3,45*	7,20
Длина уха, мм	81,00–99,00	87,70 $\pm$ 2,94*	6,70	80,00–105,00	88,50 $\pm$ 3,22*	6,90
Длина ступни задней лапы, мм	130,00–185,00	161,20 $\pm$ 0,51**	5,80	128,00–191,00	154,80 $\pm$ 0,67**	6,30
Краниологические признаки						
Общая длина черепа, мм	93,00–104,00	97,20 $\pm$ 0,19	4,30	92,00–105,00	96,60 $\pm$ 0,20	4,80
Кондилобазальная длина черепа, мм	81,00–95,00	86,30 $\pm$ 0,15*	5,60	80,00–94,00	86,50 $\pm$ 0,18*	5,70
Скуловая ширина, мм	46,00–53,00	49,50 $\pm$ 0,26	4,60	46,00–51,00	48,80 $\pm$ 0,26	4,90
Ширина черепа, мм	34,00–40,00	36,70 $\pm$ 0,25**	4,70	35,00–42,00	36,90 $\pm$ 0,27*	5,30
Межглазничная ширина, мм	13,00–18,00	15,00 $\pm$ 0,14	5,00	13,00–17,00	15,10 $\pm$ 0,19	5,70
Ширина между верхними коренными зубами, мм	26,00–32,00	28,00 $\pm$ 0,18	4,80	25,00–32,00	28,20 $\pm$ 0,21	5,10
Длина верхней диастемы, мм	24,00–29,00	26,20 $\pm$ 0,23	4,50	23,00–29,00	26,00 $\pm$ 0,28	4,80
Длина твердого нёба, мм	33,00–42,00	37,00 $\pm$ 0,33	5,60	33,00–42,00	37,50 $\pm$ 0,36	5,70
Длина мозговой камеры, мм	37,00–45,00	40,70 $\pm$ 0,45	6,60	35,00–46,00	41,20 $\pm$ 0,49	6,90

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ — достоверность разности между значениями одноименных показателей самцов тверской и костромской группировок, самок тверской и костромской группировок.

Показателями изменчивости в данных исследованиях служили лимиты (*lim*) и коэффициент вариации (*Cv*).

Данные таблиц 1, 2 показывают, что среднее значение массы тела самцов тверской группировки составило 3,84 кг, костромской группировки — на 2,3% меньше (3,75 кг), самок тверской группировки — 4,11 кг (рис. 5), костромской группировки — на 7,3% меньше (3,81 кг).

Среднее значение длины тела самцов тверской группировки составило 541,1 мм, костромской группировки — на 1,6% меньше (532,4 мм), самок тверской группировки — 558,6 мм, костромской группировки — на 2,7% меньше (543,6 мм), среднее значение длины хвоста самцов тверской группировки составило 60,7 мм, костромской группировки — на 3,0% меньше (58,9 мм), самок тверской группировки — 61,2 мм, костромской группировки — на 2,6% меньше (59,6 мм), среднее значение длины уха самцов тверской группировки составило 89,3 мм, костромской группировки — на 1,8% меньше (87,7 мм), самок тверской группировки — 90,0 мм, костромской группировки — на 1,7% меньше (88,5 мм), среднее значение длины ступни задней лапы самцов тверской группировки составило 171,3 мм, костромской группировки — на 5,9% меньше (161,2 мм), самок тверской группировки — 162,2 мм, костромской группировки — на 4,6% меньше (154,8 мм), среднее значение общей длины черепа самцов тверской группировки составило 98,4 мм, костромской группировки — на 1,2% меньше (97,2 мм), самок тверской группировки — 96,8 мм, костромской группировки — на 0,2% меньше (96,6 мм), среднее значение кондилобазальной длины черепа самцов тверской группировки составило 88,1 мм, костромской группировки — на 2,0% меньше (86,3 мм), самок тверской группировки — 88,7 мм, костромской группировки — на 2,5% меньше (86,5 мм), среднее значение скуловой

ширины черепа самцов тверской группировки составило 49,9 мм, костромской группировки — на 0,8% меньше (49,5 мм), самок тверской группировки — 49,6 мм, костромской группировки — на 1,6% меньше (48,8 мм), среднее значение ширины черепа самцов тверской группировки составило 37,9 мм, костромской группировки — на 3,2% меньше (36,7 мм), самок тверской группировки — 37,8 мм, костромской группировки — на 2,4% меньше (36,9 мм), среднее значение межглазничной ширины самцов тверской группировки составило 15,1 мм, костромской группировки — на 0,7% меньше (15,0 мм), самок тверской группировки — 15,3 мм, костромской группировки — на 1,3% меньше (15,1 мм), среднее значение ширины между верхними коренными зубами самцов тверской группировки составило 28,1 мм, костромской группировки — на 0,4% меньше (28,0 мм), самок тверской группировки — 28,2 мм, костромской группировки — 28,2 мм, среднее значение длины верхней диастемы самцов тверской группировки составило 26,8 мм, костромской группировки — на 2,2% меньше (26,2 мм), самок тверской группировки — 26,9 мм, костромской группировки — на

Рис. 5. Самка с зайчатами в вольере питомника. Московская обл. Фото И.С. Ткачевой

Fig. 5. A female with the young hares in the nursery aviary. Moscow region. Photo by I.S. Tkacheva



3,3% меньше (26,0 мм), среднее значение длины твердого нёба самцов тверской группировки составило 37,2 мм, костромской группировки — на 0,5% меньше (37,0 мм), самок тверской группировки — 37,3 мм, костромской группировки — на 0,5% больше (37,5 мм), среднее значение длины мозговой камеры самцов тверской группировки составило 41,8 мм, костромской группировки — на 2,6% меньше (40,7 мм), самок тверской группировки — 41,8 мм, костромской группировки — на 1,4% меньше (41,2 мм).

Результаты исследований, проведенных на новозеландских и голландских кроликах, показали, что существуют межполовые морфологические и краниометрические различия [16].

Данные таблиц 1, 2 показывают, что морфологические признаки характеризуются следующей изменчивостью: значение коэффициента вариации (C_v) показателя массы тела в тверской группировке зайца-беляка — 7,8% у самцов и 8,3% у самок, длины тела — 4,1% у самцов и 4,2% у самок, длины хвоста — 4,0% у самцов и 4,0% у самок, длины уха — 4,9% у самцов и 5,1% у самок, длины ступни задней лапы — 4,1% у самцов и 4,2% у самок.

Краниологические признаки характеризуются следующей изменчивостью: значение коэффициента вариации показателя общей длины черепа — 4,0% у самцов и 4,4% у самок, кондильо-базальной длины черепа — 4,6% у самцов и 5,2% у самок, скуловой ширины — 4,0% у самцов и 4,1% у самок, ширины черепа — 4,0% у самцов и 4,1% у самок, межглазничной ширины — 4,7% у самцов и 5,4% у самок, ширины между верхними коренными зубами — 3,8% у самцов и 4,3% у самок, длины верхней диастемы — 3,2% у самцов и 3,5% у самок, длины твердого нёба — 5,1% у самцов и 5,3%

у самок, длины мозговой камеры — 6,0% у самцов и 6,2% у самок.

Анализ краниометрических данных новозеландских кроликов 3D-сканера показал, что между полами имелась разница на уровне $p < 0,05$ по наибольшей длине наружного слухового прохода, ширине черепа и высоте большого отверстия и данным черепного индекса, а также на уровне $p < 0,001$ по параметру наибольшей ширины носа. В краниометрических показателях, снятых посредством цифрового штангенциркуля, были установлены статистические различия между полами по параметрам длины лба, а также по значениям краниального индекса ($p < 0,05$) [17].

Значение коэффициента вариации (C_v) показателя массы тела в костромской группировке зайца-беляка составило 12,3% у самцов и 14,1% у самок, длины тела — 11,6% у самцов и 13,8% у самок, длины хвоста — 6,5% у самцов и 7,2% у самок, длины уха — 6,7% у самцов и 6,9% у самок, длины ступни задней лапы — 5,8% у самцов и 6,3% у самок.

Краниологические признаки характеризуются следующей изменчивостью: значение коэффициента вариации показателя общей длины черепа составило 4,3% у самцов и 4,8% у самок, кондильо-базальной длины черепа — 5,6% у самцов и 5,7% у самок, скуловой ширины — 4,6% у самцов и 4,9% у самок, ширины черепа — 4,7% у самцов и 5,3% у самок, межглазничной ширины — 5,0% у самцов и 5,7% у самок, ширины между верхними коренными зубами — 4,8% у самцов и 5,1% у самок, длины верхней диастемы — 4,5% у самцов и 4,8% у самок, длины твердого нёба — 5,6% у самцов и 5,7% у самок, длины мозговой камеры — 6,6% у самцов и 6,9% у самок.

Таблица 3. Размах вариации (R) значений морфологических и краниологических признаков

Table 3. A variation range (R) of morphological and craniometric features

Показатели	Тверская группировка				Костромская группировка			
	самцы		самки		самцы		самки	
	lim	R	lim	R	lim	R	lim	R
Масса тела, кг	2,76–4,52	1,76	2,83–4,58	1,75	2,50–4,61	2,11	2,68–5,28	2,60
Длина тела, мм	475,00–604,00	129,00	483,00–629,00	146,00	455,00–654,00	199,00	457,00–653,00	196,00
Длина хвоста, мм	52,00–67,00	15,00	54,00–73,00	19,00	49,00–71,00	22,00	48,00–73,00	25,00
Длина уха, мм	85,00–96,00	11,00	83,00–99,00	16,00	81,00–99,00	18,00	80,00–105,00	25,00
Длина ступни задней лапы, мм	143,00–175,00	32,00	147,00–174,00	27,00	130,00–185,00	55,00	128,00–191,00	63,00
Краниологические признаки								
Общая длина черепа, мм	96,00–102,00	6,00	95,00–98,00	3,00	93,00–104,00	11,00	92,00–105,00	13,00
Кондильо-базальная длина черепа, мм	84,00–92,00	8,00	83,00–93,00	10,00	81,00–95,00	14,00	80,00–94,00	14,00
Скуловая ширина, мм	47,00–51,00	4,00	46,00–50,00	4,00	46,00–53,00	7,00	46,00–51,00	5,00
Ширина черепа, мм	36,00–39,00	3,00	35,00–40,00	5,00	34,00–40,00	6,00	35,00–42,00	7,00
Межглазничная ширина, мм	13,00–17,00	4,00	13,00–16,00	3,00	13,00–18,00	5,00	13,00–17,00	4,00
Ширина между верхними коренными зубами, мм	26,00–31,00	5,00	25,00–30,00	5,00	26,00–32,00	6,00	25,00–32,00	7,00
Длина верхней диастемы, мм	24,00–29,00	5,00	24,00–28,00	4,00	24,00–29,00	5,00	23,00–29,00	6,00
Длина твердого нёба, мм	34,00–40,00	6,00	35,00–39,00	4,00	33,00–42,00	9,00	33,00–42,00	9,00
Длина мозговой камеры, мм	38,00–45,00	7,00	37,00–44,00	7,00	37,00–45,00	8,00	35,00–46,00	11,00

¹⁴ Волкова П.А., Шипунов А.Б. Статистическая обработка данных в научно-исследовательских работах / П.А. Волкова, А.Б. Шипунов. М.: Экспресс. 2008; 60.

Индивидуальная внутривидовая изменчивость промеров черепа относительно невысокая при колебаниях коэффициента вариации у разных пород кроликов от 4,01 до 6,57% [15].

О степени изменчивости признаков в выборке можно судить, кроме коэффициента вариации (C_v), по размаху значений изучаемых показателей, который определяется лимитами ($min-max$). Размах значений (R) указывает границы, в рамках которых изменяется величина признака у особей в изучаемой совокупности. В рядах распределения размах вариации определяют как разницу между верхней и нижней границами или как разницу между серединами интервалов¹⁴.

В настоящих исследованиях размах вариации определялся как разность между минимальным и максимальным значениями показателя (табл. 3).

Из данных таблицы 3 видно, что размах вариации (R) значений массы тела зайцев-беляков тверской группировки у самцов составил 1,76 кг, у самок — 1,75 кг, в костромской группировке — больше (у самцов — 2,11 кг, у самок — 2,60 кг), длины тела в тверской группировке: у самцов — 129 мм, у самок — 126 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 199 мм, у самок — 196 мм), длины хвоста в тверской группировке: у самцов — 15 мм, у самок — 19 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 22 мм, у самок — 25 мм), длины уха в тверской группировке: у самцов — 11 мм, у самок — 16 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 18 мм, у самок — 25 мм), длины ступни задней лапы в тверской группировке: у самцов — 32 мм, у самок — 27 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 55 мм, у самок — 63 мм).

Из краниологических признаков размах вариации (R) значений общей длины черепа составил в тверской группировке: у самцов — 6 мм, у самок — 3 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 11 мм, у самок — 13 мм), кондильно-базальной длины черепа в тверской группировке: у самцов — 8 мм, у самок — 10 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 14 мм, у самок — 14 мм), скуловой ширины в тверской группировке: у самцов — 4 мм, у самок — 4 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 7 мм, у самок — 5 мм), ширины черепа в тверской группировке: у самцов — 3 мм, у самок — 5 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 6 мм, у самок — 7 мм), межглазничной ширины в тверской группировке: у самцов — 4 мм, у самок — 3 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 5 мм, у самок — 4 мм), ширины между верхними коренными зубами в тверской группировке: у самцов — 5 мм, у самок — 5 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 6 мм, у самок — 7 мм), длины верхней диастемы в тверской группировке: у самцов — 5 мм, у самок — 4 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 5 мм, у самок — 6 мм), длины твердого нёба в тверской группировке: у самцов — 6 мм,

у самок — 4 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 9 мм, у самок — 9 мм), длины мозговой камеры в тверской группировке: у самцов — 7 мм, у самок — 7 мм, в костромской группировке — больше (у самцов — 8 мм, у самок — 11 мм).

Проведенные исследования при отлове зайцарусака на территории Республики Хакасия, Богородского района, в окрестностях с. Пушное показали, что краниометрические признаки сильно варьировали. Наименьший размах вариации был у данных по длине мозгового отдела до срединного шва (12,1 мм), наибольший размах вариации — у признака длины верхней диастемы (1,1 мм).

Полученные в ходе исследования данные говорят о том, что исследуемые особи сильно отличаются между собой по размеру черепа. Учитывая приблизительно одинаковый возраст зайцев, можно сказать, что размеры и параметры черепа при исследовании являлись результатом онтогенетического развития конкретных особей [18].

В результате сравнения изменчивости краниометрических параметров маньчжурского зайца и зайца-беляка выявлено, что часть анализируемых особей маньчжурского зайца имеют краниометрические параметры, схожие с черепными параметрами зайца-беляка, что является следствием гибридизации между этими видами.

Обнаружены достоверные отличия выборки северо-западного Приморья. Для особей этой популяции характерно наличие крупного черепа, относительно узкого и с вытянутой передней частью. Вероятно, на изменчивость выборки северо-западного Приморья сказывается возможная гибридизация маньчжурского зайца с другими видами зайцев, ареалы которых примыкают к ареалу маньчжурского зайца [19].

Выводы/Conclusions

Результаты сравнительного анализа экстерьерных признаков зайца-беляка показали, что в изучаемых выборках особи (и самцы, и самки) тверской группировки были крупнее, чем особи костромской. Масса тела самцов тверской группировки составила 3,84 кг, костромской группировки — на 2,3% меньше (3,75 кг), самок тверской группировки — 4,11 кг, костромской группировки — на 7,3% меньше (3,81 кг), длина тела самцов тверской группировки — 541,1 мм, костромской группировки — на 1,6% меньше (532,4 мм), самок тверской группировки — 558,6 мм, костромской группировки — на 2,7% меньше (543,6 мм). Такая же тенденция прослеживалась и по другим изученным экстерьерным признакам.

Изменчивость морфологических признаков зайца-беляка оказалась выше у особей костромской группировки. Коэффициент вариации (C_v) показателя массы тела в тверской группировке составил: у самцов — 7,8%, у самок — 8,3%, в костромской группировке — 12,3% у самцов и 14,1%

у самок, изменчивость показателя длины тела в тверской группировке — 4,1% у самцов и 4,2% у самок, в костромской группировке — 11,6% у самцов и 13,8% у самок. По другим изученным экстерьерным признакам прослеживалась такая же тенденция.

Изменчивость краниологических признаков была выше у особей костромской группировки. Значение коэффициента вариации (C_v) показателя общей длины черепа у особей тверской группировки: у самцов — 4,0%, у самок — 4,4%, в костромской группировке — 4,3% у самцов и 4,8% у самок, кондиллобазальной длины черепа в тверской группировке — 4,6% у самцов и 5,2% у самок,

в костромской группировке — 5,6% у самцов и 5,7% у самок. По другим изученным краниологическим признакам прослеживалась такая же тенденция.

Размах вариации (R) значений всех морфологических и краниологических признаков изученных выборок зайцев-беляков костромской группировки превосходил значения таковых признаков зайцев-беляков тверской группировки.

Полученные в ходе исследований результаты могут быть использованы для разработки стандарта популяции или группировки, для разработки новых усовершенствованных форм ведения кадастра вида (*Lepus timidus* L.), для оценки стабильности или расшатанности генома.

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 в рамках государственного задания № 1023030200006-7-1.6.20-1.6.20.

FUNDING

The study was carried out as part of a government assignment № 1023030200006-7-1.6.20-1.6.20.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Cukor J., Riegert J., Krivopalova A., Vacek Z., Šálek M. The low survival rate of European hare leverets in arable farmland: evidence from the predation experiment. *PeerJ*. 2024; 12: e17235. <https://doi.org/10.7717/peerj.17235>
2. Ševčík R., Krivopalova A., Cukor J. Přímý vliv struktury zemědělské krajiny na výměru domovských okrsků zajíce polního: předběžné výsledky z České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2023; 68(3): 159–167. <https://doi.org/10.59269/zlv/2023/3/701>
3. Levänen R., Kunasranta M., Pohjoismäki J.L. Mitochondrial DNA Introgression at the Northern Edge of the Brown Hare (*Lepus europaeus*) Range. *Annales Zoologici Fennici*. 2018; 55(1–3): 15–24. <https://doi.org/10.5735/086.055.0103>
4. Ткачёва И.С., Чугреев М.К. Состояние ресурсов зайца-беляка (*Lepus timidus* L.) на территории Тверской области. Вестник АПК Верхневолжья. 2023; (2): 20–24. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2023.62.2.003>
5. Корнев С.И., Нагорнов А.А. Сведения о биологии зайца-беляка *Lepus timidus* L. на Камчатке в сезон 2021/22 г. Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Материалы XXIII Международной научной конференции, посвященной 130-летию со дня рождения одного из первых камчатских ученых-натуралистов, краеведа и педагога П.Т. Новограбленова. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2022; 46–48. https://doi.org/10.53657/9785961004229_46
6. Schmitt M.W., Prindle M.J., Loeb L.A. Implications of genetic heterogeneity in cancer. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2012; 1267(1): 110–116. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06590.x>
7. Ахмудинов Е.А., Кизаев М.А., Титов М.Г., Бабичева И.А. Влияние различных стресс-факторов на организм сельскохозяйственных животных (обзор). *Животноводство и кормопроизводство*. 2018; 101(2): 79–89. <https://www.elibrary.ru/xzckot>
8. Massányi P., Slamečka J., Lukáč N., Jurčík R. Seasonal variations in the morphometric analysis of the ovary and uterus and in progesterone and 17 β -oestradiol production in the brown hare (*Lepus europaeus*). *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2000; 9(4): 697–708. <https://doi.org/10.22358/jafs/68120/2000>
9. Krivopalova A., Mikula P., Cukor J., Ševčík R., Brynychová K., Šálek M. Adaptation of farmland mammalian specialist to urban life: Escape behavior of European hare along the urban-rural gradient. *Science of The Total Environment*. 2024; 951: 175779. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175779>
10. Pohjoismäki J.L.O., Michell C., Levänen R., Smith S. Hybridization with mountain hares increases the functional allelic repertoire in brown hares. *Scientific Reports*. 2021; 11: 15771. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95357-0>

REFERENCES

1. Cukor J., Riegert J., Krivopalova A., Vacek Z., Šálek M. The low survival rate of European hare leverets in arable farmland: evidence from the predation experiment. *PeerJ*. 2024; 12: e17235. <https://doi.org/10.7717/peerj.17235>
2. Ševčík R., Krivopalova A., Cukor J. Direct effect of farmland structure on european hare home range size: preliminary results from the Czech Republic. *Reports of Forestry Research*. 2023; 68(3): 159–167 (in Czech). <https://doi.org/10.59269/zlv/2023/3/701>
3. Levänen R., Kunasranta M., Pohjoismäki J.L. Mitochondrial DNA Introgression at the Northern Edge of the Brown Hare (*Lepus europaeus*) Range. *Annales Zoologici Fennici*. 2018; 55(1–3): 15–24. <https://doi.org/10.5735/086.055.0103>
4. Tkacheva I.S., Chugreev M.K. The state of resources of the alpine hare (*Lepus timidus* L.) in the territory of the Tver region. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2023; (2): 20–24 (in Russian). <https://doi.org/10.35694/YARCX.2023.62.2.003>
5. Kornev S.I., Nagornov A.A. Data on the biology of the white hare *Lepus timidus* L. in Kamchatka in the 2021/22. *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters. Materials of the XXIII International scientific conference, dedicated to the 130th anniversary of one from the first Kamchatka's scientist-naturalists, local historian and teacher P.T. Novograblenov's birthday*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. 2022; 46–48 (in Russian). https://doi.org/10.53657/9785961004229_46
6. Schmitt M.W., Prindle M.J., Loeb L.A. Implications of genetic heterogeneity in cancer. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2012; 1267(1): 110–116. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06590.x>
7. Azhmuldinov E.A., Kizaev M.A., Titov M.G., Babicheva I.A. Influence of various stress factors on the organism of farm animals (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018; 101(2): 79–89 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xzckot>
8. Massányi P., Slamečka J., Lukáč N., Jurčík R. Seasonal variations in the morphometric analysis of the ovary and uterus and in progesterone and 17 β -oestradiol production in the brown hare (*Lepus europaeus*). *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2000; 9(4): 697–708. <https://doi.org/10.22358/jafs/68120/2000>
9. Krivopalova A., Mikula P., Cukor J., Ševčík R., Brynychová K., Šálek M. Adaptation of farmland mammalian specialist to urban life: Escape behavior of European hare along the urban-rural gradient. *Science of The Total Environment*. 2024; 951: 175779. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175779>
10. Pohjoismäki J.L.O., Michell C., Levänen R., Smith S. Hybridization with mountain hares increases the functional allelic repertoire in brown hares. *Scientific Reports*. 2021; 11: 15771. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95357-0>

11. Pintur K., Dančević N., Štedul I., Popović N., Slijepčević V. Craniometric features of European hare (*Lepus europaeus* Pall.) from North-west Croatia and the island of Vir. *Veterinarski Arhiv*. 2014; 84(4): 387–400.
12. Шевелёва О.М., Бахарева А.А., Терещенко И.Я. Экстерьерные особенности крупного рогатого скота мясных пород в условиях Северного Зауралья. *Животноводство и кормопроизводство*. 2023; 106(3): 35–45. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-35>
13. Шевелёва О.М., Бахарева А.А., Терещенко И.Я. Экстерьерные особенности крупного рогатого скота абердин-ангусской породы в условиях Северного Зауралья. *Животноводство и кормопроизводство*. 2024; 107(2): 38–48. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-38>
14. Мансурова М.С., Остякова М.Е. Динамика живой массы и высоты в крестце скота австралийской селекции в условиях Амурской области. *Животноводство и кормопроизводство*. 2020; 103(3): 81–90. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-81>
15. Балакирев Н.А., Нигматуллин Р.М., Сушенцова М.А. Краниологические особенности кроликов разных пород. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2017; (7): 38–41. <https://www.elibrary.ru/zevnkl>
16. Rizwan M., Ahmad R.M., Khan A.M., Khalid M., Wajid M. Craniometric Analysis of European Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) Breeds to Trace out Intraspecific and Inter Gender Morphometric Variations. *Journal of Bioresource Management*. 2021; 8(3): 41–56. <https://doi.org/10.35691/JBM.1202.0194>
17. Koçyiğit A., Demircioğlu İ. Comparison of craniometric measurements of New Zealand rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) using three-dimensional scanner with digital calliper measurements: A methodological study. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2024; 53(2): e13023. <https://doi.org/10.1111/ah.13023>
18. Ерыкова Ю.Н. Оценка краниометрических показателей зайца-русака (*Lepus europaeus*). *Постулат*. 2019; (1): 141. <https://www.elibrary.ru/zahlfj>
19. Николаев И.Г., Шереметьев И.С., Шереметьева И.Н. Изменчивость краниометрических параметров *Lepus mandshuricus* Radde, 1861 на юге Дальнего Востока. *Вестник ИРГСХА*. 2017; 82: 152–157. <https://www.elibrary.ru/zsmehn>
11. Pintur K., Dančević N., Štedul I., Popović N., Slijepčević V. Craniometric features of European hare (*Lepus europaeus* Pall.) from North-west Croatia and the island of Vir. *Veterinarski Arhiv*. 2014; 84(4): 387–400.
12. Sheveleva O.M., Bakharev A.A., Tereshchenko I.Ya. Exterior features of beef cattle in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023; 106(3): 35–45 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-35>
13. Sheveleva O.M., Bakharev A.A., Tereshchenko I.Ya. Exterior features of the Angus cattle in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107(2): 38–48 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-38>
14. Mansurova M.S., Ostyakova M.E. Dynamics of live weight and height at hips of cattle of Australian breeding in the Amur region. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020; 103(3): 81–90 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-81>
15. Balakirev N.A., Nigmatullin R.M., Sushentsova M.A. Craniological peculiarities of different breeds of rabbits. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2017; (7): 38–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zevnkl>
16. Rizwan M., Ahmad R.M., Khan A.M., Khalid M., Wajid M. Craniometric Analysis of European Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) Breeds to Trace out Intraspecific and Inter Gender Morphometric Variations. *Journal of Bioresource Management*. 2021; 8(3): 41–56. <https://doi.org/10.35691/JBM.1202.0194>
17. Koçyiğit A., Demircioğlu İ. Comparison of craniometric measurements of New Zealand rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) using three-dimensional scanner with digital calliper measurements: A methodological study. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2024; 53(2): e13023. <https://doi.org/10.1111/ah.13023>
18. Erlykova Yu.N. Evaluation of craniometric indicators of hare (*Lepus europaeus*). *Postulat*. 2019; (1): 141 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zahlfj>
19. Nikolaev I.G., Sheremetyev I.S., Sheremetyeva I.N. Variability of the craniometric parameters of the *Lepus mandshuricus* Radde, 1861 in the south of the Far East. *Vestnik IrGSCA*. 2017; 82: 152–157 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zsmehn>

ОБ АВТОРАХ

Ирина Сергеевна Ткачева

кандидат биологических наук, отдел научных исследований в сфере охотничьего хозяйства
 ohotkontr-tis@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7988-7112>

Марина Александровна Сенченко

кандидат сельскохозяйственных наук,
 доцент отдела мониторинга и опытных работ
 в охотничьем хозяйстве
 senchenko@yarcx.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1659-3037>

Михаил Константинович Чугреев

доктор биологических наук, доцент отдела научных исследований в сфере охотничьего хозяйства
 chugreev_mk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5876-8715>

Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства,
 ул. Вольная, 13, Москва, 105118, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Irina Sergeevna Tkacheva

Candidate of Biological Sciences, Department of Scientific Research in the field of hunting
 ohotkontr-tis@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7988-7112>

Marina Alexandrovna Senchenko

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Monitoring and Experimental Work in the Hunting Industry
 senchenko@yarcx.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1659-3037>

Mikhail Konstantinovich Chugreev

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Scientific Research in the Field of Hunting
 chugreev_mk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5876-8715>

Federal Scientific Research Center
 for the Development of the Hunting Industry,
 13 Volnaya Str., Moscow, 105118, Russia

УДК 637.4:664.44

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-63-68

В.С. Тюменцева ✉

П.А. Попов

В.С. Бабунова

Е.П. Савинова

И.С. Осипова

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, Москва, Россия

✉ 89296712838v@gmail.com

Поступила в редакцию: 01.03.2025

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Тюменцева В.С., Попов П.А., Бабунова В.С., Савинова Е.П., Осипова И.С.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-63-68

Valeria S. Tyumentseva ✉

Peter A. Popov

Veronika S. Babunova

Ekaterina P. Savinova

Irina S. Osipova

The All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology is a Branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV" Moscow, Russia

✉ 89296712838v@gmail.com

Received by the editorial office: 01.03.2025

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Tyumentseva V.S., Popov P.A., Babunova V.S., Savinova E.P., Osipova I.S.

Бактериальная обсемененность товарного куриного яйца

РЕЗЮМЕ

В статье приведены данные по определению общей бактериальной обсемененности, наличию бактерий рода сальмонелл, бактерий группы кишечной палочки (БГКП) и других видов с поверхности товарных куриных яиц. Всего были исследованы 59 образцов от различных производителей. Были идентифицированы 32 вида бактерий. Полученные результаты свидетельствуют о значительной бактериальной контаминации поверхности куриных яиц, что подчеркивает необходимость строгого соблюдения санитарных норм и правил на всех этапах производства и реализации данной продукции. Выявление широкого спектра микроорганизмов, включая потенциально опасные для здоровья человека, указывает на потенциальный риск пищевых отравлений и инфекционных заболеваний, связанных с употреблением яиц. Идентификация сальмонелл в исследованных образцах вызывает особую обеспокоенность, поскольку эти бактерии являются хорошо известными возбудителями сальмонеллеза — острого кишечного заболевания, характеризующегося высокой заболеваемостью и потенциально тяжелым течением. Наличие БГКП свидетельствует о фекальном загрязнении и несоблюдении гигиенических требований. В числе обнаруженных видов (*E. coli*, *Bacillus cereus*, *S. aureus*), которые могут стать источником пищевого отравления потребителя. Общее микробное число во всех исследованных образцах варьируется от $1,1 \times 10^2$ до $1,2 \times 10^7$ КОЕ/мл. У нескольких образцов ОМЧ с поверхности яиц было более 10^6 КОЕ/мл, что говорит о нарушении санитарных норм при сборе, хранении или транспортировке яиц.

Ключевые слова: товарное яйцо, яйцо кур, микрофлора поверхности яйца, *Salmonella*, БГКП, общая бактериальная обсемененность, общее микробное число

Для цитирования: Тюменцева В.С., Попов П.А., Бабунова В.С., Савинова Е.П., Осипова И.С. Бактериальная обсемененность товарного куриного яйца. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 63–68.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-63-68>

Bacterial contamination of commercial chicken eggs

ABSTRACT

The article provides data on the determination of the total bacterial contamination, the presence of bacteria of the genus *Salmonella*, bacteria of the *E. coli* group (*Escherichia coli*) and other species from the surface of commercial chicken eggs. A total of 59 samples from various manufacturers were examined. 32 bacterial species have been identified. The results obtained indicate significant bacterial contamination of the surface of chicken eggs, which underlines the need for strict compliance with sanitary standards and regulations at all stages of production and sale of these products. The identification of a wide range of microorganisms, including those potentially dangerous to human health, indicates a potential risk of food poisoning and infectious diseases associated with the consumption of eggs. The identification of salmonella in the studied samples is of particular concern, since these bacteria are well-known causative agents of salmonellosis, an acute intestinal disease characterized by a high incidence and potentially severe course. The presence of BGCP indicates fecal contamination and non-compliance with hygiene requirements. Among the detected species (*E. coli*, *Bacillus cereus*, *S. aureus*), which can become a source of food poisoning to consumers. The total microbial number in all the samples studied varies from 1.1×10^2 to 1.2×10^7 CFU/ml. Several samples of PMF from the egg surface had more than 10^6 CFU/ml, which indicates a violation of sanitary standards during egg collection, storage or transportation.

Key words: commercial egg, chicken egg, egg surface microflora, *Salmonella*, total bacterial contamination, total microbial number

For citation: Tyumentseva V.S., Popov P.A., Babunova V.S., Savinova E.P., Osipova I.S. Bacterial contamination of commercial chicken eggs. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 63–68 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-63-68>

Введение/Introduction

Куриные яйца, являясь ценным источником белка и других питательных веществ, к сожалению, могут выступать и фактором риска развития бактериальных токсикозов. Микробиологическая загрязненность поверхности яйца зависит от множества факторов — начиная с условий содержания птиц на производственных фабриках и заканчивая санитарными условиями на этапах сбора и упаковки яиц, что может приводить к перекрестному загрязнению. При напольном содержании птицы яйца чаще загрязняются микрофлорой из окружающей среды, особенно при плохом состоянии подстилки и несоблюдении санитарных норм [1, 2].

Заражение яиц патогенными микроорганизмами, такими как *Salmonella spp.*, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, может происходить на различных этапах — от формирования яйца в организме курицы до его хранения и кулинарной обработки. Понимание механизмов заражения, симптомов интоксикации и профилактических мер играет ключевую роль в предотвращении заболеваний, связанных с употреблением зараженных яиц [3, 4].

Наиболее распространенным возбудителем бактериальных токсикозов, ассоциированных с куриными яйцами, является *Salmonella enteritidis*. Инфицирование яиц сальмонеллами может происходить трансвариально, то есть непосредственно в яйцнике курицы, или в результате загрязнения скорлупы фекалиями, содержащими бактерии. После снесения яйца сальмонеллы могут проникать через поры скорлупы внутрь яйца, особенно при неправильном хранении и нарушении температурного режима. Размножение сальмонелл в яйце приводит к накоплению токсинов, вызывающих гастроэнтерит при употреблении зараженного продукта [5, 6].

Staphylococcus aureus, еще один распространенный возбудитель пищевых токсикозов, попадает в яйца преимущественно через руки персонала, оборудование или воздух. Этот микроорганизм может размножаться в яйцах и выделять термостабильные энтеротоксины, которые не разрушаются даже при термической обработке. Употребление продуктов, содержащих эти энтеротоксины, приводит к быстрому развитию симптомов интоксикации.

Анаэробная бактерия *Clostridium perfringens* может быть причиной пищевых токсикозов, хотя и реже, чем *Salmonella* и *Staphylococcus*. Споры *Clostridium perfringens* широко распространены в окружающей среде и могут попадать в яйца через загрязненную почву или воду. Бактерии размножаются в продуктах, особенно при медленном остывании после приготовления, и выделяют токсины, вызывающие диарею и боли в животе.

Попадание этих бактерий в пищу при нарушении условий термической обработки может стать причиной серьезных пищевых отравлений. Клиническая картина бактериальных токсикозов, вызванных употреблением зараженных куриных яиц, обычно характеризуется быстрым началом таких симптомов, как тошнота, рвота, боли в животе, диарея, лихорадка. Тяжесть заболевания варьируется от легких расстройств до тяжелых форм с обезвоживанием и электролитными нарушениями. В редких случаях сальмонеллез может приводить к развитию генерализованной инфекции (сепсиса), особенно у лиц с ослабленным иммунитетом [7, 8].

Стоит отметить, что одним из ключевых этапов, влияющих на уровень микробного загрязнения, является обработка яиц перед их упаковкой. Для этого на птицефабриках применяются различные методы дезинфекции. Например, обработка дезинфицирующими растворами, содержащими гипохлориты и перекись водорода, либо озоном [9–11]. В то же время в СанПиН 2.3/2.4.3590–20¹ отсутствует прямое требование об обработке сырого яйца. Таким образом, к сожалению, в некоторых случаях этот процесс проводится недостаточно тщательно или вовсе отсутствует. Это особенно критично в условиях массового производства, где даже минимальные нарушения санитарных норм могут привести к микробному загрязнению продуктов.

Введение норм к допустимому уровню бактериального загрязнения скорлупы яиц могло бы способствовать улучшению санитарного состояния производства и снижению случаев пищевых отравлений.

Цель данной работы — изучение микрофлоры поверхности товарного яйца.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в лаборатории санитарной микробиологии с января 2024 г. по март 2025 г. Всего были исследованы 59 упаковок по 10 яиц каждая.

Образцы товарного яйца закупали в торговой сети городов и регионов Российской Федерации: Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Республики Мордовия, Белгородской, Воронежской, Пермской, Владимирской, Московской и Ростовской областей. Небольшая часть образцов яиц была куплена на фермерских рынках ($n = 7$, партии по 10 яиц каждая).

Микробиологические исследования проводили согласно инструкции по санитарно-микробиологическому контролю тушек, мяса птицы, птицепродуктов, яиц и яйцепродуктов на птицеводческих и птицеперерабатывающих предприятиях². Определяли такие показатели, как общее

¹ СанПиН 2.3/2.4.3590–20 Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения // Электронный документ. https://sh-celinnaya-oosh-r56.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/32/315/sanpin_2.3.2.4.3590_20.pdf

² Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю тушек, мяса птицы, птицепродуктов, яиц и яйцепродуктов на птицеводческих и птицеперерабатывающих предприятиях. Дата актуализации 01.01.2021. <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293751/4293751517.htm>

микробное число (ОМЧ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), бактерии рода *Salmonella* и наличие сульфитредуцирующих клостридий.

Определение общего микробного числа проводили методом смыва с поверхности яиц. Для этого стерильный тампон смачивали в 9 мл физиологического раствора и обрабатывали поверхность 10 яиц. Затем тампон помещали обратно в пробирку с физиологическим раствором и готовили последовательные 10-кратные разведения. Из каждого разведения по 1 мл инокулировали в стерильные чашки Петри, после чего заливали мясопептонным агаром (МПА). Инкубацию проводили в термостате при 30 °С в течение 48 ч.

Из каждого разведения вносили по 1 мл в пробирку со средой Кесслера и инкубировали в термостате при 37 °С в течение 24 ч. При наличии газообразования и помутнения среды проводили пересев на среду Эндо с последующей инкубацией при 37 °С в течение 24 ч.

Для обнаружения *Salmonella spp.* 1 мл смыва погружали в пробирку с 9 мл забуферной пептонной воды и инкубировали при 37 °С в течение 24 ч. Затем проводили пересев на магниевую среду и повторно инкубировали при 37 °С в течение 24 ч. При наличии видимых изменений среды осуществляли пересев на висмутсульфитный агар и среду Эндо с последующей инкубацией при 37 °С в течение 24–48 ч.

Для выявления сульфитредуцирующих клостридий из подготовленных разведений по 1 мл добавляли в среды Вильсона-Блера и Китта-Тароцци (ПИПВЭ им. М.П. Чумакова РАМН, Россия). Посевы инкубировали в анаэробном состоянии при температуре $37 \pm 0,5$ °С в течение 48 ч.

При росте колоний на питательных средах проводили их микроскопию с окраской по Грамму для оценки морфологических признаков и подтверждения принадлежности к предполагаемым видам³, видовое определение микроорганизмов — на масс-спектрометре Bruker MALDI Biotyper (Bruker, Германия).

Полученные данные обрабатывали с расчетом среднего значения в Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Скорлупа всех яиц была цельной, без трещин. Стоит отметить, что многие товарные яйца в упаковках имели на своей поверхности следы фекалий, перьев и подстилки, что уже говорит о недостаточном контроле при санитарной обработке и выбраковке при выпуске с производства. Примеры представлены на рисунке 1.

Результаты по определению общего микробного числа представлены в таблице 1. Значения общего микробного числа в смывах с поверхности партий товарных яиц варьируют от $1,1 \times 10^2$ до $1,2 \times 10^7$ КОЕ/мл. Статистический

Рис. 1. Примеры товарных яиц из торговой сети с некачественной отбраковкой перед отправкой (наличие перьев, фекалий, следов подстилки). Фото авторов

Fig. 1. Examples of commercial eggs from a retail chain with poor-quality rejection before shipment (presence of feathers, feces, traces of litter). Photo by the authors



анализ данных показал, что среднее значение общего микробного числа (ОМЧ) составило $3,2 \times 10^4$ КОЕ/мл. Распределение ОМЧ по диапазонам выявило, что 33,9% образцов находились в диапазоне 10^4 – 10^5 КОЕ/мл, что соответствует умеренному уровню загрязнения. Однако 32,2% образцов превышали значение 10^5 КОЕ/мл, что может указывать на нарушения санитарных норм. Наименьшее количество образцов укладывается в диапазон 10^2 – 10^3 . Это свидетельствует о хорошем санитарном состоянии отдельных образцов, что может быть результатом соблюдения гигиенических норм.

Фактом анализа микрофлоры стало то, что ни в одном смыве не было обнаружено бактерий рода *Salmonella*. Все представленные виды бактерий, которые были выявлены, представлены на

Таблица 1. Распределение общего микробного числа по диапазонам (n = 59)

Table 1. Distribution of the total microbial number by ranges (n = 59)

Диапазон ОМЧ, КОЕ/мл	Количество образцов	Доля образцов, %
$< 10^3$	5	8,5%
10^3 – 10^4	15	25,4%
10^4 – 10^5	20	33,9%
10^5 – 10^6	10	16,9%
$> 10^6$	9	15,3%

³ Хоулт Дж., Криг Н., Снит П. Определитель бактерий Берджи. Т. 1. Т. 2. М.: Мир. 1997; 800: илл.

диаграмме 1. Всего были определены 32 вида бактерий.

Наиболее часто с поверхности скорлупы выделялись *Enterobacter cloacae*, *E. coli* и *Enterococcus faecium*. Это условно-патогенные микроорганизмы, встречающиеся в кишечнике птиц и человека, указывающие на фекальное загрязнение поверхности.

Микроорганизмы рода *Bacillus* являются спорообразующими бактериями, широко распространенными в почве. Их присутствие на поверхности яиц может произойти через контакт с подстилочным материалом. В то же время *Bacillus cereus* может являться потенциальным патогеном, так как данный микроорганизм способен продуцировать энтеротоксины, которые могут привести к пищевым отравлениям.

С поверхности яиц были выделены и бактерии рода *Pseudomonas*. Данные микроорганизмы распространены в воде и почве, их можно встретить на поверхностях технологического оборудования. Их обнаружение может свидетельствовать о контаминации из водных источников, подстилки или оборудования. *Pseudomonas spp.* известны своей способностью продуцировать внеклеточные ферменты, такие как протеазы и липазы, что приводит к порче пищевых продуктов, включая разложение белков и жиров.

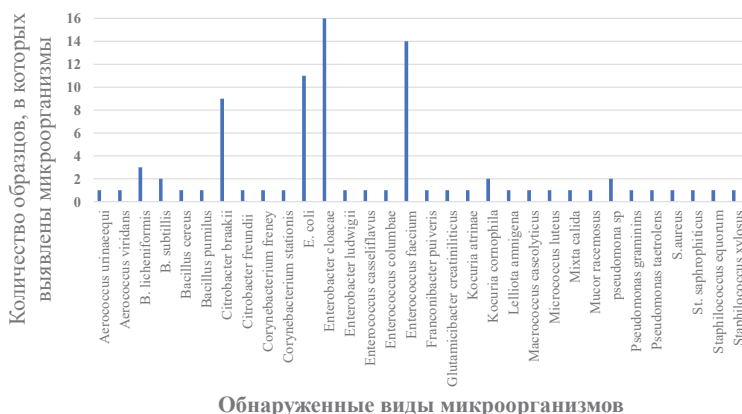
Обнаружение *Kocuria atrinae* и *Kocuria cornophila* указывает на загрязнение из окружающей среды, так как эти микроорганизмы часто встречаются в почве и воде.

Изготовители обязаны обеспечивать безопасность своей продукции таким образом, чтобы она не наносила вреда здоровью потребителей. На птицефабриках необходимо тщательно определять контрольные точки, на которых происходит нарушение и выпускаемое яйцо имеет следы фекальных загрязнений.

Важным условием выпуска яиц высокого качества является совершенствование методов контроля качества [11–14]. На упаковку товарного яйца необходимо добавлять надпись об обязательной обработке куриных яиц перед использованием.

Диаграмма 1. Виды бактерий, выделенные с поверхности скорлупы товарных яиц

Diagram 1. Bacterial species isolated from the shell surface of commercial eggs



Выводы/Conclusions

На поверхности скорлупы могут находиться различные микроорганизмы, в том числе условно-патогенные, такие как *Enterobacter cloacae*, *E. coli*, *Enterococcus faecium*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas spp.* и *Kocuria spp.* Присутствие данных микроорганизмов может указывать на фекальное загрязнение подстилки (места содержания кур). Согласно полученным данным, товарные яйца могут быть источником *E. coli*. Таким образом, обнаруженные микроорганизмы могут представлять потенциальную опасность для здоровья человека, особенно если яйца подвергаются недостаточной термической обработке.

Общее микробное число во всех исследованных образцах варьируется от $1,1 \times 10^2$ до $1,2 \times 10^7$ КОЕ/мл. Показатели ОМЧ более 10^6 могут говорить о нарушении санитарных норм при сборе, хранении или транспортировке яиц. Однако большинство образцов находится в пределах 10^3 – 10^5 КОЕ/мл, что соответствует естественному уровню загрязнения.

Чтобы минимизировать риски, необходимо усилить контроль за санитарным состоянием выпускаемого товарного яйца, а также птичников, подстилки и оборудования, регулярно проводить дезинфекцию яиц.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Тюменцева В.С. — подбор образцов, проведение экспериментов, обработка данных, обработка фотографий, видовая идентификация бактерий, написание статьи. (40%).
Попов П.А. — научно-методическое руководство, определение цели работы, редактирование статьи (15%).
Бабунова В.С. — подбор образцов, проведение испытаний, учет результатов, обзор литературы, написание статьи (25%).
Савинова Е.П. — учет результатов, видовая идентификация бактерий (10%).
Осипова И.С. — подбор образцов, проведение испытаний (10%).
Авторы в равной степени несут ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.
Tyumentseva V.S. — sampling, conducting experiments, data processing, photo processing, species identification of bacteria, writing an article (40%)
Popov P.A. — scientific and methodological guidance, definition of the purpose of the work, editing of the article (15%).
Babunova V.S. — selection of samples, conducting tests, accounting for results, literature review, writing an article (25%).
Savinova E.P. — accounting for the results, species identification of bacteria (10%).
Osipova I.S. — sample selection, testing (10%).
The authors were equally involved responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием по теме FGUG-2025-0002 «Разработать новые и модернизировать существующие методы, средства и технологии обеспечения устойчивого ветеринарно-санитарного благополучия животноводства, качества и безопасности продукции и кормов, охраны окружающей среды от загрязнения отходами животноводства». Регистрационный номер НИОКТР в ЦИТИС 1022041200309-0-4.3.1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бурмистрова О.М., Бурмистров Е.А., Наумова Н.Л. Товарные свойства и качество пищевых куриных яиц. *Аграрный вестник Урала*. 2019; (9): 19–29. <https://www.elibrary.ru/ychjzl>
- Гордынец С.А., Чернявская Л.А., Яхновец Ж.А., Ховзун Т.В. Изучение антимикробного действия моющего и дезинфицирующих средств на микрофлору поверхности скорлупы яиц. *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья*. 2020; 14: 248–257. <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2019-14-248-257>
- Мишина Е.А., Ветрова Е.В. Микрофлора скорлупы куриных яиц, реализуемых в торговых точках г. Донецка. *Донецкие чтения — 2016. Образование, наука и вызовы современности. Материалы I Международной научной конференции*. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2016; 2: 221–224. <https://www.elibrary.ru/ywgdwdg>
- Андреева О.Н. Микробный пейзаж сельскохозяйственной птицы: биологические и технологические аспекты. *Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции*. Орел: Орловский государственный аграрный университет. 2017; 18–21. <https://www.elibrary.ru/yonljl>
- Даровских И.А. Наиболее значимые факторы передачи возбудителя сальмонеллеза в птицеводческой отрасли. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2023; (1): 42–45. <https://www.elibrary.ru/susabl>
- Сергеева Н.С., Тобоев Г.М., Игнатиева Н.Л. Дезинфекция яйца: причины заражения, санитарная обработка яиц, дезинфекция скорлупы. *Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. Материалы II Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2023; 348–349. <https://www.elibrary.ru/xoeiqr>
- Новикова О.Б., Герасимова А.О., Красков Д.А. Сравнительный анализ микрофлоры, выделяемой от сельскохозяйственной птицы разных видов, и контроль бактериальных болезней в птицеводствах. *Вестник Курганской ГСХА*. 2024; (4): 31–40. <https://www.elibrary.ru/hftecy>
- Баева В.В., Подвалова В.В. Пищевое яйцо как источник опасных заболеваний. *Инновации молодых — развитию сельского хозяйства. Материалы 58-й Всероссийской научной студенческой конференции*. Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 1: 186–194. <https://www.elibrary.ru/udkumz>
- Войно Л.И., Храмов М.А., Суворов О.А. Влияние дезинфектантов различного химического состава на снижение микробной контаминации куриных яиц. *Пищевая промышленность*. 2017; (2): 55–57. <https://www.elibrary.ru/ykqubx>
- Попов П.А. Технология применения озона в птицеводческих хозяйствах для обработки яиц. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2011; (1): 48–53. <https://www.elibrary.ru/ocefwh>
- Азарян А.А. Обработка куриных яиц озоном. *Инновационная наука*. 2015; (12–2): 15–17. <https://www.elibrary.ru/vdqvoj>
- Войтенко О.С., Савинова А.А., Тертыченко К.В. Методы санитарно-микробиологического исследования яиц и яйцепродуктов. *Актуальные вопросы науки и практики в инновационном развитии АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Персиановский: Донской государственный аграрный университет. 2020; 2: 11–17. <https://www.elibrary.ru/iztowj>
- Kozak S.S., Zabolotnykh M.V., Baranovich E.S., Salikhov A.A. On the issue of obtaining safe poultry products in veterinary and sanitary terms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness*, WTTA 2021. 2022; 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012042>
- Тимченко Л.Д. и др. Эффективная технология дезинфицирующего озонирования инкубационных куриных яиц. *Аграрная наука*. 2024; 1(10): 51–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61>

FUNDING

The work was carried out in accordance with the State Assignment on the topic FGUG-2025-0002 “To develop new and modernize existing methods, means and technologies for ensuring sustainable veterinary and sanitary welfare of livestock, quality and safety of products and feed, environmental protection from animal waste pollution”. The R&D registration number in CITIS is 1022041200309-0-4.3.1.

REFERENCES

- Burmistrova O.M., Burmistrov E.A., Naumova N.L. Product properties and quality of food chicken eggs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; (9): 19–29 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ychjzl>
- Gordynets S.A., Charniauskaya L.A., Yakhnovets Zh.A., Khovzun T.V. Studying the antimicrobial effect of detergents and disinfectants on the microflora of the egg shell surface. *Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials*. 2020; 14: 248–257 (in Russian). <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2019-14-248-257>
- Mishina E.A., Vetrova E.V. Microflora of eggshells sold in retail outlets in Donetsk. *Donetsk readings — 2016. Education, science and modern challenges. Proceedings of the First International Scientific Conference*. Rostov-on-Don: Southern Federal University. 2016; 2: 221–224 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ywgdwdg>
- Andreeva O.N. Microbial landscape of agricultural birds biological and technological aspects. *Food security: from dependence to independence. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Orel: Orel State Agrarian University. 2017; 18–21 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yonljl>
- Darovskikh I.A. The most significant salmonellosis transmission factors in poultry industry. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2023; (1): 42–45 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/susabl>
- Sergeeva N.S., Toboev G.M., Ignatieva N.L. Disinfection of eggs: causes of infection, sanitary treatment of eggs, shell disinfection. *Promising technologies and innovations in agriculture in the context of digitalization. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2023; 348–349 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xoeiqr>
- Novikova O.B., Gerasimova A.O., Kraskov D.A. Comparative analysis of microflora isolated from the poultry of different species and control of bacterial diseases in poultry farms. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2024; (4): 31–40 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hftecy>
- Baeva V.V., Podvalova V.V. Food egg as a source of dangerous diseases. *Innovations of the young for the development of agriculture. Proceedings of the 58th All-Russian Scientific Student Conference*. Ussuriysk: Primorskaya State Agricultural Academy. 2022; 1: 186–194 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/udkumz>
- Voino L.I., Khramtsov M.A., Suvorov O.A. Effect of different chemical composition disinfectants on reducing the microbial contamination of eggs. *Food processing industry*. 2017; (2): 55–57 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ykqubx>
- Popov P.A. Technology on using ozone in the poultry farms for disinfection of eggs. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. 2011; (1): 48–53 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ocefwh>
- Azaryan A.A. Ozone treatment of chicken eggs. *Innovation science*. 2015; (12–2): 15–17 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vdqvoj>
- Voitenko O.S., Savinova A.A., Tertychenko K.V. Methods of sanitary and microbiological examination of eggs and egg products. *Current issues of science and practice in the innovative development of agriculture. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference*. Pershianovskiy: Don State Agrarian University. 2020; 2: 11–17 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/iztowj>
- Kozak S.S., Zabolotnykh M.V., Baranovich E.S., Salikhov A.A. On the issue of obtaining safe poultry products in veterinary and sanitary terms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness*, WTTA 2021. 2022; 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012042>
- Timchenko L.D. et al. Effective technology of disinfecting ozonation of hatching chicken eggs. *Agrarian science*. 2024; 1(10): 51–61 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61>

ОБ АВТОРАХ

Валерия Сергеевна Тюменцева

научный сотрудник
89296712838v@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6891-1113>

Пётр Александрович Попов

доктор ветеринарных наук
popov.petr18@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4155-0386>

Вероника Сергеевна Бабунова

кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник
Veronikavniivs@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5506-9337>

Екатерина Петровна Савинова

микробиолог
esovi1983@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7737-6362>

Ирина Сергеевна Осипова

кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник
irishka21062801@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6845-6173>

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», Звенигородское шоссе, 5, Москва, 123022, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Valeria Sergeevna Tyumentseva

Research Associate
89296712838v@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6891-1113>

Peter Alexandrovich Popov

Doctor of Veterinary Sciences
popov.petr18@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4155-0386>

Veronika Sergeevna Babunova

Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher
Veronikavniivs@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5506-9337>

Ekaterina Petrovna Savinova

Microbiologist
esovi1983@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7737-6362>

Irina Sergeevna Osipova

Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher
irishka21062801@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6845-6173>

The All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology is a Branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV", 5 Zvenigorodskoe highway, Moscow, 123022, Russia

ПРОДУКТЫ



ИННОВАЦИИ



УСЛУГИ



ЛОГИСТИКА

МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ B2B
ВЫСТАВКА

GLOBAL FRESH
MARKET:
VEGETABLES
& FRUITS



11-13 НОЯБРЯ 2025

Гостиный Двор, Москва

Контакты



+7 (495) 481-29-19



business@gfmexpo.com



www.gfmexpo.com

РЕКЛАМА

Соорганизатор

национальный
ПЛОДООВОЩНОЙ СОЮЗ

При поддержке



Global Fresh
MARKET

Полный цикл производства «от поля до прилавка» на единой площадке

Прямой диалог с ключевыми игроками рынка

Обширная деловая программа с участием экспертов мирового уровня:

110+

приглашенных
спикеров

30

отраслевых мероприятий
по овощеводству и садоводству

Конкурс студенческих работ для молодых специалистов в АПК



УДК 636.084:636.084.4

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-69-74

В.В. Гречкина^{1,3}

Е.В. Шейда^{1,2}

О.В. Кван^{1,2} ✉

А.Д. Шевченко¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

³Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию: 28.12.2024

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Гречкина В.В., Шейда Е.В., Кван О.В., Шевченко А.Д.

Применение экзогенных кормовых ферментов в питании жвачных животных

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Расщепляя питательные вещества корма, улучшая амилолитическую, протеолитическую, целлюлозолитическую активность рубцовой жидкости и ее перевариваемость, используемые ферменты — протеаза грибная щелочная и альфа-амилаза грибная — позволяют значительно повысить жизнедеятельность симбиотической микрофлоры рубца, что определяется их взаимодействием с другими ферментами.

Цель исследования — изучить изменения концентрации ЛЖК, переваримости корма, а также морфологические и биохимические показатели крови телят при введении в рацион ферментов протеаза грибная щелочная и альфа-амилаза грибная.

Материалы и методы. Рубцовую жидкость для исследования получали от бычков казахской белоголовой породы (n = 4) средней массой 310–2320 кг в возрасте 14–15 мес. Животные контрольной и опытных групп находились на основном сбалансированном рационе, в рацион бычкам опытных групп в составе концентрированного корма вносили в рацион ферментные препараты: I опытная — протеазу грибную щелочную 25 г/т; II опытная — протеазу грибную щелочную 50 г/т; III опытная — альфа-амилазу грибную 25 г/т; IV опытная — альфа-амилазу грибную 50 г/т.

Результаты. Результаты эксперимента показали, что лучшая дозировка введения грибной щелочной протеазы составила 25 г/т, а альфа-амилазы грибной — 50 г/т. Их присутствие в рационе приводило к изменению ЛЖК в рубцовом содержимом, улучшению переваримости сухого вещества и сырого протеина, что способствует высокому уровню протекания процессов рубцового пищеварения, и это значительно отражалось на морфологических и биохимических показателях крови животных.

Ключевые слова: экзоферменты, кормление, метаболизм рубца, летучие жирные кислоты, метаболиты азота, протеаза, липаза, амилаза

Для цитирования: Гречкина В.В., Шейда Е.В., Кван О.В., Шевченко А.Д. Применение экзогенных кормовых ферментов в питании жвачных животных. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 69–74.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-69-74>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-69-74

Viktoria V. Grechkina^{1,3}

Elena V. Sheida^{1,2}

Olga V. Kvan^{1,2} ✉

Alexander D. Shevchenko¹

¹Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

³Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office: 28.12.2024

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Grechkina V.V., Sheida E.V., Kvan O.V., Shevchenko A.D.

The use of exogenous feed enzymes in the nutrition of ruminants

ABSTRACT

Relevance. By splitting the nutrients of the feed, improving the amylolytic, proteolytic, and cellulolytic activity of the scar fluid and its digestibility, the fungal alkaline protease and fungal alpha-amylase enzymes used can significantly enhance the vital activity of the symbiotic microflora of the scar, which is determined by their interaction with other enzymes.

The aim of the study was to study changes in the concentration of LDL, the digestibility of feed, as well as morphological and biochemical parameters of calves' blood when the enzymes fungal alkaline protease and fungal alpha-amylase were introduced into the diet.

Materials and methods.

Scar tissue for the study was obtained from Kazakh white-headed bull calves (n = 4), with an average weight of 310–2320 kg at the age of 14–15 months. The animals of the control and experimental groups were on a basic balanced diet, and enzyme preparations were added to the diet of the calves of the experimental groups as part of concentrated feed: I experimental — fungal alkaline protease 25 g/t; II experimental — fungal alkaline protease 50 g/t; III experimental — fungal alpha-amylase 25 g/t; IV experimental — alpha-amylase mushroom 50 g/t.

Results and conclusions. The results of the experiment showed that the best dosage of mushroom alkaline protease was 25 g/t, and mushroom alpha-amylase was 50 g/t. Their presence in the diet led to a change in the LVF in the scar content, improved the digestibility of dry matter and crude protein, which contributes to a high level of scar digestion processes, and this significantly affected the morphological and biochemical parameters of animal blood.

Key words: exoenzymes, feeding, rumen metabolism, volatile fatty acids, nitrogen metabolites, protease, lipase, amylase

For citation: Grechkina V.V., Sheida E.V., Kvan O.V., Shevchenko A.D. The use of exogenous feed enzymes in the nutrition of ruminants. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 69–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-69-74>

Введение/Introduction

Естественные корма для жвачных животных содержат минимальные количества жиров и характеризуются низкой энергетической плотностью. Энергия, содержащаяся в растительных кормах, находится в виде сложных углеводов, которые составляют около 90% общей энергетической ценности рациона жвачных, но не могут быть расщеплены ферментами их пищеварительной системы [1].

Для осуществления ферментации растительных веществ требуется определенное время, в связи с чем корма должны оставаться в рубце (главной ферментационной камере) дольше, чем в других участках пищеварительного тракта [2].

Расщепляя питательные вещества корма, улучшая амилалитическую, протеолитическую, целлюлозолитическую активность рубцовой жидкости и ее перевариваемость, используемые ферменты позволяют значительно повысить жизнедеятельность симбиотической микрофлоры рубца, что определяется их взаимодействием с другими ферментами [3]. Основным источником энергии для обмена веществ животных являются летучие жирные кислоты корма [4]. Кроме того, рубец усваивает ЛЖК с разной скоростью в зависимости от концентрации кислот и уровня pH рубца, причем скорость абсорбции различается в зависимости от концентрации кислот и pH ЛЖК [5].

Исследования по использованию ферментных препаратов в рационах кормления молочного скота показывают, что более 70% сухого вещества в рационах переваривается ферментами микрофлоры рубца [6]. Добавляя в рационы коров ферменты, изменения в рационе питания и продукты на основе микробов, разумно ожидать повышения продуктивности на 4–13% и рентабельности кормов на 7–10%, а также снижения общей стоимости кормов.

Недавние достижения в биотехнологии, снижение себестоимости производства ферментов и более четкое определение коммерческих ферментных продуктов побудили исследователей пересмотреть потенциал экзогенных ферментов для улучшения использования корма жвачными животными. Надлежащее использование экзогенных ферментов, а также тщательный выбор компонентов для ввода в комбикорма позволят сократить затраты на источники энергии, протеина и других питательных веществ [7].

Цель исследования — изучить изменения концентрации ЛЖК, переваримости корма, а также морфологические и биохимические показатели крови телят при введении в рацион протеазы грибной щелочной и альфа-амилазы грибной.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2023–2024 гг. на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (г. Оренбург, Россия).

Рубцовую жидкость для исследования получали от бычков казахской белоголовой породы ($n = 4$) средней массой 310–320 кг в возрасте 14–15 мес.

Животные контрольной и опытных групп находились на основном сбалансированном рационе, в рацион бычкам опытных групп в составе концентрированного корма вносили сухие ферментные препараты: I опытная — грибную щелочную протеазу 25 г/т; II опытная — грибную щелочную протеазу 50 г/т; III опытная — грибную альфа-амилазу 25 г/т; IV опытная — грибную альфа-амилазу 50 г/т.

Протеаза грибная щелочная — сухой ферментный препарат протеолитического действия для расщепления белка с образованием пептидов и аминокислот. Протеаза является ферментом широкого применения и эффективно используется в технологических процессах различных отраслей: в производстве спирта и пива, синтетических моющих средств (СМС), хлебобулочных изделий, переработке мяса, рыбы и морепродуктов, кожевенном производстве. Создан в результате культивирования секционированного штамма бактерий *Bacillus Subtilis* последующей очисткой и консервированием. Ферментная активность — 50 000 ед/г (производитель «Биопрепарат», г. Воронеж, Россия.).

Альфа-амилаза грибная (амилоризин) — сухой ферментный препарат, полученный на основе штамма *Aspergillus oryzae*. Расщепляет молекулы крахмала с образованием мальтодекстринов, олигосахаридов и мальтозы — весь доступный крахмал. Ферментная активность — 2500 ед/г (производитель «Биопрепарат», г. Воронеж, Россия.).

Кормление подопытных животных было организовано с учетом рекомендаций А.П. Калашникова и др.¹. Структура и питательность рациона представлены в таблице 1.

Эксперимент проводился в четырех повторностях с использованием латинского квадрата² 4×4 в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

Бычкам были установлены хронические фистулы рубца (фирма ANKOM, США) по методу А.А. Алиева (1998 г.). Отбор проб содержимого рубца производили спустя 12 часов после кормления через хроническую фистулу рубца (ANKOM, $d = 80$ мм) резиновым шлангом длиной 200 см и наружным диаметром 40 мм в термос объемом

¹ Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е изд. (перераб. и доп.). Москва, 2003.

² Любимцева О.Л. Блочное планирование эксперимента и анализ данных. Учебное пособие. Нижний Новгород. 2018; 31.

Таблица 1. Состав и питательность рациона, %
Table 1. Composition and nutritional value of the diet, %

Компонент	Содержание
Сено разнотравное	47,4
Сено бобовое	32,6
Зерновая смесь	19,0
Минералы	1,0
В рационе содержится, % СВ	
Сухое вещество	94,68
Сырой протеин	5,9
Сырая клетчатка	28,0
НДК	6,3
КДК	4,6
Гемицеллюлоза	1,65
Сырой жир	2,73
Органическое вещество	93,4
Кальций	0,51
Фосфор	0,37
Сырая зола	1,28
БЭВ	53,8

3 л. Время зависит от природы сбраживаемых субстратов и колеблется до 12–14 часов. Транспортировку осуществляли в термосах в течение 30 минут.

Лабораторные исследования рубцовой жидкости проводили в Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН. Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М» (СКБ «Хроматек», Россия), определение форм азота по ГОСТ 26180-84³.

Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после инкубации по следующей формуле⁴:

$$K = (A - B) / C \times 100\%,$$

где: K — коэффициент переваримости сухого вещества корма, %; A — исходная масса 1-я (образец корма с мешочком), мг; B — масса после инкубации (образец корма с мешочком), мг; C — исходная масса 2-я (образец корма без массы мешочка), мг.

Определение форм азота производилось по ГОСТ 26889-86⁴. Массовую долю сухого вещества определяли по ГОСТ 31640⁵, сырого протеина — по ГОСТ 13496.4⁶, сырого жира — по ГОСТ 13496.15⁷, сырой клетчатки — по ГОСТ 31675⁸, сырой золы — по ГОСТ 26226⁹.

Морфологический анализ крови осуществляли на автоматическом гематологическом

анализаторе URIT-2900 VetPlus (URIT Electronic Group Co., Ltd, Китай). Биохимию сыворотки крови проводили на анализаторе CS-T240 (DIRUI Industrial Co., Ltd, Китай) с коммерческими наборами для ветеринарии (ЗАО «ДИАКОН-ДС», Россия).

Полученные результаты подвергали статистической обработке с помощью программы SPSS Statistics 20 («IBM», США), рассчитывали средние (M), среднеквадратичные ($\pm\sigma$) отклонения, ошибки стандартного отклонения ($\pm SE$). Для сравнения вариантов использовали непараметрический метод анализа. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По результату лабораторных исследований установлено, что концентрация ЛЖК у животных опытных групп возрастала на протяжении всего эксперимента (рис. 1). При разделении ЛЖК во все периоды отбора большая часть из всех кислот приходилась на уксусную и пропионовую. Уксусная кислота увеличилась у животных в I опытной группе на 15,98%, во II — на 13,45%, в III — на 50,05%, в IV — на 42,74% ($p \leq 0,01$) относительно контрольной группы. Это указывает на интенсивность бродильных процессов в рубце.

Наибольшая концентрация пропионовой кислоты установлена у животных III опытной группы, которым вводили альфа-амилазу грибную (25 г/т), и была выше контрольной группы на 71,31% ($p \leq 0,01$). Так как она образуется при сбраживании в рубце клетчатки, глюкозы, молочной кислоты, то часто используется для увеличения живой массы в период откорма бычков [8]. Следовательно, эти кислоты интенсивнее включались в синтетические процессы, необходимые для образования продукции. Это не могло не повлиять на концентрацию других показателей в организме животных [9].

Рубец рассматривают как бродильную камеру, в которой переваривается до 70% сухого вещества рациона [10]. Микрофлорой рубца переваривается от 50 до 70% сырой клетчатки рациона. Эти особенности, которые находят свое отражение в изменениях уровня белкового и небелкового азота в рубцовой жидкости, представлены в таблице 2.

Исследования азотистого обмена в рубце опытных животных показали, что количество общего азота в рубцовой жидкости было значительно выше у животных в I и IV опытных группах на 50,01% и 41,67% ($p \leq 0,05$) относительно контрольной группы.

³ ГОСТ 26180-84 Корма. Методы определения аммиачного азота и активной кислотности (рН).

⁴ ГОСТ 24230-80 Корма растительные. Метод определения переваримости *in vitro*.

⁵ ГОСТ 26889-86 Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кельдаль.

⁶ ГОСТ 31640-2012 Межгосударственный стандарт корма. Методы определения содержания сухого вещества.

⁷ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

⁸ ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира.

⁹ ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

¹⁰ ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы.

Таблица 2. Концентрация общего и небелкового азота в рубцовом содержимом, ммоль/л

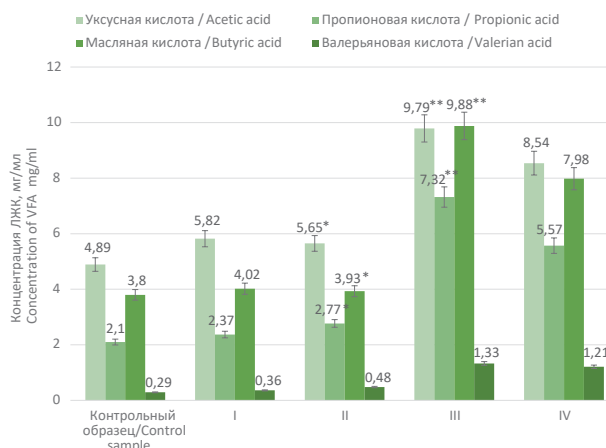
Table 2. Concentration of total and non-protein nitrogen in the scar content, mmol/l

Наименование показателей	Группы				
Формы азота	контрольная	I	II	III	IV
Общий	36,41 ± 1,35	72,83 ± 0,54*	56,03 ± 0,46*	60,24 ± 0,51*	62,43 ± 0,48*
Небелковый	4,72 ± 0,42	6,74 ± 0,12*	6,36 ± 0,16*	13,36 ± 0,09**	14,84 ± 0,08**
Белковый	42,44 ± 2,11	66,25 ± 1,56*	49,72 ± 2,32	46,95 ± 2,15	54,61 ± 2,47
Аммиачный	0,002 ± 0,0001	0,002 ± 0,0001	0,003 ± 0,0001	0,005 ± 0,000*	0,005 ± 0,0001*
Мочевинный	4,42 ± 0,02	7,72 ± 0,15*	1,94 ± 0,01*	3,81 ± 0,03	4,22 ± 0,02

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ при сравнении с контрольным образцом.

Рис. 1. Концентрация ЛЖК в рубцовом содержимом, мг/мл

Fig. 2. The concentration of LVH in the scar content, mg/ml



Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ при сравнении с контрольным образцом.

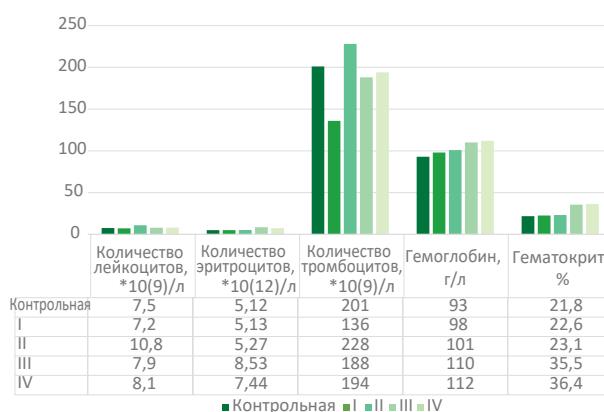
Интенсивное образование аммиака повлияло на содержание белкового азота. Его количество у животных I и IV опытных групп было равно 66,2 и 54,6 ммоль/л, что на 35,95% ($p \leq 0,05$) и 22,34% ($p \leq 0,05$) выше, чем у животных контрольной группы.

Переваримость питательных веществ является важным показателем питательной ценности кормов и состояния пищеварительной системы, зависящим от степени развития желудочно-кишечного тракта, количества потребленных питательных веществ и соотношения между отдельными компонентами кормов [11, 12].

Полученные данные показывают (табл. 3), что высокой способностью к перевариванию питательных веществ рационов отличались бычки I опытной группы. Они быстрее переваривали сухое вещество — на 6,28% ($p \leq 0,05$). Происходило

Рис. 2. Морфологические показатели крови бычков при включении в рацион бычков экзоферментов

Fig. 2. Morphological indices of steers blood at inclusion of exoenzymes in steers diet



повышение переваримости сырого протеина: в I опытной группе — на 7,97%, в IV опытной группе — на 7,23% ($p \leq 0,05$) (по сравнению с животными контрольной группы).

Морфологические показатели крови бычков при включении в рацион экзоферментов показали, что они находились в пределах физиологической нормы (рис. 2).

Биохимические показатели крови полностью отражают метаболизм белков, жиров, углеводов, витаминов, гормонов, водно-минеральные характеристики организма [13]. Они позволяют интерпретировать рост и развитие организма, понимать патогенез того или иного патологического состояния животного, помогают выявить скрытые формы заболевания и в конечном счете поставить объективный диагноз (табл. 4).

Увеличение концентрации общего белка в сыворотке крови животных происходило в I и II опытных группах, соответственно, на 13,11% и 11,75% ($p \leq 0,05$) относительно контрольной группы. Этот показатель меняется в зависимости от состава рациона и функционального состояния печени и почек животных [14].

Уровень альбумина в крови возрастал у бычков всех опытных групп, но наибольшей обладали III и IV опытные группы — на

Таблица 3. Коэффициенты переваримости питательных компонентов рациона при использовании экзоферментов, %

Table 3. Coefficients of digestibility of nutritional components of the diet when using exoenzymes, %

Параметры	Группы				
	контрольная	I	II	III	IV
Сухое вещество	65,71 ± 2,13	70,12 ± 2,22*	68,71 ± 1,89	68,34 ± 2,24	68,82 ± 2,11
Сырой жир	74,93 ± 1,89	82,73 ± 2,14	81,92 ± 2,65	77,85 ± 2,75	77,24 ± 1,87
Сырой протеин	57,72 ± 2,14	62,71 ± 2,22*	60,94 ± 1,99	60,83 ± 1,87	62,23 ± 2,11
Сырая клетчатка	51,24 ± 2,36	55,90 ± 2,15*	54,52 ± 1,99	54,26 ± 2,02	54,51 ± 1,89
Сырая зола	73,41 ± 3,21	77,32 ± 2,87	76,63 ± 2,45	82,17 ± 2,68*	81,32 ± 2,87

Таблица 4. Биохимические показатели крови бычков при включении в рацион бычков экзоферментов

Table 4. Biochemical parameters of the blood of bulls when exoenzymes are included in the diet of bulls

Показатели / референтные величины	Группа				
	контрольная	I	II	III	IV
Общий белок, г/л (60–86)	73,61 ± 2,76	84,72 ± 3,11*	83,40 ± 2,98	78,31 ± 2,78	82,43 ± 3,21
Альбумин, г/л (35–45)	29,12 ± 2,8	38,01 ± 3,1	35,04 ± 2,75	46,11 ± 3,45*	42,42 ± 2,78*
Глюкоза, ммоль/л (2,3–5,2)	3,64 ± 0,41	4,94 ± 0,65	4,31 ± 0,87	4,10 ± 0,51	4,81 ± 0,47
Триглицериды, ммоль/л (0,1–1,5)	0,28 ± 0,04	0,19 ± 0,01***	0,12 ± 0,01***	0,38 ± 0,03	0,41 ± 0,02
Холестерин, ммоль/л (1,30–4,42)	2,54 ± 0,16	1,92 ± 0,12	1,02 ± 0,25	1,74 ± 0,19	2,12 ± 0,25
Аланинаминотрансфераза, Ед/л (2–10)	22,81 ± 3,3	26,6 ± 2,91	30,0 ± 2,86	11,6 ± 1,11**	18,4 ± 2,15
Аспартатаминотрансфераза, Ед/л (30–80)	44,14 ± 5,6	105,81 ± 1,23**	106,80 ± 1,31**	46,74 ± 4,91	54,82 ± 4,98
Билирубин общий, мкмоль/л (0,17–5,13)	2,51 ± 0,32	1,05 ± 0,23	3,52 ± 0,42	6,03 ± 0,12*	5,81 ± 0,11*
Билирубин прямой, мкмоль/л (0–5,0)	1,11 ± 0,24	2,16 ± 0,09**	1,04 ± 0,21	1,32 ± 0,31	1,84 ± 0,28
Лактатдегидрогеназа, Ед/л (1,30–4,42)	2984,01 ± 118,4	3659,02 ± 110,1	3694,10 ± 99,8	3454,05 ± 101,2	3612,04 ± 100,2
α -Амилаза, Ед/л (12–107)	418,02 ± 24,8	358,01 ± 22,3	679,02 ± 15,3*	422,04 ± 23,8	384,01 ± 26,3
Липаза, Ед/л (13–200)	18,13 ± 0,88	8,06 ± 0,23***	5,01 ± 0,12***	30,42 ± 0,32*	28,24 ± 0,35**
Мочевина, ммоль/л (3,3–5,8)	3,42 ± 0,68	5,50 ± 0,56	5,71 ± 0,71	5,54 ± 0,72	5,82 ± 0,69
Креатинин, мкмоль/л (62–97)	73,83 ± 2,18	93,12 ± 2,11	100,71 ± 1,65*	62,42 ± 1,89	72,54 ± 2,32
Гамма-глутамилтрансфераза, Ед/л	19,82 ± 0,98	24,03 ± 0,89	20,04 ± 0,87	21,42 ± 0,73	20,86 ± 0,77
Мочевая кислота, мкмоль/л (10,5–83,5)	16,25 ± 1,02	21,23 ± 0,99	16,56 ± 1,00	43,77 ± 2,13*	54,23 ± 2,18*

Примечание: * результаты являются статистически достоверными ($p \leq 0,05$).

36,88% и 31,37% ($p \leq 0,05$) выше контроля соответственно. Именно альбумины являются резервом аминокислот для синтеза других специфических белков организма при дефиците белков в рационе [15].

Повышение концентрации билирубина наблюдалось в III опытной группе животных — на 58,17% ($p \leq 0,05$) по сравнению с контролем. Именно он показывает состояние печени и интенсивность гемолитических процессов в организме [16].

Введение экзогенных ферментов приводило к увеличению всех ферментов в опытных группах. Возрастание активности АЛТ и АСТ в крови отмечают при острых гепатитах, поражениях почек, мышц, а также при гемолитических анемиях, когда происходит усиленный распад эритроцитов [17, 18].

Происходило значительное повышение активности амилазы сыворотки крови животного

во II опытной группе — на 38,44%, в III опытной группе — на 37,85% ($p \leq 0,05$), что свидетельствует о развитии острого панкреатита. Активность амилазы сыворотки крови часто повышена при гломерулонефритах, нефрозах [19]. В I и IV опытных группах данный показатель был снижен на 17,88% и 9,90% ($p \leq 0,05$) соответственно.

Выводы/Conclusions

Результаты показали, что лучшая дозировка введения протеазы грибной щелочной составила 25 г/т, а альфа-амилазы грибной — 50 г/т. Их присутствие в рационе приводило к изменению ЛЖК в рубцовом содержимом, улучшению перевариваемости сухого вещества и сырого протеина, что способствует высокому уровню протекания процессов рубцового пищеварения. Это значительно отражалось на морфологических и биохимических показателях крови животных.

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 за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00061.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Azad M.A.K., Sarker M., Li T., Yin J. Probiotic Species in the Modulation of Gut Microbiota: An Overview. *BioMed Research International*. 2018; 2018: 9478630. <https://doi.org/10.1155/2018/9478630>
2. Dao M.C. et al. *Akkermansia muciniphila* and improved metabolic health during a dietary intervention in obesity: relationship with gut microbiome richness and ecology. *Gut*. 2016; 65(3): 426–436. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2014-308778>
3. Grechikina V.V., Lebedev S.V., Miroshnikov I.S., Ryazanov V.A., Sheida E.V., Korolev V.L. Justification of rational and safe biotechnological methods of using fat additives from vegetable raw materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624: 012160. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012160>

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 grant of the Russian Science Foundation No. 23-16-00061.

4. Gholizadeh P. et al. Microbial balance in the intestinal microbiota and its association with diabetes, obesity and allergic disease. *Microbial Pathogenesis*. 2019; 127: 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.11.031>
5. Gowd V., Xie L., Zheng X., Chen W. Dietary fibers as emerging nutritional factors against diabetes: focus on the involvement of gut microbiota. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2019; 39(4): 524–540. <https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1576025>
6. Holscher H.D., Caporaso J.G., Hooda S., Brulc J.M., Fahey G.C.Jr., Swanson K.S. Fiber supplementation influences phylogenetic structure and functional capacity of the human intestinal microbiome: follow-up of a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2015; 101(1): 55–64. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.092064>

7. Hosseindoust A. *et al.* A dose–response study to evaluate the effects of pH-stable β -mannanase derived from *Trichoderma citrinoviride* on growth performance, nutrient retention, and intestine morphology in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 2019; 18(1): 147–154.
<https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1500872>
8. Makki K., Deehan E.C., Walter J., Bäckhed F. The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host & Microbe*. 2018; 23(6): 705–715.
<https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>
9. de la Cuesta-Zuluaga J. *et al.* Metformin Is Associated With Higher Relative Abundance of Mucin-Degrading *Akkermansia muciniphila* and Several Short-Chain Fatty Acid–Producing Microbiota in the Gut. *Diabetes Care*. 2017; 40(1): 54–62.
<https://doi.org/10.2337/dc16-1324>
10. Jha R., Foughse J.M., Tiwari U.P., Li L., Willing B.P. Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6: 48.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
11. Koçer B., Bozkurt M., Ege G., Tüzün A.E. Effects of sunflower meal supplementation in the diet on productive performance, egg quality and gastrointestinal tract traits of laying hens. *British Poultry Science*. 2021; 62(1): 101–109.
<https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1814202>
12. Lebedev S. *et al.* Use of chromium nanoparticles as a protector of digestive enzymes and biochemical parameters for various sources of fat in the diet of calves. *AIMS Agriculture and Food*. 2020; 6(1): 14–31.
<https://doi.org/10.3934/agrfood.2021002>
13. Li Y., Yang H., Xu L., Wang Z., Zhao Y., Chen X. Effects of dietary fiber levels on cecal microbiota composition in geese. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2018; 31(8): 1285–1290.
<https://doi.org/10.5713/ajas.17.0915>
14. Sadeghi A., Toghyani M., Tabeidian S.A., Foroozandeh A.D., Ghalamkari G. Efficacy of dietary supplemental insoluble fibrous materials in ameliorating adverse effects of coccidial challenge in broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*. 2020; 74(5): 362–379.
<https://doi.org/10.1080/1745039X.2020.1764811>
15. Tsigos C., Chrousos G.P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*. 2022; 53(4): 865–871.
[https://doi.org/10.1016/S0022-3999\(02\)00429-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00429-4)
16. Zeevi D. *et al.* Personalized Nutrition by Prediction of Glycemic Responses. *Cell*. 2015; 163(5): 1079–1094.
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001>
17. Zeng M.Y., Inohara N., Nuñez G. Mechanisms of inflammation-driven bacterial dysbiosis in the gut. *Mucosal Immunology*. 2017; 10(1): 18–26.
<https://doi.org/10.1038/mi.2016.75>
18. Zhang F. *et al.* Response of gut microbiota in type 2 diabetes to hypoglycemic agents. *Endocrine*. 2019; 66(3): 485–493.
<https://doi.org/10.1007/s12020-019-02041-5>
19. Zhao L. *et al.* Gut bacteria selectively promoted by dietary fibers alleviate type 2 diabetes. *Science*. 2018; 359(6380): 1151–1156.
<https://doi.org/10.1126/science.aao5774>

ОБ АВТОРАХ

Виктория Владимировна Гречкина^{1,3}

кандидат биологических наук
Viktoria1985too@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1159-0531>

Елена Владимировна Шейда^{1,2}

кандидат биологических наук
elena-shejjda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613>

Ольга Вилориевна Кван^{1,2}

кандидат биологических наук
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Александр Дмитриевич Шевченко¹

кандидат биологических наук
ad.shevchenko@yarvet.ru
<https://orcid.org/0009-0005-5320-0086>

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия

²Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, Оренбург, 460018, Россия

³Оренбургский государственный аграрный университет, ул. Челюскинцев, 18, Оренбург, 460014, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Viktoria Vladimirovna Grechkina^{1,3}

Candidate of Biological Sciences
Viktoria1985too@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Elena Vladimirovna Sheida^{1,2}

Candidate of Biological Sciences
elena-snejjda@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613>

Olga Vilorievna Kvan^{1,2}

Candidate of Biological Sciences
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Alekhander Dmitrievich Shevchenko¹

Candidate of Biological Sciences
ad.shevchenko@yarvet.ru
<https://orcid.org/0009-0005-5320-0086>

¹Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia

²Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia

³Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Str., Orenburg, 460014, Russia

УДК 619:616.993.192.1

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-75-80

В.П. Короткий¹О.О. Скорнякова²В.А. Рыжов¹ ✉Н.А. Самойлова²А.И. Ерастова²

¹ООО Научно-технический центр
«Химинвест», Нижний Новгород,
Россия

²Вятский государственный
агротехнологический университет,
Киров, Россия

✉ woodnn@yandex.ru

Поступила в редакцию: 26.11.2024

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Короткий В.П., Скорнякова О.О.,
Рыжов В.А., Самойлова Н.А., Ерастова А.И.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-75-80

Vasily P. Korotky

Olga O. Skornyakova

Viktor A. Ryzhov ✉

Nadezhda A. Samoylova

Alena I. Erastova

¹LLC Scientific and Technical Center
“Khiminvest”, Nizhny Novgorod, Russia

²Vyatka State Agrotechnological
University, Kirov, Russia

✉ woodnn@yandex.ru

Received by the editorial office: 26.11.2024

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Korotky V.P., Skornyakova O.O.,
Ryzhov V.A., Samoylova N.A., Erastova A.I.

Опыт применения хвойных кормовых добавок при изоспорозе поросят

РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты научно-хозяйственного опыта по определению эффективности двух хвойных кормовых добавок в сравнении с противокочидийными препаратами при изоспорозе свиней в условиях крупного промышленного свиного комплекса. Хвойно-салициловая добавка (ХСД) в своем составе содержит глицериновые экстракты хвои сосны обыкновенной и коры осины. Хвойно-фитогенный иммуномодулятор (ХФИ) состоит из глицеринового экстракта хвои сосны обыкновенной, льняного жмыха, отрубей, сахара. Установлено, что изоспороз у поросят на доращивании в возрасте 49 дней протекает с признаками диспепсии и снижения уровня общего белка в сыворотке крови животных. Результаты исследований показали 100%-ную эффективность и сохранность поголовья после использования «Эймерала™ 50», «Тилозина 50», ХСД и ХФИ при изоспорозе поросят, вызванного видом *Isospora suis*. Добавка в рацион ХФИ и ХСД в течение 3 недель способствовала постепенному исчезновению признаков диарейно-диспептического синдрома у всех поросят. Максимальный среднесуточный прирост живой массы у поросят в 70-дневном возрасте получен после применения ХФИ в дозе 5,0 мл/гол/сутки в течение 3 недель. Достоверное увеличение количества общего белка в сыворотке крови поросят получено после применения «Эймерала™ 50» на 4,8%, ХСД на 8,1%, ХФИ на 9,3%. На динамику минерального обмена основных макроэлементов используемые препараты и хвойные кормовые добавки не оказывают отрицательного действия.

Ключевые слова: поросята, изоспороз, *Isospora suis*, «Тилозин 50», «Эймерал™ 50», хвойные кормовые добавки, эффективность

Для цитирования: Короткий В.П., Скорнякова О.О., Рыжов В.А., Самойлова Н.А., Ерастова А.И. Опыт применения хвойных кормовых добавок при изоспорозе поросят. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 75–80.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-75-80>

The use of coniferous feed additives in case of piglet isosporosis

ABSTRACT

The article presents the results of scientific and economic experience in determining the effectiveness of two coniferous feed additives in comparison with anticoccidial drugs for porcine isosporosis in a large industrial pig complex. Coniferous-salicylic supplement (SDS) contains glycerine extracts of pine needles and aspen bark. The coniferous-phytogenic immunomodulator (CFI) consists of glycerin extract of pine needles, linseed cake, bran, sugar. It was found that isosporosis in piglets growing at the age of 49 days proceeds with signs of dyspepsia and a decrease in the level of total protein in the serum of animals. The research results showed 100% efficiency and preservation of the livestock after the use of aimeralatmas 50, tylosin 50, coniferous-salicylic feed additive and coniferous-phytogenic immunomodulator in piglet isosporosis caused by *Isospora suis* species.

Administration of CFI and CSD for 3 weeks contributed to the gradual disappearance of the signs of diarrhea-dyspeptic syndrome in all piglets. The maximum daily average increase in live weight in piglets at 70 days of age was obtained after using CFI at a dose of 5.0 ml per head per day for 3 weeks. A significant increase in the amount of total protein in the blood serum of piglets was obtained after the use of “Eimeral™ 50” by 4.8%, HDL by 8.1%, CFI by 9.3%. The used drugs and coniferous feed additives do not have a negative effect on the dynamics of mineral metabolism of the main macronutrients.

Key words: piglets, isosporosis, *Isospora suis*, “Tylosin 50”, “Eimeral™ 50”, coniferous feed additives, effectiveness

For citation: Korotky V.P., Skornyakova O.O., Ryzhov V.A., Samoylova N.A., Erastova A.I. Experience in the use of coniferous feed additives in case of piglet isosporosis. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 75–80 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-75-80>

Введение/Introduction

Протозойные болезни свиней — самые распространенные инвазионные заболевания, которые причиняют значительный экономический ущерб при производстве продукции в свиноводстве [1]. При субклиническом течении инвазий от свиноматок получают ослабленный или нежизнеспособный приплод, а продолжительность периода его выращивания и откорма увеличивается на 1–2 месяца. Мясо от свиней, инвазированных паразитическими простейшими, характеризуется низким качеством и пониженной биологической ценностью по причине хронического воспалительного процесса в желудочно-кишечном тракте [2, 3].

Из паразитических простейших в хозяйствах разного направления у молодняка свиней наиболее часто обнаруживаются кокцидии *Eimeria spp.*, *Isospora suis* и балантидии *Balantidium coli*¹.

Проведенные учеными Всероссийского института гельминтологии им. К.И. Скрябина исследования по кокцидиозам свиней в хозяйствах промышленного типа показали, что чаще заражаются и тяжело переболевают изоспорозом поросята 7–30-дневного возраста, а эймериозом — поросята до 2-месячного возраста. В среднем эймериозом поражены 24,3% свиней, изоспорозом — 15,1%, балантидиозом — 32,4%. В промышленных хозяйствах Центральной России моноинвазию в виде изоспороза отмечали у поросят до 30-суточного возраста. Смешанная инвазия наиболее часто имела место у поросят 2–4-месячного возраста. Потеря прироста массы на одного поросенка, больного эймериозом, составила 2,8 кг, изоспорозом — 1,6 кг, балантидиозом — 3,1 кг².

По результатам мониторинга зараженности свиней кокцидиозами желудочно-кишечного тракта в Кировской области (2018–2021 гг.) зарегистрированы эймериоз (с экстенсивностью инвазии в пределах 5,09–8,87%) и балантидиоз (от 0,39 до 2,95% зараженных животных)³.

Для лечения и профилактики кокцидиозов свиней используют противококцидийные (противоэймериозные) препараты [4]. В числе основных средств борьбы с кокцидиозами — кокцидиостатики. Однако кокцидии способны вырабатывать резистентность к любому известному препарату на неопределенное время. Кроме того, известно, что кокцидиостатики вызывают раздражение слизистой оболочки кишечника, приводящей к нарушению усвояемости корма, и, следовательно, уменьшению его конверсии, что приводит к задержке роста и развития поросят, снижая тем самым эффективность производства [4]. Всё вышеперечисленное вызывает необходимость изыскания более щадящих способов профилактики и методов борьбы с данными заболеваниями.

В скотоводстве у телят молозивного и молочного периода, выращиваемых в условиях «телячьей деревни»,

встречаются данные заболевания. Проведенные в последнее время исследования по разработке методов борьбы и профилактики с кокцидиями у телят показали высокую эффективность натуральных фитогенных кормовых добавок пролонгированного действия на основе экстрактов зеленой биомассы леса в глицерине [5]. В опытах, проведенных на телятах молочниках, выращиваемых традиционным групповым методом, лечебно-профилактическая эффективность хвойно-фитогенных кормовых добавок при эймериозной инвазии составила 100%.

Следует отметить, что благодаря вкусовым качествам хвойные кормовые добавки хорошо поедаются животными и способствуют устранению симптомов диареи [6].

Важнейшим условием повышения объемов продукции свиноводства является организация полноценного кормления животных. Свиньи как биологический вид относятся к моногастричным животным с кишечным типом пищеварения, в связи с чем они достаточно требовательны к полноценности потребляемых кормов.

Использование кормов, обогащенных натуральными продуктами с лечебными свойствами, минеральными соединениями и витаминами, позволяет предотвратить развитие многих патологий у животных, увеличить количество и улучшить качество получаемой продукции, безопасной как в бактериальном, так и в химическом отношении. Так, опыты, проведенные на поросятах разных генотипов, показали высокие среднесуточные приросты и живую массу к концу дорастивания при использовании эмульсионного экстракта древесной зелени пихты в дозе 1,0 г на голову в сутки в первые 30 дней периода дорастивания [7].

Цель исследования — сравнительная оценка эффективности применения в рационе поросят на дорастивании хвойных кормовых добавок свиного комплекса (ХСД — хвойно-салициловая добавка в своем составе содержит глицериновые экстракты хвои сосны обыкновенной и коры осины; ХФИ — хвойно-фитогенный иммуномодулятор состоит из глицеринового экстракта хвои сосны обыкновенной, льняного жмыха, отрубей, сахара) и противококцидийных препаратов для снижения заболеваемости изоспорозом, повышения сохранности и живой массы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование эффективности хвойных кормовых добавок проводили в условиях научно-хозяйственного опыта на базе СГЦ «Широковцы» Кирово-Чепецкого района Кировской области Российской Федерации с 1 по 30 июля 2024 года.

Исследования выполнены на поросятах-аналогах крупной белой породы 49–70-дневного возраста группы дорастивания. Всего были сформированы

¹ Сафиуллин Р.Т. К диагностике кокцидиозов свиней. Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2015; 16: 386.

² Сафиуллин Р.Т. Изоспороз поросят в хозяйствах промышленного типа. Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2014; 15: 266.

³ Сведения о лабораторно-диагностических исследованиях, проведенных лабораториями Кировской области за 2018–2021 гг. Отчет КОГБУ «Кировская областная ветлаборатория». 2018–2021 гг.

4 опытные группы поросят — по 7 голов в каждой (4 клетки), у которых по результатам микроскопии фекалий⁴ были обнаружены ооцисты *Isospora suis* (рис. 1) и отмечены признаки диспептического синдрома.

В первой опытной группе поросят применяли противоэмериозный препарат «Эймерал™ 50» (ДВ толтразурил, «Алповет ЛТД», Кипр) в форме суспензии — перорально однократно индивидуально в дозе 0,4 мл на 1 кг массы тела. Во второй опытной группе использовали антибактериальный препарат группы макролидов «Тилозин 50» (ДВ тилозин, «НИТА-ФАРМ», Россия) в форме раствора для инъекций в дозе 0,2 мл на 1 кг живой массы — внутримышечно один раз в день в течение 5 дней.

Третьей и четвертой опытным группам поросят задавали, соответственно, ХСД и ХФИ, вырабатываемые ООО НТЦ «Химинвест» (г. Нижний Новгород, Россия).

Добавки давали с основным рационом с учетом инструкции по применению в дозе 5,0 мл добавки с небольшим количеством воды — принудительно перорально индивидуально один раз в день в течение 3 недель.

ХСД⁵ содержит в своем составе глицириновые экстракты хвои сосны обыкновенной и коры осины, а ХФИ⁶ состоит из глициринового экстракта хвои сосны обыкновенной, а также дополнительно из льняного жмыха, отрубей и сахара.

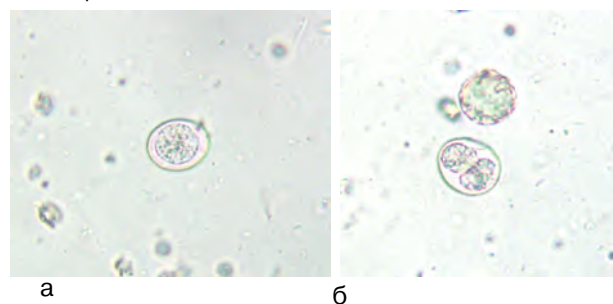
По внешнему виду обе добавки представляют собой пюре полужидкой консистенции зеленовато-коричневого цвета со специфическим запахом хвои.

В течение опыта анализировали следующие показатели: экстенсэфективность (ЭЭ) препаратов и добавок против изоспор, клиническое состояние, сохранность и прирост живой массы опытных поросят, уровень общего белка, кальция, фосфора, калия, натрия в сыворотке крови животных. ЭЭ препаратов и добавок определяли по результатам повторной копроскопии флотационным методом до и через 21 день после обработки⁷. Определение живой массы производили путем индивидуального взвешивания 7 поросят из каждой опытной группы.

Рис. 1. Ооцисты *Isospora suis* (x400):

а — неспорулированные; б — спорулированные

Fig. 1. *Isospora suis* oocysts (x400): a — unsporulated; b — sporulated



Абсолютный и среднесуточные приросты живой массы рассчитывали согласно общепринятым зоотехническим методикам⁸.

Биохимические показатели анализировали по результатам двукратных исследований сыворотки крови до и через 21 день после дачи препаратов. Кровь для исследований брали из яремной вены поросят⁹ в утренние часы (до кормления животных).

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, использующихся для научных целей¹⁰, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ¹¹.

Для проведения биохимического анализа получали сыворотку с помощью центрифугирования крови в течение 10 минут при 2000 об/мин. Содержание общего белка¹² в крови определяли рефрактометрическим методом на рефрактометре AtagoRX-7000alpha (ATAGO, Япония), содержание калия¹³, натрия¹⁴, кальция¹⁵ и фосфора¹⁶ — фотоколориметрическим методом на спектрофотометре B-1200 (тм «Эковью») (Shanghai Mapada Instruments Co., Ltd., Китай) по методикам на базе биохимического отдела Кировского областного государственного бюджетного учреждения «Кировская областная ветеринарная лаборатория» (г. Киров, Россия).

⁴ ГОСТ 25383-82 Животные сельскохозяйственные. Методы лабораторной диагностики кокцидиоза.

⁵ Рыжов В.А. Временный технологический регламент производства хвойно-салициловой кормовой добавки / В.А. Рыжов, Е.С. Рыжова, С.С. Марисов; ООО НТЦ «Химинвест». Нижний Новгород. 2024; 80.

⁶ Рыжов В.А. Временный технологический регламент производства хвойно-фитогенного иммуномодулятора (ХФИ) / В.А. Рыжов, Е.С. Рыжова, С.С. Марисов, А.А. Гусева; ООО НТЦ «Химинвест». Нижний Новгород. 2024; 90.

⁷ Wood I., Amaral N., Bairden K. et al. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics in ruminants (bovine, ovine, caprine). J. Vet. Parasitol. 1995; 58(3): 181–213.

⁸ Никулин Ю.П. Учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 36.03.02 «Зоотехния» и по специальности 36.05.01 «Ветеринария» / Ю.П. Никулин; ФГБОУ ВО ПГСХА. Уссурийск. 2019; 172.

⁹ Петрова Э.А. Алгоритм взятия крови у разных видов животных [электронный ресурс]: учебное пособие / Э.А. Петрова. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2024; 115.

¹⁰ 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

¹¹ 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».

¹² Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. Справочник под. ред. И.П. Кондрахина. М.: Колос. 2004.

¹³ Инструкция по применению набора реагентов для определения концентрации калия в сыворотке (плазме) крови турбидиметрическим методом без депротеинизации.

¹⁴ Инструкция к набору реагентов для определения концентрации натрия в сыворотке крови энзиматическим колориметрическим методом.

¹⁵ Инструкция по применению набора реагентов для определения концентрации кальция в сыворотке и плазме крови унифицированным колориметрическим методом.

¹⁶ Инструкция по применению набора реагентов для определения концентрации фосфора в сыворотке крови молибдатным методом.

Достоверность результатов работы была подтверждена методами вариационной статистики с вычислением средней арифметической (M), ошибки средней арифметической (m) и уровня достоверности (p) по критерию Стьюдента с использованием программного пакета Microsoft Excel XP (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты клинического анализа и повторной микроскопии фекалий поросят свидетельствуют о высокой эффективности используемых в опыте препаратов против кокцидий вида *Isospora suis* и положительном действии хвойных кормовых добавок на организм поросят.

Противоэймериозный препарат группы триазинтриона «Эймерал™ 50» показал 100%-ную экстенсивность против изоспор, однако у 4 поросят (16%) наблюдались признаки диспепсии (жидкие каловые массы серого цвета). Антибактериальный препарат группы макролидов «Тилозин 50» показал 100%-ную антикокцидную эффективность, однако следует отметить, что у 24% поросят отмечались признаки дисбактериоза (пенистые каловые массы).

Введение ХФИ и ХСД в течение 3 недель способствовало 100%-ной ЭЭ против изоспор и постепенному исчезновению признаков диарейно-диспептического синдрома у всех поросят. Поросята были активны, хорошо потребляли добавки и корма.

Сохранность поголовья во всех опытных группах составила 100%, но с различной продуктивностью (табл. 1). Было установлено, что после применения

противококцидных (противоэймериозных) препаратов «Эймерал™ 50» и «Тилозин 50» абсолютный прирост живой массы поросят составил 12,7 кг и 13,1 кг, а среднесуточный прирост — 603,3 г и 624,8 г соответственно.

Включение в рацион поросят 3-й и 4-й опытных групп с 49-дневного возраста хвойных кормовых добавок ХСД и ХФИ способствовало получению более высокой интенсивности их роста в течение 3 недель в сравнении с 1-й и 2-й опытными группами. К 70-дневному возрасту абсолютный прирост живой массы поросят 3-й опытной группы, получавших ХСД, был выше, соответственно, на 1,3 кг (или 10,2%) и 0,3 кг (или 2,2%), чем у животных 1-й и 2-й опытных групп, а разница по среднесуточному приросту составила 34,8 г (или 5,8%) и 13,3 г (или 2,1%).

Более высокие приросты поросят получены в 4-й опытной группе при введении ХФИ. Так, в среднем по группе их живая масса в возрасте 70 дней превосходила другие опытные группы на 1,3–2 кг (или 3,7–5,8%). Абсолютный и среднесуточный приросты составили, соответственно, 13,6 кг и 647,6 г, что больше, чем в других группах, по абсолютному приросту на 6,7–7,1% и среднесуточному приросту на 1,5–7,3%.

Для характеристики обменных процессов и состояния организма изучают биохимические показатели крови. Общий белок — это суммарная концентрация всех белков, находящихся в сыворотке крови, которые играют исключительно важную физиолого-биохимическую роль в сложных процессах обмена веществ между организмом и внешней средой. Общий белок участвует в свертывании крови: если он снижен, то у животного имеются заболевания печени или кишечника. Установлено, что общая концентрация белков в сыворотке крови имеет

непосредственную связь с возрастом, физиологическим состоянием, уровнем кормления, породными особенностями [8, 9].

До начала опыта при анализе уровня общего белка в сыворотке крови поросят всех опытных групп установлена гипопроотеинемия в пределах от 52,8 до 55,9 г/л при референтных значениях 58–85 г/л¹⁷ (табл. 2).

Таблица 1. Сохранность поголовья и приросты живой массы поросят на доращивании, $n = 7$

Table 1. Safety of livestock and weight gain of piglets during rearing, $n = 7$

Показатели	Группы животных (препарат)			
	опытная 1-я группа («Эймерал™ 50»)	опытная 2-я группа («Тилозин 50»)	опытная 3-я группа (ХСД)	опытная 4-я группа (ХФИ)
Сохранность, %	100	100	100	100
Живая масса, кг:				
в 49-дневном возрасте	22,0 ± 0,6	22,1 ± 0,6	22,0 ± 0,4	23,1 ± 0,4
в 70-дневном возрасте	34,7 ± 1,2	35,2 ± 1,5	35,4 ± 1,4	36,7 ± 1,3
Абсолютный прирост в среднем, кг	12,7 ± 1,2	13,1 ± 0,9	13,4 ± 1,1	13,6 ± 0,6
Среднесуточный прирост живой массы в среднем, г	603,3 ± 57,2	624,8 ± 45,8	38,1 ± 52,4	647,6 ± 27,9

Таблица 2. Биохимические показатели крови поросят на доращивании, $M \pm m$ ($n = 7$)

Table 2. Biochemical parameters of the roof are porous to the touch, $M \pm m$ ($n = 7$)

Показатели	Группы животных (препарат)							
	опытная 1-я группа («Эймерал™ 50»)		опытная 2-я группа («Тилозин 50»)		опытная 3-я группа (ХСД)		Опытная 4-я группа (ХФИ)	
	до 21-го дня	через 21 день	до 21-го дня	через 21 день	до 21-го дня	через 21 день	до 21-го дня	через 21 день
Общий белок, г/л	55,9 ± 0,39	58,6 ± 0,35***	54,3 ± 0,23	57,3 ± 0,47	53,4 ± 0,17	57,7 ± 0,29***	52,8 ± 0,38	57,7 ± 0,27***
Кальций, ммоль/л	3,03 ± 0,08	2,63 ± 0,12	2,70 ± 0,22	2,73 ± 0,15	2,87 ± 0,39	2,56 ± 0,12	2,74 ± 0,33	2,59 ± 0,18
Фосфор, ммоль/л	2,92 ± 0,05	2,15 ± 0,16	2,81 ± 0,17	2,15 ± 0,08	2,95 ± 0,08	2,13 ± 0,29	2,87 ± 0,11	2,34 ± 0,16
Кальций/фосфор	1,01	1,2	0,96	1,3	0,97	1,2	0,95	1,1
Калий, ммоль/л	5,47 ± 0,21	6,19 ± 0,95	4,99 ± 0,3	6,59 ± 0,56	5,82 ± 0,19	5,74 ± 0,51	5,66 ± 0,18	6,16 ± 0,91
Натрий, ммоль/л	174,94 ± 6,82	127,13 ± 5,9***	158,51 ± 4,27	120,4 ± 6,46***	171,17 ± 4,76	132,17 ± 8,4**	158,76 ± 7,14	133,16 ± 7,59*

Примечание: разница по сравнению с показателем до лечения достоверна: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

¹⁷ Клиническая оценка результатов лабораторных исследований в ветеринарной практике / Сост.: А.Н. Шестакова, А.Ф. Сапожников, Ж.В. Вараксина. Киров. 2009; 24–25.

После применения «Эймерала™ 50» и «Тилози-на 50» уровень общего белка увеличился на 4,8% ($p < 0,001$) и 5,5%, а после введения кормовых добавок ХСД и ХФИ — на 8,1% ($p < 0,001$) и 9,3% ($p < 0,001$) соответственно. Значения, полученные после применения «Эймерала™ 50», ХСД и ХФИ, статистически достоверны (табл. 2).

Следует отметить, что введение хвойных кормовых добавок (ХСД и ХФИ) способствовало большему увеличению общего белка в сыворотке крови животных, чем при использовании противоккокцидных препаратов.

Физиологическое значение минеральных веществ для организма поросят заключается в том, что они являются обязательными структурными компонентами всех органов и тканей организма. Они входят в состав сложных белков — металлопротеидов, которые выполняют роль транспортных систем, участвуют в сохранении водного баланса организма, в целом поддерживают его гомеостаз [10].

Отрицательным последствием диареи является потеря минеральных веществ, которая может повлечь за собой другие незаразные заболевания, нарушая обменные процессы в организме. В связи с этим было изучено содержание основных биологически необходимых макроэлементов в сыворотке крови опытных животных.

До проведения опыта при анализе основных эссенциальных макроэлементов в сыворотке крови поросят всех опытных групп установлено нарушение фосфорно-кальциевого обмена в сторону гиперфосфатемии и водно-солевого обмена в сторону гипернатриемии (табл. 2). Содержание фосфора в сыворотке крови находилось от 2,81 до 2,95 ммоль/л при средних нормативных значениях 1,29–1,94 ммоль/л [11], что связано с усиленным ростом молодых поросят в условиях интенсивной технологии выращивания [11].

Содержание натрия в сыворотке крови было от 158,76 до 174,94 ммоль/л при референтных

значениях 140,8–162,8 ммоль/л [11], что связано с возрастными изменениями [12], потерей воды на фоне диспепсии, гипертермией в помещении и обильным потоотделением у животных.

Через 3 недели после применения «Эймерала™ 50» и «Тилозина 50» концентрация сывороточного фосфора снизилась на 26,4% и 23,5%, а соотношение кальция и фосфора в крови поросят выросло до 1,2–1,3. После введения ХСД и ХФИ концентрация фосфора в сыворотке крови снизилась на 27,8% и 18,5%, а соотношение кальция и фосфора в крови поросят выросло до 1,2–1,1.

Что касается содержания натрия и калия, то их количество в сыворотке крови поросят всех опытных групп изменилось в сторону снижения концентрации натрия (гипонатриемия) и увеличения концентрации калия (гиперкалиемия).

Следует отметить, что в 1-й и во 2-й опытных группах снижение количества натрия произошло на 27,3% ($p < 0,001$) и 24% ($p < 0,001$) соответственно, а в 3-й и 4-й группах — на 22,8% ($p < 0,01$) и 16,1% ($p < 0,05$).

Снижение содержания натрия и увеличение калия в сыворотке крови 70-дневных поросят связано с возрастной динамикой изменений моновалентных электролитов в условиях интенсивного промышленного выращивания поросят [10, 12] и сменой комбикорма.

Выводы/Conclusions

Исходя из полученных данных, следует, что применение в рационе 49-дневных поросят на дорастивании хвойных кормовых добавок в дозе 2,5–7,5 мл на голову в течение 3 недель предотвращает развитие изоспороза и диспепсии в 100% случаев, способствует повышению уровня общего белка и кальция в сыворотке крови, что в свою очередь положительно влияет на рост поросят и позволяет выращивать их без применения противомикробных и противоэпизоотических препаратов.

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

- Сафиуллин Р.Т., Пруголо В.В. Программа борьбы с кокцидиозами свиней на промышленных свинокомплексах. *Свиноводство*. 2023; (2): 40–44. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2023-2-40-44>
- Анисимова М.А. Распространение и лечение смешанных инвазий свиней. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2013; 43: 174–176. <https://www.elibrary.ru/rjrrez>
- Мукасеев С.В. Эпизоотическая ситуация по паразитозам свиней в хозяйствах Центрального федерального округа РФ. *Российский паразитологический журнал*. 2011; (1): 66–74. <https://www.elibrary.ru/neclez>
- Худяков А.А., Сафиуллин Р.Т. Комплексный подход к борьбе с кокцидиозами свиней. *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями*. 2015; 16: 464–467. <https://www.elibrary.ru/yicwdp>

REFERENCES

- Safiullin R.T., Pruglo V.V. Pig coccidiosis control program in industrial farms. *Industrial & Pure-bred pig-breeding*. 2023; (2): 40–44 (in Russian). <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2023-2-40-44>
- Anisimova M.A. Distribution and treatment of mixed swine infestations. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2013; 43: 174–176 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rjrrez>
- Mukaseev S.V., Safiullin R.T. Epizootic situation on pigs parasitosis in facilities of the Central Federal Districts of the Russian Federation. *Russian Journal of Parasitology*. 2011; (1): 66–74 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/neclez>
- Hudakov A.A., Safiullin R.T. Complex approach to control of eimeriidae infections of swine. *Theory and practice of parasitic disease control*. 2015; 16: 464–467 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yicwdp>

5. Korotky V., Skornyakova O., Leukhina V., Sadykov E., Ryzhov V. Evaluation of the effectiveness of coniferous-phytogenic feed additives in case of eimeriosis infestation in calves. *Advancements in Life Sciences*. 2024; 11(2): 380–385.
6. Леухина В.А. Опыт применения хвойно-фитогенных кормовых добавок при лечении и профилактике эймериоза телят. *Российский паразитологический журнал*. 2024; 18(1): 74–79. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-1-74-79>
7. Шемуранова Н.А., Филатов А.В., Сапожников А.Ф. Продуктивность поросят разных генотипов в период дорастивания при применении им эмульсионного экстракта древесной зелени пихты. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2015; 18(1): 195–203.
8. Берендяева Л.А. Некоторые биохимические показатели сыворотки крови свиней в различные физиологические периоды. *Омский научный вестник*. 2003; (3): 165.
9. Мотузко Н.С., Кудрявцева Е.Н. Влияние интенсивных технологий выращивания на углеводный, липидный и минеральный обмен у свиней. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2013; 49(2–1): 141–144. <https://www.elibrary.ru/sdzdvj>
10. Панькова Е.К. Биохимические показатели сыворотки крови свиней разных генотипов. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021; (3): 292–295. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-292-295>
11. Шубина Т.П., Чопорова Н.В. Анализ влияния применения преи парата «Ветом 1» на показатели минерального обмена веществ у свиней. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024; (5): 9. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.74>
12. Рыжкова Г.Ф., Лебедева Н.В. АТФазная активность, распределение натрия и калия в тканях свиноматок и поросят-сосунков. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012; (6): 76–77. <https://www.elibrary.ru/robrvj>

ОБ АВТОРАХ

Василий Павлович Короткий¹

директор
himinvestnn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9597-6836>

Ольга Олеговна Скорнякова²

кандидат ветеринарных наук,
доцент кафедры
olymur@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2552-6581>

Виктор Анатольевич Рыжов¹

начальник отдела
woodnn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8275-9915>

Надежда Андреевна Самойлова²

студент
a.n.samoylova.02@mail.ru

Алёна Игоревна Ерастова²

студент
aliona.erastova@yandex.ru

¹ ООО Научно-технический центр «Химинвест»,
Нижне-Волжская набережная, 6/1, Нижний Новгород,
603001, Россия

² Вятский государственный агротехнологический
университет,
Октябрьский пр-т, 133, Киров, 610017, Россия

5. Korotky V., Skornyakova O., Leukhina V., Sadykov E., Ryzhov V. Evaluation of the effectiveness of coniferous-phytogenic feed additives in case of eimeriosis infestation in calves. *Advancements in Life Sciences*. 2024; 11(2): 380–385.

6. Leukhina V.A. Use experience of coniferous and phytogenic feed additives in treatment and prevention of eimeriosis in calves. *Russian Journal of Parasitology*. 2024; 18(1): 74–79 (in Russian). <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2024-18-1-74-79>

7. Shemuranova N.A., Filatov A.V., Sapozhnikov A.F. Productivity of piglets of different genotypes during rearing when using an emulsion extract of fir tree greens. *Current problems of intensive development of animal husbandry*. 2015; 18(1): 195–203 (in Russian).

8. Berendyaeva L.A. Some biochemical parameters of pig blood serum in various physiological periods. *Omsk Scientific Bulletin*. 2003; (3): 165 (in Russian).

9. Motuzko N.S., Kudryavtseva E.N. Influence of intensive technologies of cultivation on the carbohydrate, lipidic and mineral exchange at pigs. *Scientific notes of the educational institution «Vitebsk Order «Badge of Honor» State Academy of Veterinary Medicine»*. 2013; 49(2–1): 141–144 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sdzdvj>

10. Pankova E.K. Biochemical parameters of blood serum of pigs of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; (3): 292–295 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-292-295>

11. Shubina T.P., Choporova N.V. An analysis of the impact of «Vetom 1» on mineral metabolism in pigs. *International Research Journal*. 2024; (5): 9. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.143.74> (in Russian)

12. Ryzhkova G.F., Lebedeva N.V. ATPase activity, distribution of sodium and potassium in tissues of sows and suckling pigs. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2012; (6): 76–77 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/robrvj>

ABOUT THE AUTHORS

Vasily Pavlovich Korotky¹

Director
himinvestnn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9597-6836>

Olga Olegovna Skornyakova²

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
of the Department
olymur@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2552-6581>

Viktor Anatolyevich Ryzhov¹

Head of Department
woodnn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8275-9915>

Nadezhda Andreevna Samoilova²

Student
a.n.samoylova.02@mail.ru

Alena Igorevna Erastova²

Student
aliona.erastova@yandex.ru

¹ LLC Scientific and Technical Center «Khiminvest»,
6/1 Nizhne-Volzhskaia naberezhnaya, Nizhny Novgorod,
603001, Russia

² Vyatka State Agrotechnological University,
133 Oktyabrsky Ave., Kirov, 610017, Russia

УДК 636.22/28.087.29

Научная статья



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-81-87

В.И. Косилов¹
Ю.А. Юлдашбаев²
Е.А. Никонова¹ ✉
И.А. Рахимжанова¹
О.П. Неверова³
Т.А. Седых^{4,5}
Р.Г. Калякина¹
А.Х. Абдурасулов⁶

¹Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

⁴Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия

⁵Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

⁶Ошский государственный университет, Ош, Кыргызстан

✉ nikonovaea84@mail.ru

Поступила в редакцию: 01.02.2024
 Одобрена после рецензирования: 10.03.2025
 Принята к публикации: 24.03.2025

© Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Никонова Е.А., Рахимжанова И.А., Неверова О.П., Седых Т.А., Калякина Р.Г., Абдурасулов А.Х.

Research article



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-81-87

Vladimir I. Kosilov¹
Yusupzhan A. Yuldashbaev²
Elena A. Nikonova¹ ✉
Ilmira A. Rakhimzhanova¹
Olga P. Neverova³
Tatiana A. Sedykh^{4,5}
Raila G. Kalyakina¹
Abdugani Kh. Abdurasulov⁶

¹Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

²K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University — Moscow Agrarian Academy, Moscow, Russia

³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

⁴Akmulla Bashkir State Pedagogical University, Ufa, Russia

⁵Bashkir Research Institute of Agriculture — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

⁶Osh State University, Osh, Kyrgyzstan

✉ nikonovaea84@mail.ru

Received by the editorial office: 01.02.2024
 Accepted in revised: 10.03.2025
 Accepted for publication: 24.03.2025

© Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Nikonova E.A., Neverova O.P., Rakhimzhanova I.A., Sedykh T.A., Kalyakina R.G., Abdurasulov A.Kh.

Влияние генотипа молодняка овец на баланс азота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В результате балансовых опытов получены материалы, характеризующие влияние генотипа и кастрации молодняка овец на белковый обмен.

Методика. С целью проведения эксперимента были подобраны группы подопытного молодняка: чистопородные баранчики цигайской породы — I группа; помесные баранчики первого поколения с эдильбаевской породой ($\frac{1}{2}$ цигайская $\times$ $\frac{1}{2}$ эдильбаевская) — II группа; чистопородные валушки цигайской породы — III группа; помесные валушки ($\frac{1}{2}$ цигайская $\times$ $\frac{1}{2}$ эдильбаевская) — IV группа.

Результаты. Установлено влияние генотипа и кастрации молодняка крупных овец на белковый обмен баранчиков и валушков цигайской породы и ее помесей первого поколения с эдильбаевской породой. Установлено, что вследствие проявления эффекта скрещивания помесные баранчики II группы превосходили чистопородных баранчиков I группы по величине коэффициента использования азота от принятого на 1,39%, от переваренного — на 1,38%, у валушков разница в пользу помесей составляла 2,68% и 3,87% соответственно. Причем баранчики лучше использовали азот на синтез продукции, чем валушки.

Ключевые слова: овцеводство, цигайская порода, помеси с эдильбаевской, баранчики, валушки, азот, потребление, переваривание, отложение в теле, коэффициент использования

Для цитирования: Косилов В.И. и др. Влияние генотипа молодняка овец на баланс азота. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 81–87 (in English). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-81-87>

The effect of the genotype of young sheep on the nitrogen balance

ABSTRACT

Relevance. As a result of balance experiments, materials characterizing the effect of genotype and castration of young sheep on protein metabolism were obtained.

Methodology. For the purpose of the experiment, groups of experimental young animals were selected: purebred sheep of the Tsigai breed — group I; crossbred sheep of the first generation with the Edilbai breed ($\frac{1}{2}$ Tsigai $\times$ $\frac{1}{2}$ Edilbai) — group II; purebred boulders of the Tsigai breed — group III; crossbred boulders ($\frac{1}{2}$ Tsigai $\times$ $\frac{1}{2}$ Edilbai) — group IV.

Results. The influence of the genotype and castration of young sheep on the protein metabolism of sheep and boulders of the Qigai breed and its first-generation crossbreeds with the Edilbaev breed has been established. It was found that due to the manifestation of the crossing effect, crossbred sheep of group II surpassed purebred sheep of group I in terms of the nitrogen utilization coefficient from the accepted by 1.39%, from the digested by 1.38%, the difference in favor of the crossbred was 2.68% and 3.87%, respectively. Moreover, the rams used nitrogen better for the synthesis of products than the rolls.

Key words: sheep breeding, Qigai breed, crossbreeds with Edilbaevskaya, sheep, boulders, nitrogen, consumption, digestion, deposition in the body, utilization coefficient.

For citation: Kosilov V.I. et al. The effect of the genotype of young sheep on the nitrogen balance. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 81–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-81-87>

Введение/Introduction

Обеспечение населения достаточным количеством белков в соответствии с рекомендованными нормами питания — важная задача для повышения качества и оптимизации структуры рациона [1–3]. В связи с этим актуальность проблемы увеличения объемов его производства сегодня остается высокой [4–7].

Традиционной отраслью для многих регионов Российской Федерации и Кыргызской Республики является овцеводство. Ее популярность обусловлена минимальной ресурсоемкостью и производством широкого ассортимента продукции [8, 9]. В первую очередь это ценные продукты питания, такие как ягнятина и баранина, бараний жир, овечье молоко и продукты ее переработки: сыры, брынза. Кроме того, овцеводство поставляет легкой промышленности шерсть, овчины, каракуль, смушки, тонкие кишки, шерстный жир.

Баранина, являясь одним из источников мяса, представляет собой значимый и ценный элемент в рационе человека, который служит важным поставщиком животного белка [4, 10, 11].

Овцеводство в настоящее время — перспективная отрасль животноводства в степных районах Российской Федерации, в том числе на Южном Урале [12–14]. Это обусловлено уникальными хозяйственно-биологическими особенностями овец [15–17]. В первую очередь это адаптационная пластичность, позволяющая разводить животных в различных природно-климатических условиях. Кроме того, овцы отличаются неприхотливостью к условиям содержания и поедаемостью трав широкого видового состава [7, 18–20].

Для круглогодичного обеспечения населения городов, крупных населенных пунктов, а также внешнего рынка в баранине и удовлетворения потребности промышленности в сырье приоритетным направлением становится мясо-сальное овцеводство. Важная особенность мясо-сальных овец — их скороспелость. Известно, что в условиях благоприятного кормления и содержания наиболее интенсивно растет и развивается молодняк в более раннем возрасте.

Наше внимание привлечено к использованию овец эдильбаевской породы. Животные не только отличаются высоким уровнем мясной продуктивности, но и обладают выдающимися качественными характеристиками мяса. Важно отметить, что данные ценнейшие хозяйственно-биологические свойства стабильным образом передаются потомству независимо от того, осуществляется ли чистопородное разведение или межпородное скрещивание [21, 22].

Эдильбаевские овцы характеризуются широкой экологической приспособленностью. Это видно из того, что они показали хорошую приспособленность к обитанию во всех зонах овцеводства Казахстана — своей исторической родины.

Увеличение мясной продуктивности овец напрямую зависит от наращивания массы мышечной ткани в организме, поскольку эта ткань представляет собой наиболее ценный компонент с точки зрения питания. Процесс роста мышечной ткани в организме тесно связан с поступлением питательных веществ и их обработкой организмом [23–26]. Поэтому проявить генетический потенциал продуктивности овцы могут лишь при организации соответствующих условий содержания и полноценном, сбалансированном кормлении [25, 26].

Существование и развитие любого живого организма тесно связаны с обменом белков. Белки кормов рациона представляют собой сложные по структуре соединения. Известно, что основной структурной единицей белков является азот, поэтому изучение обмена белков в организме проводят на основе определения баланса азота. По количеству потребленного, усвоенного и переваренного азота можно судить о степени использования азотистых компонентов кормов рациона. Это в свою очередь может служить индикатором уровня мясной продуктивности откармливаемого молодняка.

В связи с этим при интенсивном выращивании молодняка на мясо важным является оценка потребления и использования питательных веществ рациона. Особое внимание следует уделять полноценности белкового питания путем определения баланса азота.

Цель данного исследования — изучить влияние генотипа молодняка овец на баланс азота

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в ООО «Нива» Кувандыкского района Оренбургской области Российской Федерации в 2024 г.

При проведении научно-хозяйственного опыта из новорожденных баранчиков февральского окота были сформированы две группы молодняка (по 30 голов в каждой):

✓ А) чистопородные баранчики цигайской породы;

✓ Б) помеси первого поколения ($\frac{1}{2}$ цигайская $\times$ $\frac{1}{2}$ эдильбаевская).

В 2-месячном возрасте половину баранчиков обеих групп кастрировали открытым способом с полным удалением семенников.

Таким образом, объектом исследования являлись:

✓ чистопородные баранчики цигайской породы — I группа;

✓ помесные баранчики первого поколения ($\frac{1}{2}$ цигайская $\times$ $\frac{1}{2}$ эдильбаевская) — II группа;

✓ чистопородные валушки цигайской породы — III группа,

✓ помесные валушки ($\frac{1}{2}$ цигайская $\times$ $\frac{1}{2}$ эдильбаевская) — IV группа.

Содержание животных осуществляли по принятой в овцеводстве технологии¹.

В зимний период в течение дня животные содержались в загонках, а на ночь размещались в помещении. Рационы кормления подопытного молодняка составляли в соответствии с детализированными нормами кормления (А.П. Калашников и др., 2003 г.²) и изменяли в зависимости от возраста. В летний период основным кормом являлась пастбищная трава.

В 8-месячном возрасте устанавливали баланс азота у трех баранчиков каждого генотипа путем проведения физиологического (балансового) опыта³.

Эксперименты проводили в соответствии с требованиями Директивы о защите животных, использующихся для научных целей⁴, и принципами обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ⁵.

Для статистического анализа использовали программное обеспечение Microsoft Excel (США). Используя методические указания⁶, вычисляли среднюю арифметическую ($\bar{X}$) и ошибку средней арифметической ($\pm Sx$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При проведении исследования молодняку всех подопытных групп были созданы оптимальные условия кормления. При этом отмечалось влияние генотипа и физиологического состояния на уровень потребления отдельных видов кормов рациона, питательных веществ и энергии.

Установлено, что помесный молодняк отличается большим потреблением кормов. Так, помесные баранчики II группы превосходили чистопородных сверстников цигайской породы I группы по потреблению молока на 1,8 кг (2,1%), концентратов — на 2,4 кг (3,0%), сена — на 1,8 кг (1,0%), сенажа — на 2,5 кг (1,8%), травы пастбищной — на 3,9 кг (1,2%), зеленой массы кукурузы и сеяных трав — на 2,4 кг (2,0%), силоса — на 4,3 кг (1,3%).

Аналогичные межгрупповые различия отмечались и по валушкам. Достаточно отметить, что чистопородные валушки цигайской породы III группы уступали помесным валушкам ($\frac{1}{2}$ эдильбай $\times$ $\frac{1}{2}$ цигайская) IV группы по потреблению молока на 2,1 кг (2,6%), концентратов — на 3,8 кг (5,3%), сена — на 2,3 кг (1,3%), сенажа — на 1,9 кг (1,4%), травы пастбищной — на 2,8 кг (0,9%), зеленой массы кукурузы и сеяных трав — на 1,3 кг (1,1%), силоса — на 5,4 кг (3,6%).

Установлено, что кастрация баранчиков приводила к снижению потребления валушками всех видов кормов. Так, чистопородные баранчики цигайской породы I группы превосходили чистопородных валушков III группы по потреблению молока на 3,8 кг (4,7%), концентратов — на 7,0 кг (9,7%), сена — на 12,4 кг (7,3%), сенажа — на 2,2 кг (1,6%), травы пастбищной — на 2,7 кг (0,8%), зеленой массы кукурузы и сеяных трав — на 2,2 кг (1,8%), силоса — на 3,8 кг (2,5%).

Аналогичные межгрупповые различия установлены и у помесного молодняка. Так, помесные валушки ($\frac{1}{2}$ эдильбайская $\times$ $\frac{1}{2}$ цигайская) IV группы уступали помесным баранчикам этого генотипа III группы по потреблению молока на 3,5 кг (4,2%), концентратов — на 6,3 кг (8,4%), сена — на 1,9 кг (1,0%), сенажа — на 2,8 кг (2,0%), травы пастбищной — на 3,8 кг (1,2%), зеленой массы кукурузы и сеяных трав — на 3,3 кг (2,7%), силоса — на 2,6 кг (1,7%).

Неодинаковое потребление отдельных видов кормов молодняком разных подопытных групп обусловило межгрупповые различия по затратам питательных веществ и энергии. При этом помесный молодняк превосходил чистопородных сверстников. Так, баранчики цигайской породы I группы уступали помесным сверстникам II группы по потреблению кормовых единиц на 8,7 кг (2,3%), энергетических кормовых единиц — на 8,9 МДж (2,3%), переваримого протеина — на 0,88 кг (2,3%), сухого вещества — на 10,48 кг (2,4%).

Аналогичные межгрупповые различия отмечались и у валушков. Достаточно отметить, что помесные валушки IV группы превосходили чистопородных сверстников цигайской породы III группы по потреблению кормовых единиц на 9,7 кг (2,6%), энергетических кормовых единиц — на 9,9 МДж (2,5%), переваримого протеина — на 1,36 кг (3,6%), сухого вещества — на 6,16 кг (1,4%).

Кастрация баранчиков вследствие уменьшения потребления всех видов кормов валушками приводила к снижению уровня потребления ими питательных веществ и энергии. Так, чистопородные баранчики цигайской породы I группы превосходили валушков того же генотипа III группы по потреблению кормовых единиц на 10,7 кг (2,9%), энергетических кормовых единиц — на 9,1 МДж (2,4%), переваримого протеина — на 1,46 кг (3,9%), сухого вещества — на 10,48 кг (2,4%).

Аналогичные межгрупповые различия отмечались и у помесного молодняка. Достаточно отметить, что помесные валушки IV группы уступали

¹ Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 1 ноября 2022 года № 774 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания овец и коз в целях их воспроизводства, выращивания и реализации».

² Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е изд. (перераб. и доп.) / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. Москва. 2003; 456. ISBN 5-94587-093-5

³ Методология и методы научных исследований в животноводстве: учебное пособие / сост. Е.Н. Мартынова. Ижевск: Ижевская ГСХА. 2019.

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 Плохинский Н.А. Биометрия. 2-е изд. М.: Издательство Московского университета. 1970.

помесным баранчикам II группы по потреблению кормовых единиц на 9,7 кг (2,6%), энергетических кормовых единиц — на 8,1 МДж (2,1%), переваренного протеина — на 0,98 кг (2,5%), сухого вещества — на 14,03 кг (3,2%).

Таким образом, молодняку подопытных групп были созданы оптимальные условия содержания и кормления. Это способствовало интенсивному их росту и достижению достаточно высокого уровня живой массы.

Известно, что белки имеют важное физиологическое значение и выполняют комплекс важных функций в жизнедеятельности организма животного. Белки кормов рациона при попадании в желудочно-кишечный тракт под действием ферментов, содержащихся в желудочном соке, распадаются до более простых веществ, таких как полипептиды и аминокислоты. С током крови они переносятся во все органы и ткани животного организма и принимают участие в синтезе белковых структур и биологически активных веществ, таких как антитела, гормоны, ферменты.

При мониторинге направления и эффективности обмена веществ в организме растущего молодняка овец разного генотипа и пола устанавливается масса белка, необходимая животному для интенсивного роста и развития, и определяется вид белков, способствующих этому процессу.

Исходя из того что азот является основной составляющей белковой структуры, путем определения его баланса устанавливаются его характер и интенсивность белкового обмена в организме.

Баланс азота в организме определяется путем установления разницы между массой, потребленной животным с белками кормов азота, и его количеством, выделенным из организма в процессе жизнедеятельности с калом и мочой. Это во многом дает характеристику биологической полноценности кормов рациона и по своей сути является обобщенным показателем степени и характера использования организмом азотистых веществ.

Следует иметь в виду, что баланс азота в организме молодняка овец обусловлен влиянием комплекса факторов, в частности генотипа и пола. Об этом же свидетельствуют полученные данные физиологического опыта (табл. 1).

При этом вследствие проявления эффекта скрещивания помесный молодняк превосходил чистопородных сверстников как по потреблению, так и по использованию азота корма при положительном его балансе. Так, чистопородные баранчики I группы уступали помесным сверстникам II группы по массе потребленного азота на 5,51 г (17,03%, $p < 0,01$), переваренного — на 3,92 г (19,50%, $p < 0,05$), отложенного в теле — на 1,87 г (23,70%). Кроме того, баранчики II группы превосходили сверстников I группы по массе азота, выделенного с калом и мочой, на 1,59 г (12,98%) и 2,05 г (16,79%) соответственно.

Аналогичные межгрупповые различия по потреблению азота отмечались и у валушков. Достаточно отметить, что чистопородные валушки III группы уступали помесным сверстникам IV группы по массе потребленного азота на 5,13 г (17,16%, $p < 0,01$), переваренного — на 3,43 г (18,50%, $p < 0,05$), отложенного в теле — на 1,64 г (23,80%), выделенного с калом и мочой — на 1,70 г (14,98%) и 1,38 г (11,44%) соответственно.

Характерно, что кастрация как чистопородных, так и помесных баранчиков оказала негативное влияние на потребление азота валушками. Так, чистопородные валушки III группы уступали чистопородным баранчикам I группы по массе потребленного азота на 2,46 г (8,23%, $p < 0,05$), переваренного — на 1,56 г (8,41%, $p < 0,05$), отложенного в теле — на 1,00 г (12,67%), выделенного с калом и мочой — на 0,90 г (7,93%) и 0,15 г (1,24%) соответственно.

Помесные баранчики II группы во всех случаях превосходили помесных валушков IV группы по потреблению азота. По общей массе потребленного с кормом азота это преимущество баранчиков над валушками составляло 2,84 г (8,11%, $p < 0,05$), массе переваренного азота — 2,05 г (9,33%, $p < 0,05$), отложенного в теле — на 1,23 г (14,42%), выделенного с калом и мочой — 0,83 г (6,36%) и 0,82 г (6,10%) соответственно.

Межгрупповые различия по массе поступившего с кормом азота, количеству переваренного и отложенного в теле, обусловленные генотипом и физиологическим состоянием молодняка овец,

оказали влияние и на эффективность его использования для синтеза сельскохозяйственной продукции. При этом вследствие проявления эффекта скрещивания помесные баранчики II группы превосходили чистопородных сверстников I группы по величине коэффициента использования азота от принятого на 1,39%, а от переваренного — на 1,38%. Аналогичные межгрупповые различия по величине анализируемых показателей отмечались и у валушков.

Таблица 1. Среднесуточный баланс азота у подопытных баранчиков и валушков, г (n = 3)

Table 1. The average daily nitrogen balance in the experimental rams and boulders, g (n = 3)

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Поступило с кормом	32,35 ± 1,15	37,86 ± 1,37**	29,89 ± 0,40*	35,02 ± 0,45**
Выделено с калом	12,25 ± 1,01	13,84 ± 1,24	11,35 ± 0,62	13,05 ± 0,67
Переварено	20,10 ± 1,61	24,02 ± 1,86*	18,54 ± 1,27	21,97 ± 1,40*
Выделено с мочой	12,21 ± 1,03	14,26 ± 1,12	12,06 ± 1,13**	13,44 ± 1,24
Отложено в теле	7,89 ± 0,78	9,76 ± 0,96**	6,89 ± 0,46	8,53 ± 0,54**
Коэффициент использования, %:				
от принятого	24,39	25,78	21,68	24,36
от переваренного	39,26	40,64	34,96	38,83

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Достаточно отметить, что чистопородные валушки III группы уступали помесям IV группы по величине коэффициента использования азота от принятого на 2,68%, от переваренного — на 3,87%.

Полученные данные и их анализ свидетельствуют, что валушки хуже, чем баранчики, использовали азот на синтез мясной продукции. При этом чистопородные валушки III группы уступали чистопородным баранчикам I группы по величине коэффициента использования азота от принятого на 2,71%, от переваренного — на 4,30%. У помесей разница в пользу баранчиков по величине анализируемого показателя составляла, соответственно, 1,42% и 1,81%.

Выводы/Conclusions

Анализ полученных данных свидетельствует о положительном балансе азота у молодняка всех подопытных групп. При этом помеси вследствие проявления эффекта скрещивания характеризовались большей массой потребленного азота и более эффективным его использованием на синтез продукции. Достаточно отметить, что помесный молодняк превосходил чистопородных по массе потребленного азота на 5,13–5,51 г (17,16–17,03%, $p < 0,01$), переваренного — на 3,43–3,92 г (18,50–19,50%, $p < 0,05$), отложенного в теле — на 1,64–1,87 г (23,80–23,70%).

Кастрация баранчиков приводила к снижению потребления и эффективности использования азота в обменных процессах.

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. Zabegalova G., Novokshanova A., Sysoyeva E. Creation of a protein product for athletes based on meat raw materials. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2931(1): 050001. <https://doi.org/10.1063/5.0179325>
2. Zubairova L., Mironova I., Khabibullin I., Salikhov A., Khabibullin R. Improving the quality of beef and its use in the production of enriched minced semi-finished products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501016>
3. Rebezov M. *et al.* Improving meat quality and safety: innovative strategies. *Potravinarstvo*. 2024; (18): 523–546. <https://doi.org/10.5219/1972>
4. Кубатбеков Т.С., Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И., Ребезов М.Б., Абдурасулов А.Х. Качественные показатели мышечной ткани молодняка овец разного пола. *Вестник Ошского государственного университета*. 2021; (1–2): 338–344. https://doi.org/10.52754/16947452_2021_1_2_338
5. Билтуев С.И., Ачитуев В.А., Жамьянов Б.В., Дымбрылова Э.Ц. Показатели убоя и питательная ценность мяса молодняка овец разных пород. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2019; (4): 17–19. <https://elibrary.ru/ourmoa>
6. Войтюк М.М., Мачнева О.П. Современное состояние овцеводства в России. *Эффективное животноводство*. 2021; (4): 102–105. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-4-102-105>
7. Ключкова М.А., Салихов А.А., Галиева З.А. Потребление кормов и питательных веществ молодняком овец разных генотипов. *Актуальные проблемы ветеринарной медицины и биотехнологии. Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием*. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет. 2022; 167–169. <https://elibrary.ru/dekfuk>
8. Никонова Е.А. и др. Интенсивность роста баранчиков романовской породы и ее помесей с эдильбаевской разных поколений. *Наука и образование*. 2022; 4–3(69): 3–9. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-4-3-3-10>
9. Omonov M. Influence of biologically active substances of blood of Karakulsan sheep rim on preservation of gene pool and productivity *E3S Web of Conferences*. 2024; 494: 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449404004>
10. Ключкова М.А., Ребезов М.Б., Хайруллина Ф.Р. Эффективность скрещивания эдильбаевской и цигайской пород овец на Южном Урале. *Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием*. Курган: Курганская ГСХА. 2021; 741–744. <https://elibrary.ru/yqufsq>

REFERENCES

1. Zabegalova G., Novokshanova A., Sysoyeva E. Creation of a protein product for athletes based on meat raw materials. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2931(1): 050001. <https://doi.org/10.1063/5.0179325>
2. Zubairova L., Mironova I., Khabibullin I., Salikhov A., Khabibullin R. Improving the quality of beef and its use in the production of enriched minced semi-finished products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501016>
3. Rebezov M. *et al.* Improving meat quality and safety: innovative strategies. *Potravinarstvo*. 2024; (18): 523–546. <https://doi.org/10.5219/1972>
4. Kubatbekov T.S., Yuldashbaev Yu.A., Kosilov V.I., Rebezov M.B., Abdurasulov A.Kh. Qualitative indicators of muscle tissue of young sheep of different sexes. *Bulletin of Osh State University*. 2021; (1–2): 338–344 (in Russian). https://doi.org/10.52754/16947452_2021_1_2_338
5. Biltuev S.I., Achituyev V.A., Zhamyanov B.V., Dymbrylova E.Ts. Slaughter indicators and nutritional value of meat of young sheep of different breeds. *Sheep, goats, wool business*. 2019; (4): 17–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/ourmoa>
6. Voytyuk M.M., Machneva O.P. Current state of sheep breeding in Russia. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2021; (4): 102–105 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-4-102-105>
7. Klochkova M.A., Salikhov A.A., Galiyeva Z.A. Consumption of feed and nutrients by young sheep of different genotypes. *Actual problems of veterinary medicine and biotechnology. Proceedings of the National scientific and practical conference with international participation*. Orenburg: Orenburg State Agrarian University. 2022; 167–169. (in Russian). <https://elibrary.ru/dekfuk>
8. Nikonova E.A. *et al.* Growth intensity of Romanov rams and their crosses with Edilbaevskaya of different generations. *Science and Education*. 2022; 4–3(69): 3–9 (in Russian). <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-4-3-3-10>
9. Omonov M. Influence of biologically active substances of blood of Karakulsan sheep rim on preservation of gene pool and productivity *E3S Web of Conferences*. 2024; 494: 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449404004>
10. Klochkova M.A., Rebezov M.B., Khairullina F.R. Efficiency of crossing Edilbaevskaya and Tsigayskaya sheep breeds in the South Urals. *Achievements and prospects of scientific and innovative development of the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the II All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation*. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy. 2021; 741–744 (in Russian). <https://elibrary.ru/yqufsq>

11. 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>
12. Косилов В.И., Кубатбеков Т.С., Рахимжанова И.А., Миронова И.В., Юлдашбаева А.Ю. Морфологический состав и соотношение тканей в туше баранчиков романовской породы и ее помесей с эдильбаевской породой. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2023; (1): 25–27.
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-1-25-27>
13. Плотникова Е.В. Проблемы и экономические аспекты инновационного развития овцеводства в России и Краснодарском крае. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2022; 96: 40–46.
<https://doi.org/10.21515/1999-1703-96-40-46>
14. Кубатбеков Т.С., Мамаев С.Ш., Галиева З.А. Продуктивные качества баранчиков разных генотипов. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014; (2): 138–140.
<https://elibrary.ru/qkimwf>
15. Перевойко Ж.А. Липидный состав и экологическая безопасность мышечной ткани чистопородных и помесных баранчиков. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023; (5): 328–332.
<https://elibrary.ru/seoshz>
16. Карабаева М., Колотова Н. Мясная продуктивность и качество мяса молодняка овец разных генотипов. *Ветеринария сельскохозяйственных животных*. 2017; (1): 16–21.
<https://elibrary.ru/yunkxb>
17. Трухачев В.И., Илиади Ю.Х., Басонов О.А. Количественные и качественные показатели мясной продуктивности молодняка овец горьковской породы в зависимости от возраста убоя. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2023; (3): 22–26.
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-3-22-26>
18. Мальчиков Р.В. Биологическая полноценность, физико-химические и технологические свойства длиннейшей мышцы спины баранчиков разных генотипов. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023; (5): 324–328.
<https://elibrary.ru/miqcvm>
19. Ерохин А.И., Карасев Е.А., Магоматов Т.А., Лебедева И.М. Влияние кастрации баранчиков на их мясную производительность. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2007; (2): 13–17.
<https://elibrary.ru/okersv>
20. Шкилев П.Н., Газеев И.Р., Никонова Е.А. Биологическая ценность мяса овец цигайской, южноуральской и ставропольской пород с учетом возраста, пола и кастрации. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2011; (1): 181–185.
<https://elibrary.ru/ndrggt>
21. Рахимжанова И.А., Ребезов М.Б., Ключкова М.А., Лукина М.Г., Газеев И.Р., Галиева З.А. Возрастная динамика молодняка цигайской породы и ее помесей с эдильбаевской. *Мичуринский агрономический вестник*. 2022; (2): 21–26.
<https://elibrary.ru/ekszlr>
22. Комарова Н.К., Рахимжанова И.А., Кошкин И.П., Быкова О.А., Ребезов М.Б., Седых Т.А. Энергетическая ценность, йодное число и температура плавления жировой ткани туши баранчиков романовской породы и ее помесей разных поколений с эдильбаевской. *Мичуринский агрономический вестник*. 2023; (2): 12–15.
<https://elibrary.ru/hrxkcy>
23. Джуряева У.Ш., Ипполитова Т.В., Хайитов А.Х. Влияние кормового животного жира на эффективность использования азота и весовой рост овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2015; (1): 37–39.
<https://elibrary.ru/tpwwhp>
24. Скорых Л.Н., Вольный Д.Н., Абонеев Д.В. Рост и развитие молодняка овец, полученных в результате промышленного скрещивания. *Зоотехния*. 2009; (11): 26–28.
<https://elibrary.ru/kyqlux>
25. Гяглоев А.Ч., Негреева А.Н., Юрьева Е.В., Самсонова О.Е., Нечепорук А.Г. Особенности роста и развития молодняка овец разного генотипа. *Наука и образование*. 2021; 4(2): 377.
<https://elibrary.ru/lclcne>
26. Лушников В.П., Стрильчук А.А. Мясная продуктивность баранчиков эдильбаевской породы в зависимости от размера курдюка. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2023; (1): 23–25.
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-1-23-25>
11. Yuldashbayev Yu.A. et al. The effect of young ram's 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>
12. Kosilov V.I., Kubatbekov T.S., Rakhimzhanova I.A., Mironova I.V., Yuldashbayeva A.Yu. Morphological composition and tissue ratio in the carcass of Romanov breed sheep and its crossbreeds with the Edilbaev breed. *Sheep, goats, wool business*. 2023; (1): 25–27 (in Russian).
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-1-25-27>
13. Plotnikova E.V. Problems and economic aspects of sheep breeding innovative development in Russia and the Krasnodar Territory. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022; 96: 40–46 (in Russian).
<https://doi.org/10.21515/1999-1703-96-40-46>
14. Kubatbekov T.S., Mamaev S.Sh., Galieva Z.A. Productive qualities of ram lambs of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2014; (2): 138–140 (in Russian).
<https://elibrary.ru/qkimwf>
15. Perevoyko Zh.A. Lipid composition and ecological safety of muscle tissue of purebred and crossbred sheep. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023; (5): 328–332 (in Russian).
<https://elibrary.ru/seoshz>
16. Karabaeva M., Kolotova N. Meat productivity and quality of meat young growth of sheep of different genotypes. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2017; (1): 16–21 (in Russian).
<https://elibrary.ru/yunkxb>
17. Trukhachev V.I., Iliadi Yu.Kh., Basonov O.A. Quantitative and qualitative indicators of meat productivity of young sheep of the Gorky breed depending on the age of slaughter. *Sheep, goats, wool business*. 2023; (3): 22–26 (in Russian).
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-3-22-26>
18. Malchikov R.V. Biological usefulness, physico-chemical and technological properties of the longest back muscle of sheep of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023; (5): 324–328 (in Russian).
<https://elibrary.ru/miqcvm>
19. Yerokhin A.I., Karasev E.A., Magomadov T.A., Lebedeva I.M. The effect of castration of sheep on their meat productivity. *Sheep, goats, wool business*. 2007; (2): 13–17 (in Russian).
<https://elibrary.ru/okersv>
20. Shkilyov P.N., Gazeev I.R., Nikonova Ye.A. Biological value of mutton of Tsigay, Yuzhnouralskaya and Stavropolskaya sheep breeds taking into account their age, sex and castration. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2011; (1): 181–185 (in Russian).
<https://elibrary.ru/ndrggt>
21. Rakhimzhanova I.A., Rebezov M.B., Klochkova M.A., Lukina M.G., Gazeev I.R., Galieva Z.A. Weight growth of young Qigai breed and its crossbreeds with Edilbaevskaya. *Michurinsk agronomy bulletin*. 2022; (2): 21–26 (in Russian).
<https://elibrary.ru/ekszlr>
22. Komarova N.K., Rakhimzhanova I.A., Koshkin I.P., Bykova O.A., Rebezov M.B., Sedykh T.A. Energy value, iodine number and melting point of adipose tissue of the carcass of Romanov sheep and its crossbreeds of different generations with Edilbaevskaya. *Michurinsk agronomy bulletin*. 2023; (2): 12–15 (in Russian).
<https://elibrary.ru/hrxkcy>
23. Dzhurayeva U.Sh., Ippolitova T.V., Khaitov A.Kh. Effect of feed animal fat on the efficiency of nitrogen use and weight growth of sheep. *Sheep, goats, wool business*. 2015; (1): 37–39 (in Russian).
<https://elibrary.ru/tpwwhp>
24. Scorykh L.N., Volny D.N., Aboneev D.V. Growth and development of young sheeps obtained by industrial cross breeding. *Zootekniya*. 2009; (11): 26–28 (in Russian).
<https://elibrary.ru/kyqlux>
25. Gagloev A.Ch., Negreeva A.N., Yuryeva E.V., Samsonova O.E., Nepochuk A.G. Features of growth and development of young sheep of different genotypes. *Nauka i obrazovaniye*. 2021; 4(2): 377 (in Russian).
<https://elibrary.ru/lclcne>
26. Lushnikov V.P., Strilchuk A.A. Meat productivity of rams of the Edilbaevskaya breed depending on the size of the fat-tail. *Sheep, goats, wool business*. 2023; (1): 23–25 (in Russian).
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-1-23-25>

ОБ АВТОРАХ

Владимир Иванович Косилов¹

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры технологии производства
и переработки продукции животноводства
kosilov_vi@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

Юсупжан Артыкович Юлдашбаев²

доктор сельскохозяйственных наук,
академик Российской академии наук,
профессор
zoo@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

Елена Анатольевна Никонова¹

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры технологии производства
и переработки продукции животноводства
nikonovaea84@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

Ильмира Агзамовна Рахимжанова¹

доктор сельскохозяйственных наук
kaf36@orensau.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7771-7291>

Ольга Петровна Неверова³

кандидат биологических наук,
доцент, заведующая кафедрой биотехнологии
и пищевых продуктов
opneverova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>

Татьяна Александровна Седых^{4,5}

доктор биологических наук
nio_bsau@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5401-3179>

Райля Губайдулловна Калякина¹

кандидат биологических наук
kalyakina_railya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8892-0669>

Абдугани Халмурзаевич Абдурасулов⁶

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры ветеринарной медицины
и биотехнологии
abdurasul65@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3714-6102>

¹Оренбургский государственный аграрный университет,
ул. Челюскинцев, 18, Оренбург, 460014, Россия

²Российский государственный аграрный университет —
МСХА им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

³Уральский государственный аграрный университет,
ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

⁴Башкирский государственный педагогический
университет им. М. Акмуллы,
ул. Октябрьской революции, 3А, Уфа, 450077, Россия

⁵Башкирский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства — обособленное структурное
подразделение Уфимского федерального
исследовательского центра Российской академии наук,
ул. им. Рихарда Зорге, 19, Уфа, 450059, Россия

⁶Ошский государственный университет,
ул. им. В.И. Ленина, 331, Ош, 723500, Кыргызстан

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir Ivanovich Kosilov¹

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor of the Department of Technology
of Production and Processing of Livestock Products
kosilov_vi@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

Yusupzhan Artykovich Yuldashbaev²

Doctor of Agricultural Sciences,
Academician of the Russian Academy of Sciences,
Professor
zoo@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

Elena Anatolyevna Nikonova¹

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor of the Department of Technology
of Production and Processing of Livestock Products
nikonovaea84@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0906-8362>

Ilmira Agzamovna Rakhimzhanova¹

Doctor of Agricultural Sciences
kaf36@orensau.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7771-7291>

Olga Petrovna Neverova³

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor, Head of the Department
of Biotechnology and Food Products
opneverova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>

Tatyana Alexandrovna Sedykh^{4,5}

Doctor of Biological Sciences
nio_bsau@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5401-3179>

Railya Gubaidullovna Kalyakina¹

Candidate of Biological Sciences
kalyakina_railya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8892-0669>

Abdugani Khalmurzaevich Abdurasulov⁶

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
of the Department of Veterinary Medicine
and Biotechnology
abdurasul65@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3714-6102>

¹Orenburg State Agrarian University,
18 Chelyuskintsev Str., Orenburg, 460014, Russia

²Russian State Agrarian University —
K.A. Timiryazev Agricultural Academy,
49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia

³Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

⁴Akmulla Bashkir State Pedagogical University,
3A Oktyabrskaya Revolyutsii Str., Ufa, 450077, Russia

⁵Bashkir Scientific Research Institute
of Agriculture is a Separate Structural Unit
of the Ufa Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences,
19 Richard Sorge Str., Ufa, 450059, Russia

⁶Osh State University,
331 Lenin Str., Osh, 723500, Kyrgyzstan

С.Ю. Харлап¹
А.С. Горелик² ✉

О.В. Горелик¹
М.Б. Ребезов^{1,3}

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

²Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия

³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ temae077ex@mail.ru

Поступила в редакцию: 14.01.2025

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Харлап С.Ю., Горелик А.С., Горелик О.В., Ребезов М.Б.

Svetlana Yu. Kharlap¹
Artyom S. Gorelik² ✉
Olga V. Gorelik¹
Maksim B. Rebezov^{1,3}

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

²Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia

³Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

✉ temae077ex@mail.ru

Received by the editorial office: 14.01.2025

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Gorelik O.V., Rebezov M.B.

Воспроизводительные качества коров с разной степенью инбредности

РЕЗЮМЕ

В молочных стадах голштинского скота наблюдается увеличение количества животных, полученных в результате близкородственного разведения, инбридинга, что связано с длительным использованием голштинских быков-производителей, которые получены с применением инбридинга для сохранения и усиления полезных признаков.

Цель работы — изучить воспроизводительные качества коров в зависимости от типа подбора и степени инбридинга.

Установлено, что практически во всех группах наблюдается превышение оптимального показателя длительности технологического периода в 365 дней. Эта разница составляет от 16 дней (тесный инбридинг) до 33 дней (близкий инбридинг). В остальных группах разница находится между данными цифрами. Причем разница между коровами с тесным инбридингом и другими группами животных по длительности межжотельного периода достоверна при $p \leq 0,05-0,01$ в пользу первых. КВС находился в пределах 0,92–0,93 во всех группах коров независимо от степени инбредности. Исключение составили коровы с тесным инбридингом, но их количество было незначительным по отношению к другим группам. Не выявлено определенной взаимосвязи между длительностью сервис-периода и удоем за лактацию. Увеличение длительности сервис-периода не оказывает существенного влияния на удой за лактацию у коров аутбредного происхождения, которые при достаточно высоких показателях его продолжения уступают по удою коровам других групп, за исключением коров, полученных в результате тесного инбридинга.

Ключевые слова: голштинская порода, коровы, степень инбредности, воспроизводство, продуктивность, сопряженность

Для цитирования: Харлап С.Ю., Горелик А.С., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Воспроизводительные качества коров с разной степенью инбредности. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 88–94.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-88-94>

Reproductive qualities of cows with varying degrees of inbred

ABSTRACT

In dairy herds of Holstein cattle, there is an increase in the number of animals obtained as a result of closely related breeding and inbreeding, which is associated with the long-term use of Holstein breeding bulls, which are obtained using inbreeding to preserve and enhance beneficial traits.

The aim of the work is to study the reproductive qualities of cows depending on the type of selection and the degree of inbreeding.

It has been established that in almost all groups there is an excess of the optimal length of the technological period of 365 days. This difference ranges from 16 days (close inbreeding) to 33 days (close inbreeding). In the other groups, the difference is between these figures. Moreover, the difference between cows with close inbreeding and other groups of animals in terms of the length of the interbody period is significant at $p < 0.05-0.01$ in favor of the former. The CFS was in the range of 0.92–0.93 in all groups of cows, regardless of the degree of inbred. The exception was cows with close inbreeding, but their number was insignificant compared to other groups. There is no definite relationship between the duration of the service period and milk yield during lactation. An increase in the duration of the service period does not significantly affect the milk yield for lactation in cows of outbred origin, which, with sufficiently high rates of its continuation, are inferior in milk yield to cows of other groups, with the exception of cows obtained as a result of close inbreeding.

Key words: Holstein breed, cows, degree of inbred, reproduction, productivity, conjugacy

For citation: Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Gorelik O.V., Rebezov M.B. Reproductive qualities of cows with varying degrees of inbred. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 88–94 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-88-94>

Введение/Introduction

В решении проблем продовольственной безопасности стратегически значимым направлением производственной деятельности, обеспечивающим необходимые продовольственные ресурсы, является животноводство [1–3]. Тенденции в сфере производства продукции животноводства оказывают существенное влияние на эффективность решения обозначенных проблем [4, 5].

Одна из наиболее значимых отраслей животноводства — молочное скотоводство, которое в нашей стране является поставщиком молока и говядины — полноценных продуктов питания и сырья для перерабатывающей продукции. От маточного поголовья крупного рогатого скота получают до 99,0% молока — продукта, отличающегося содержанием всех необходимых питательных веществ в достаточном количестве и необходимом соотношении для нормальной жизнедеятельности организма человека [6–11]. Для его производства используются высокопродуктивные породы крупного рогатого скота, наибольший удельный вес поголовья молочного скота приходится на голштинскую породу [12–14].

Современный голштинский скот Российской Федерации почти на 85% представлен высококровными (87,5%) по голштинской породе помесями отечественного молочного скота с быками-производителями мирового генофонда голштинской породы зарубежной селекции [15–19]. Длительное и широкомасштабное применение голштинизации привело к получению высокопродуктивного молочного скота, отличающегося высоким генетическим потенциалом продуктивности, который проявляется уже у молодых животных, приспособленностью к промышленному производству молока, но коротким сроком продуктивного использования, что сопровождается снижением воспроизводительных функций и, соответственно, приводит к проблемам с ремонтным молодняком, сокращая его количество [20–22].

Кроме того, в молочных стадах голштинского скота наблюдается увеличение количества животных, полученных в результате близкородственного разведения, инбридинга, что связано с длительным использованием голштинских быков-производителей, которые получены с применением инбридинга для сохранения и усиления полезных признаков [23–25]. Выявление влияния степени инбридинга на воспроизводительные качества коров актуально и имеет научное и практическое значение [26].

Цель работы — изучить воспроизводительные качества коров в зависимости от типа подбора и степени инбридинга.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в условиях типичного сельскохозяйственного предприятия по производству молока — племенного репродуктора по разведению голштинской породы крупного рогатого скота.

Условия содержания, основной рацион, режим и фронт кормления и поения, параметры микроклимата для всех групп были одинаковыми и соответствовали зоогигиеническим нормам¹.

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.

Материалом и данными для сравнения служили база ИАС «СЕЛЭКС-Молочный скот»⁴, результаты собственных исследований.

Объектом исследований явились коровы голштинской породы с разной степенью инбридности. Для проведения исследований все коровы, которые на 30.10.2024 закончили лактацию, были распределены на группы в зависимости от степени инбридности: аутбредные, с тесным, близким, умеренным и отдаленным инбридингом.

Оценивались показатели молочной продуктивности и воспроизводительные функции коров по законченной лактации. Учитывались удои за 305 дней лактации по лактациям, МДЖ и МДБ в молоке по лактациям. Молочную продуктивность (удой, содержание жира, белка в молоке) коров оценивали по контрольным дойкам. Отбор проб сырья и продукции проводили в соответствии с ГОСТ 3622⁵, ГОСТ 26809.1⁶. Содержание жира и белка определяли в средней пробе молока от каждой коровы один раз в месяц в молочной лаборатории «Уралплемцентра»⁷ (г. Екатеринбург, Россия).

Оценивались показатели молочной продуктивности и воспроизводительные функции коров по законченной лактации.

Для оценки воспроизводительных качеств коров использовали показатели длительности периодов воспроизводства, рассчитывали коэффициент воспроизводительной способности.

¹ Морозова Н.И. и др. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании (монография). Рязань, 2013.

² 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

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 <https://plinor.ru/selexdairy cattle>

⁵ ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию.

⁶ 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.

⁷ <https://www.uralplem.ru/rists/lskkm/perechen-uslug>

Результаты исследований были обработаны при помощи программы Microsoft Office Excel (США) с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием приложения Excel из программного пакета Office XP и Statistica (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Молочная продуктивность связана с воспроизводством, поскольку лактационная деятельность начинается после отела как реакция организма на необходимость вскармливания потомства. Телята рождаются с недостаточно развитым желудочно-кишечным трактом и не готовы к использованию типичных для жвачных растительных кормов и молока — биологической жидкости, которая является продуктом железистой ткани молочной железы, в первый период онтогенеза необходимой для его развития и перехода к нормальной работе преджелудков.

На основании периодов воспроизводства разработан технологический цикл промышленного производства молока, основанный на длительности восстановления самки после отела и периода стельности (беременности). Считается, что для восстановления после отела корове необходимы 45–90 дней, то есть при половом цикле 18–24 дня полное восстановление наступает во второй цикл, когда животное может быть плодотворно осеменено. С целью увеличения производства молока в период раздоя высокопродуктивных коров осеменение сдвигают на 3–4-й половой цикл. За 60 дней до отела проводят запуск для подготовки коровы к следующему отелу и последующей лактационной деятельности. В данном случае от коровы получают теленка в течение 365 дней (длительность календарного года) и полноценную лактацию 295–305 дней.

При разведении крупного рогатого скота голштинской породы, которая является обильномолочной породой, наблюдается снижение воспроизводительной функции, которая выражается в прохождении тихой охоты, более длительном восстановлении после отела, проявлении гаплотипов фертильности, что приводит к изменению длительности технологического-физиологического

периода и удлинению лактационной деятельности за счет увеличения длительности сервис-периода.

Интересным становится изучение вопроса о влиянии степени инбридности коров на длительность сервис-периода как косвенного показателя воспроизводительной способности коров и в целом на длительность периодов физиологического-технологического цикла производства молока.

Данные о длительности технологического-физиологического периода цикла в зависимости от инбридности представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что практически во всех группах наблюдается превышение оптимального показателя длительности технологического периода в 365 дней. Эта разница составляет от 16 дней (тесный инбридинг) до 33 дней (близкий инбридинг). В остальных группах разница находится между данными цифрами. Причем разница между коровами с тесным инбридингом и другими группами животных по длительности межотельного периода достоверна при $p \leq 0,05-0,01$ в пользу первых. В таких же пределах установлена и разница по длительности сервис-периода и лактационной деятельности. Разница по длительности сухостойного периода и стельности коров незначительная и недостоверная.

Изменчивость длительности сервис-периода внутри каждой группы значительная, на что указывает коэффициент изменчивости, представленный на рисунке 1.

Рис. 1. Коэффициент изменчивости по длительности сервис-периода в группах коров с разной степенью инбридности

Fig. 1. Coefficient of variability in the duration of the service period in groups of cows with different degrees of inbreeding

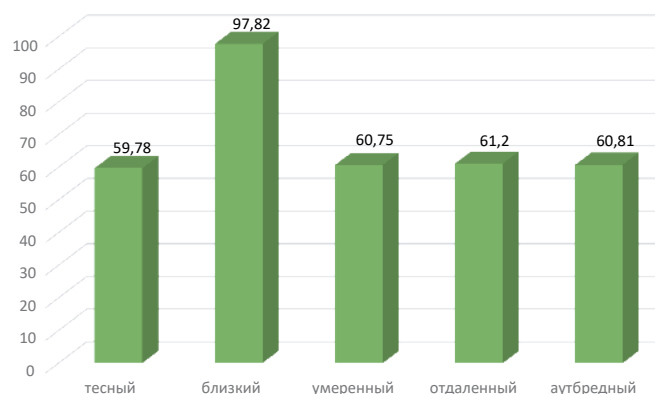


Таблица 1. Длительность технологического-физиологического периода производства молока

Table 1. Duration of technological and physiological periods of milk production

Период, дн.	Степень инбридности				
	тесная	близкая	умеренная	отдаленная	аутбредная
Межотельный	381 ± 5,67	398 ± 12,47*	392 ± 3,98**	393 ± 2,96**	397 ± 3,67*
Сервис	98 ± 7,73	119 ± 28,81*	111 ± 4,04	108 ± 3,36	118 ± 4,82*
Степеньности	283 ± 4,12	279 ± 7,32	281 ± 5,46	285 ± 3,28	279 ± 3,89
Лактационный	325 ± 5,12	337 ± 8,29	334 ± 4,09	337 ± 3,02	339 ± 3,28
Сухостойный	56 ± 3,42	61 ± 5,13	58 ± 4,36	56 ± 3,43	58 ± 3,21

Примечание: * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$.

На диаграмме хорошо видно, что коэффициент вариации (изменчивости) во всех группах составляет более 50%, что позволяет сделать вывод о большом разнообразии данного признака — длительности сервис-периода, в каждой отдельно взятой группе коров с различной степенью инбредности.

Исходя из вышеизложенного, невозможно сделать вывод о влиянии степени инбредности на воспроизводительные качества коров с точки зрения их улучшения или ухудшения. Все они находятся в одинаковых пределах, что подтверждается и расчетом коэффициента воспроизводительной способности (рис. 2).

КВС находился в пределах 0,92–0,93 во всех группах коров независимо от степени инбредности. Исключение составили коровы с тесным инбридингом, но их количество было незначительным по отношению к другим группам. Для оценки влияния типа подбора и степени инбредности на сопряженность между продуктивностью и показателями воспроизводства был проведен анализ по графическому изображению их взаимодействия (рис. 3, 4).

На представленной диаграмме хорошо видно, что нет определенной взаимосвязи между длительностью сервис-периода и удоём за лактацию. Увеличение длительности сервис-периода не оказывает существенного влияния на удоё за лактацию у коров аутбредного происхождения, которые при достаточно высоких показателях его продолжения уступают по удою коровам других групп, за исключением коров, полученных в результате тесного инбридинга.

В то же время установлено, что коровы, полученные в результате близкого инбридинга, превосходят остальные группы коров инбредного происхождения как по удою, так и длительности сервис-периода. Однако разница недостоверна по обоим результатам. У коров с умеренным и отдаленным инбридингом не установлено положительной или отрицательной взаимосвязи между удоём и сервис-периодом.

Таким образом, однозначного вывода по влиянию длительности сервис-периода на удоё коров сделать невозможно, так же как и вывода о положительном или отрицательном влиянии типа подбора и степени инбредности на взаимосвязь продуктивности и сервис-периода. Это подтверждается и на рисунке 4.

На диаграмме не подтверждаются выводы о взаимосвязи между продуктивными качествами и воспроизводством, кроме как физиологических аспектов начала лактации после отела, которая является ответом организма самки млекопитающих на рождение потомства для обеспечения его питательными веществами в период становления

Рис. 2. Коэффициент воспроизводительной способности коров с разной степенью инбредности

Fig. 2. Reproductive capacity coefficient of cows with different degrees of inbreeding

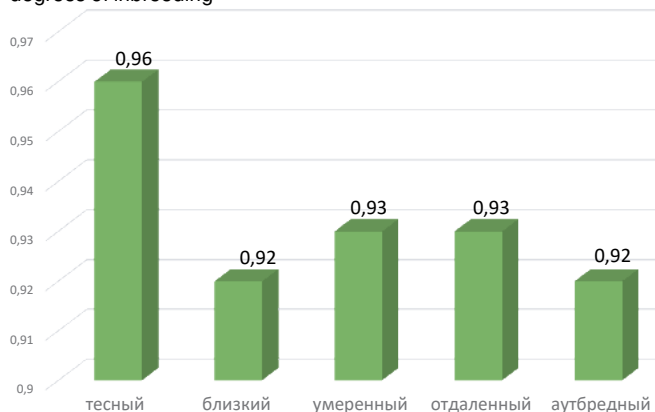


Рис. 3. Сопряженность удоя и длительности сервис-периода

Fig. 3. Correlation between milk yield and duration of service period

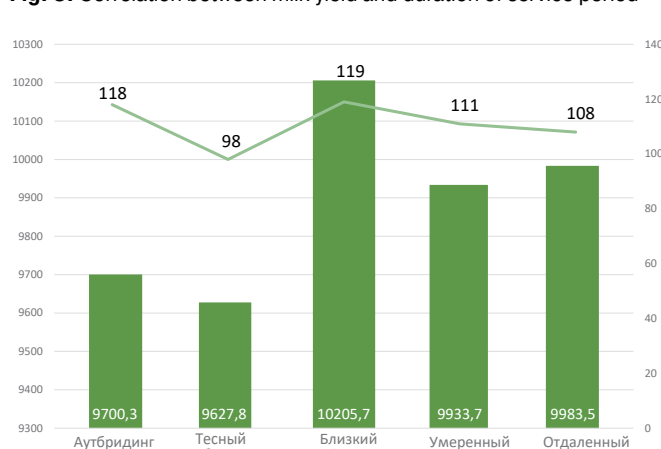
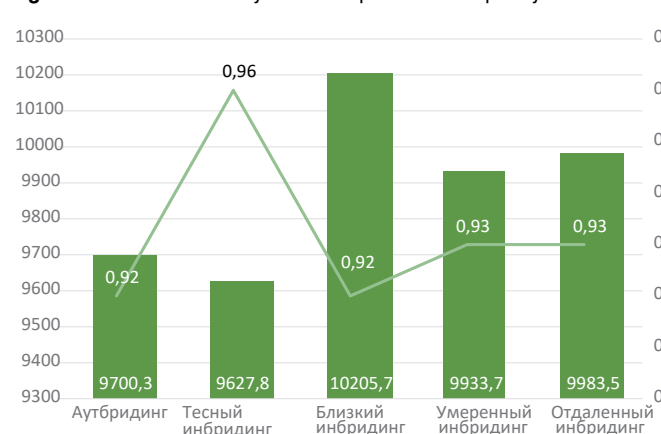


Рис. 4. Сопряженность удоя и коэффициента воспроизводительной способности

Fig. 4. Correlation of milk yield and reproductive capacity coefficient



и его адаптации в агрессивной для него окружающей среде.

Выводы/Conclusions

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что тип подбора и степень инбредности не оказывают влияния на показатели воспроизводства, они остаются в пределах породных значений для голштинского скота. Показано, что КВС находился в пределах 0,92–0,93 во всех группах коров независимо от степени инбредности.

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гриценко С.А., Гриценко М.Д., Ребезов М.Б., Мухамбетов Д.Г., Хакназаров А.А.У. Мясная продуктивность бычков и особенности ее наследования в условиях промышленного производства. *Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2024; 4(9): 192–202. [https://doi.org/10.52754/16948696_2024_4\(9\)_25](https://doi.org/10.52754/16948696_2024_4(9)_25)
2. Горелик В.С., Семенова Н.Н., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Экологическая оценка применения сукцинат хитозана для коров в зоне Южного Урала. *Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых*. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского 2017; 301–308. <https://www.elibrary.ru/xzghyd>
3. Горбушина Е.В., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Молочная продуктивность коров разных генотипов в зависимости от сроков первого осеменения. *Молодежь и наука*. 2023; 4. <https://www.elibrary.ru/mbnput>
4. Шалаева Л.В. Животноводство как фактор продовольственной безопасности Пермского края. *Экономика, предпринимательство и право*. 2021; 11(8): 2063–2076. <https://doi.org/10.18334/epp.11.8.113253>
5. Донник И.М., Воронин Б.А., Лоретц О.Г. Обеспечение продовольственной безопасности: научно-производственный аспект (на примере Свердловской области). *Аграрный вестник Урала*. 2015; (7): 81–85. <https://www.elibrary.ru/ulxhhb>
6. Тележенко Е.В., Смирнова О.В. Опыт стран Северной Европы в селекции молочного скота на повышение рентабельности производства. *Тваринництво сьогодні*. 2014; (2): 28–33.
7. Лоретц О.Г., Донник И.М. Повышение биоресурсного потенциала крупного рогатого скота и качества молочной продукции при промышленных технологиях содержания. *Аграрный вестник Урала*. 2014; (10): 51–55. <https://www.elibrary.ru/ramxtg>
8. Гридина С.Л., Гринин В.Ф., Сидорова Д.В., Новицкая К.В. Влияние уровня голштинизации на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(8): 60–61. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
9. Гридина С.Л., Гринин В.Ф., Лешонок О.И., Гусева Л.В. Динамика развития племенного молочного животноводства Свердловской области. *Аграрный вестник Урала*. 2018; (8): 30–34. <https://www.elibrary.ru/ylgqol>
10. Лоретц О.Г., Барашкин М.И. Состояние здоровья и молочная продуктивность коров в промышленных регионах. *Ветеринарная патология*. 2012; (2): 113–115. <https://www.elibrary.ru/pbgubv>
11. Прохоренко П. Голштинская порода и ее влияние на генетический прогресс продуктивности черно-пестрого скота европейских стран и Российской Федерации. *Молочное и мясное скотоводство*. 2013; (2): 2–6. <https://www.elibrary.ru/pwvkav>
12. Дунин И.М. и др. Племенные ресурсы голштинской породы скота: состояние и результаты использования. *Зоотехния*. 2019; (5): 3. <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.10.65.003>
13. Китаев Ю.А. Современное состояние молочного скотоводства в России. *Техника и технологии в животноводстве*. 2020; (4): 101–104. <https://www.elibrary.ru/zjcqeb>
14. Фирсова Э.В., Карташова А.П. Голштинская порода скота в Российской Федерации, современное состояние и перспективы развития. *Генетика и разведение животных*. 2019; (1): 62–69. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-1-62-69>
15. Путинцева С.В., Сафронов С.Л. Сравнительный анализ молочной продуктивности коров-первотелок голштинской породы разного происхождения. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2023; (2): 87–94. <https://elibrary.ru/bwyxrn>

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.

REFERENCES

1. Gritsenko S.A., Gritsenko M.D., Rebezov M.B., Mukhambetov D.G., Khaknazarov A.A.U. Meat productivity of young bulls and features of its inheritance in industrial production conditions. *Bulletin of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary science and animal husbandry*. 2024; 4(9): 192–202 (in Russian). [https://doi.org/10.52754/16948696_2024_4\(9\)_25](https://doi.org/10.52754/16948696_2024_4(9)_25)
2. Gorelik V.S., Semenova N.N., Gorelik O.V., Rebezov M.B. Environmental assessment of the use of chitosan succinate for cows in the Southern Urals. *Actual problems of biotechnology and veterinary medicine. Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists*. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky 2017; 301–308 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xzghyd>
3. Gorbushina E.V., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Milk productivity of cows of different genotypes depending on the timing of the first insemination. *Youth and Science*. 2023; 4 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mbnput>
4. Shalaeva L.V. Animal husbandry as a factor of food security of the Perm Territory. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*. 2021; 11(8): 2063–2076 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/epp.11.8.113253>
5. Donnik I.M., Voronin B.A., Lorets O.G. Food security: a research and production aspect (on the example of Sverdlovsk region). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015; (7): 81–85 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ulxhhb>
6. Telezhenko E.V., Smirnova O.V. Experience of Northern European countries in breeding dairy cattle to increase production profitability. *Tvarinnitstvo s'ogodni*. 2014; (2): 28–33 (in Russian).
7. Lorets O.G., Donnik I.M. Bioresource increase capacity of cattle and quality of milk products in industrial technology content. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014; (10): 51–55 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ramxtg>
8. Gridina S.L., Gridin V.F., Sidorova D.V., Novitskaya K.V. Influence of Holstein share on milk productivity of Black-and-White cows. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2018; 32(8): 60–61 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
9. Gridina S.L., Gridin V.F., Leshonok O.I., Guseva L.V. Dynamics of development of the breast dairy livestocking in Sverdlovsk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2018; (8): 30–34 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ylgqol>
10. Lorets O.G., Barashkin M.I. Health status and milk productivity of cows in industrial regions. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2012; (2): 113–115 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pbgubv>
11. Prokhorenko P. Holstein breed and its influence to genetic progress of Black-and-White cattle performance in European countries and the Russian Federation. *Dairy and beef cattle breeding*. 2013; (2): 2–6 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pwvkav>
12. Dunin I.M. et al. Breeding resources of the Holstein cattle: state and results of use. *Zootechniya*. 2019; (5): 3 (in Russian). <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.10.65.003>
13. Kitaev Yu.A. Current state of Russian dairy cattle breeding. *Machinery and technologies in livestock*. 2020; (4): 101–104 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zjcqeb>
14. Firsova E.V., Kartashova A.P. Holstein breed of the cattle in the Russian Federation, the current state and the prospects of development. *Genetics and breeding of animals*. 2019; (1): 62–69 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-1-62-69>
15. Putintseva S.V., Safronov S.L. Comparative analysis of milk productivity of Holstein heifers of different origins. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2023; (2): 87–94 (in Russian). <https://elibrary.ru/bwyxrn>

16. Мишхожев А.А., Тлейншева М.Г., Тарчоков Т.Т. Племенная ценность быков-производителей голштинской породы. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020; (3): 282–284. <https://www.elibrary.ru/rsndjp>
17. Тарчоков Т.Т., Айсанов З.М., Тлейншева М.Г., Шахмурзов М.М. Использование индексной селекции для повышения белково-молочности крупного рогатого скота. *Вестник Курганской ГСХА*. 2022; (4): 60–65. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_44_60
18. Абдулаев А.У. Эффективность использования в высокопродуктивных стадах потомков голштинских быков европейской и североамериканской селекции. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; (1): 7–10. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.11.83.002>
19. Юмагузин И.Ф., Аминова А.Л., Седых Т.А. Продуктивное долголетие и пожизненная продуктивность дочерей голштинских быков-производителей с разными вариантами генотипа каппа-казеина. *Аграрная наука*. 2022; (1): 60–63. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-60-63>
20. Любимов А.И., Мартынова Е.Н., Ачкасова Е.В. Оценка реализации генетического потенциала быков-производителей. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019; (4): 86–90. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-52-4-86-90>
21. Горелик О.В., Харлап С.Ю., Келин Ю.В., Обожица Е.А. Результаты оценки быков-производителей по качеству потомства. *Вестник Вятской ГСХА*. 2020; (3): 6. <https://elibrary.ru/epzpoj>
22. Попов Н.А., Симонов Г.А., Шичкин Г.И., Хализова З.Н. Оценка быков-производителей в системе разведения племенного стада. *Эффективное животноводство*. 2021; (5): 87–90. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-87-90>
23. Горелик О.В., Лиходеевская О.Е., Харлап С.Ю. Анализ причин выбытия маточного поголовья крупного рогатого скота. *Приоритетные направления регионального развития. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием*. Курган: Курганская ГСХА. 2020; 662–666. <https://www.elibrary.ru/ztfzbp>
24. Ревина Г.Б., Асташенкова Л.И. Повышение продуктивного долголетия коров голштинской породы. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018; (8): 84–87. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.74.8.017>
25. Степанов А.В., Быкова О.А., Косилов В.И. Влияние быков-производителей на причины выбытия коров-первотелок. *От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение развития животноводства и биотехнологий. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2020; 85–86. <https://www.elibrary.ru/jjynwv>
26. Dosmukhamedova M., Mamatkulov O. Prospects of modernization of cattle breeding processes. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502006>
16. Mishkhozhev A.A., Tleynsheva M.G., Tarchokov T.T. The breeding value of Holstein sires. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; (3): 282–284 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rsndjp>
17. Tarchokov T.T., Aisanov Z.M., Tleynsheva M.G., Shakhmurzov M.M. Use of index breeding to increase protein dairy of cattle. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2022; (4): 60–65 (in Russian). https://doi.org/10.52463/22274227_2022_44_60
18. Abdulaev A.U. Efficiency of breedings in highly productive herds of offsprings of Holstein bulls of selection of the countries of Europe and North America. *Dairy and beef cattle breeding*. 2020; (1): 7–10 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.11.83.002>
19. Yumaguzin I.F., Aminova A.L., Sedykh T.A. Productive longevity and lifelong productivity of daughters of Holstein bulls-producers with different variants of kappa-casein genotype. *Agrarian science*. 2022; (1): 60–63 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-60-63>
20. Lyubimov A.I., Martynova E.N., Achkasova E.V. Evaluation of the genetic potential in stud bulls. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2019; (4): 86–90 (in Russian). <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-52-4-86-90>
21. Gorelik O.V., Harlap S.Yu., Kelin Yu.V., Obozhina E.A. The results of sires evaluation on offsprings quality. *Vestnik Vyatskoy GSKhA*. 2020; (3): 6 (in Russian). <https://elibrary.ru/epzpoj>
22. Popov N.A., Simonov G.A., Shichkin G.I., Khalizova Z.N. Evaluation of stud bulls in the breeding system of the breeding herd. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2021; (5): 87–90 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-87-90>
23. Gorelik O.V., Likhodeevskaya O.E., Kharlap S.Yu. Analysis of the reasons for the retirement of the breeding stock of cattle. *Priority areas of regional development. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation*. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy. 2020; 662–666 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ztfzbp>
24. Revina G.B., Astashenkova L.I. Increasing productive longevity of Holstein cows. *International research journal*. 2018; (8): 84–87 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.74.8.017>
25. Stepanov A.V., Bykova O.A., Kosilov V.I. The influence of stud bulls on the reasons for the attrition of first-calf cows. *From inertia to development: scientific and innovative support for the development of animal husbandry and biotechnology. Collection of materials of the International Scientific and practical Conference*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2020; 85–86 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jjynwv>
26. Dosmukhamedova M., Mamatkulov O. Prospects of modernization of cattle breeding processes. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502006>

ОБ АВТОРАХ

Светлана Юрьевна Харлап¹
кандидат биологических наук, доцент
proffuniver@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

Артём Сергеевич Горелик²
кандидат биологических наук
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Ольга Васильевна Горелик¹
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов
olgao205en@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Yurievna Kharlap¹
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
proffuniver@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

Artyom Sergeevich Gorelik²
Candidate of Biological Sciences
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Olga Vasilyevna Gorelik¹
Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products
olgao205en@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Максим Борисович Ребезов^{1,3}

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов¹
• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

²Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620062, Россия

³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

Maksim Borisovich Rebezov^{1,3}

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products¹
• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

²Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia, 22 Mira Str., Yekaterinburg, 620062, Russia

³Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia



Международная выставка
сельскохозяйственной техники,
материалов и оборудования
для животноводства и растениеводства

29–31 октября 2025

г. Екатеринбург,
МВЦ «Екатеринбург-Экспо»



Забронируйте стенд
www.agroprom-ural.ru

Организаторы



Международная
Выставочная
Компания



**ЕКАТЕРИНБУРГ
ЭКСПО**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР



УДК 636.082

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-95-100

Р.Ю. Чинаров✉
В.А. Луканина
Г.Н. Джагаев
А.Ю. Сингина

Федеральный исследовательский
центр животноводства — ВИЖ
им. академика Л.К. Эрнста, Подольск,
Московская обл., Россия

✉ roman_chinarov@mail.ru

Поступила в редакцию: 03.12.2024

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Чинаров Р.Ю., Луканина В.А.,
Джагаев А.Ю., Сингина Г.Н.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-95-100

Roman Yu. Chinarov ✉
Viktoria A. Lukanina
Alan Yu. Dzhagaev
Galina N. Singina

L.K. Ernst Federal Research Center for
Animal Husbandry, Podolsk, Moscow
region, Russia

✉ roman_chinarov@mail.ru

Received by the editorial office: 03.12.2024

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Chinarov R.Yu., Lukanina V.A.,
Dzhagaev A.Yu., Singina G.N.

Влияние интервала между сеансами OPU на результативность получения ооцитов при интенсивном использовании доноров у крупного рогатого скота различных пород

РЕЗЮМЕ

В статье представлены данные о результативности трансвагинального УЗИ-ассистированного получения ооцитов (OPU) в зависимости от интервала между сеансами при интенсивном использовании доноров у крупного рогатого скота различных пород. В эксперименте были использованы доноры холмогорской ($n = 7$), истобенской ($n = 7$) и тагильской ($n = 4$) пород крупного рогатого скота. На каждом из доноров были выполнены по 4 сеанса OPU с двумя различными интервалами — 4 сут. и 3 сут. Наибольшее число фолликулов было выявлено у телок холмогорской породы ($13,23 \pm 0,51$ в против $9,09 \pm 0,44$ и $9,38 \pm 0,61$ фолликулов у телок истобенской и первотелок тагильской пород соответственно), при этом интервал между сеансами не оказывал достоверного влияния на данный показатель. У первотелок тагильской породы при использовании интервала между сеансами 3 сут. по сравнению с 4 сут. отмечалось получение большего числа ооцит-кумулясных комплексов (ОКК) — $5,69 \pm 0,64$ против $4,06 \pm 0,59$ ОКК ($p < 0,05$). У доноров холмогорской и истобенской пород достоверных различий выявлено не было — соответственно, $8,32 \pm 0,75$ против $7,82 \pm 0,59$ ОКК и $3,82 \pm 0,40$ против $3,52 \pm 0,57$ ОКК. Интервал между сеансами не оказывал заметного влияния на качество полученных ОКК. Таким образом, показано отсутствие достоверного влияния различного интервала между сеансами OPU на число полученных ОКК, пригодных для получения эмбрионов *in vitro* различий у всех трех исследованных пород ($5,75 \pm 0,54$ против $6,43 \pm 0,66$, $2,55 \pm 0,45$ против $2,79 \pm 0,48$ и $2,88 \pm 0,53$ против $4,00 \pm 0,50$ у доноров холмогорской, истобенской и тагильской пород соответственно). Это позволяет рекомендовать проведение OPU с попеременным интервалом 4 сут. и 3 сут. при интенсивном использовании доноров крупного рогатого скота вышеназванных пород для получения ооцитов.

Ключевые слова: OPU, временной режим, коровы-доноры, ооцит-кумулясные комплексы, качество ооцитов

Для цитирования: Чинаров Р.Ю., Луканина В.А., Джагаев А.Ю., Сингина Г.Н. Влияние интервала между сеансами OPU на результативность получения ооцитов при интенсивном использовании доноров локальных пород крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 95–100.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-95-100>

Effect of interval between OPU sessions on the efficiency of oocyte retrieval at intensive using of donors of different cattle breeds

ABSTRACT

The article presents data on the efficiency of transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval (OPU) depending on the interval between sessions at intensive use of donors in cattle of various breeds. Donors of Kholmogory ($n = 7$), Istoben ($n = 7$) and Tagil ($n = 4$) cattle breeds were used in the experiment. Four OPU sessions were performed on each of the donors with each of two different intervals: 4 days and 3 days. The greatest number of follicles was found in heifers of the Kholmogor breed (13.23 ± 0.51 follicles versus 9.09 ± 0.44 and 9.38 ± 0.61 follicles, respectively, in heifers of the Istoben and first-lactation cows of Tagil breeds), while the interval between sessions did not significantly affect this indicator. In the first-lactation cows of the Tagil breed, a greatest number of cumulus-oocyte complexes (COCs) was obtained when using the interval between sessions of 3 days compared to 4 days — 5.69 ± 0.64 versus 4.06 ± 0.59 COCs ($p < 0.05$). There were no significant differences in the donors of the Kholmogor and Istoben breeds — 8.32 ± 0.75 versus 7.82 ± 0.59 COCs and 3.82 ± 0.40 versus 3.52 ± 0.57 COCs, respectively. The interval between sessions did not have a noticeable effect on the quality of the retrieved COCs. Thus, the absence of significant effect of different interval between OPU sessions on the number of obtained COCs, which are suitable for *in vitro* embryo production in all three studied breeds was shown (5.75 ± 0.54 vs 6.43 ± 0.66 , 2.55 ± 0.45 vs 2.79 ± 0.48 and 2.88 ± 0.53 vs 4.00 ± 0.50 in donors of the Kholmogor, Istoben and Tagil breeds, respectively). This allows us to recommend conducting OPU sessions with alternating intervals of 4 days and 3 days for oocyte retrieval at intensive using of donors of above mentioned cattle breeds.

Key words: OPU, timing regimen, donor cows, cumulus-oocyte complexes, oocyte quality

For citation: Chinarov R.Yu., Lukanina V.A., Dzhagaev A.Yu., Singina G.N., Effect of interval between OPU sessions on the efficiency of oocyte retrieval at intensive using of donors of local cattle breeds. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 95–100 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-95-100>

Введение/Introduction

Получение ооцитов посредством пункции фолликулов (OPU) с последующим их использованием для получения эмбрионов *in vitro* (IVP-эмбрионы) приобретает всё более широкое использование в воспроизводстве сельскохозяйственных животных [1]. Анализ мировых тенденций в коммерческом производстве эмбрионов крупного рогатого скота показывает постепенное замещение технологии вымывания эмбрионов после полиовуляции получением IVP-эмбрионов [2–4].

Основным источником получения IVP-эмбрионов являются ооциты, извлекаемые из овариальных фолликулов методом трансвагинальной УЗИ-ассистированной пункции (OPU) [5–7]. Экономическая эффективность технологии OPU/IVP напрямую зависит от количества жизнеспособных (пригодных) ооцит-кумулясных комплексов (ОКК), которые могут быть получены за один сеанс OPU и определенный период использования доноров [8].

Один из подходов повышения результативности использования доноров — увеличение интенсивности проведения сеансов OPU [9]. Было установлено, что при интенсивном использовании доноров (с периодичностью два раза в неделю, 2/в) в каждом из сеансов OPU в яичниках имеются фолликулы, пригодные для аспирации [10].

Было показано, что увеличение интенсивности сеансов с одного (1/в) до двух раз в неделю не приводило к снижению числа УЗИ-видимых фолликулов и извлекаемых ОКК за сеанс [11, 12]. Кроме того, в некоторых исследованиях отмечено улучшение качества ОКК при более интенсивном использовании доноров (2/в против 1/в) [12, 14].

В данных исследованиях, проведенных на коровах тагильской породы, было показано, что сокращение интервала между сеансами с 4 до 3 сут. обеспечивает увеличение числа УЗИ-видимых фолликулов и получаемых ооцит-кумулясных комплексов (ОКК) без снижения качества ОКК [15], однако остается неясным, являются ли выявленные различия общей закономерностью или особенностью исследованной выборки животных.

Следует отметить, что практическая реализация режима 2/в предусматривает проведение сеансов OPU, как правило, с попеременным интервалом 4 и 3 сут., так как проведение сеансов OPU в одно и то же время суток является более предпочтительным с точки зрения организации труда специалистов. С другой стороны, различные интервалы между сеансами могут приводить к разной результативности OPU, что в свою очередь может потребовать корректировки временного режима использования доноров.

Цель работы — определение результативности OPU в зависимости от интервала между сеансами при интенсивном использовании доноров

у крупного рогатого скота различных пород для оптимизации временного режима проведения аспирации фолликулов яичников для получения ооцитов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Экспериментальные исследования проводили в ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (Московская обл., Россия) в 2024 году на половозрелых телках холмогорской ($n = 7$) породы в возрасте 1,5–2 лет нормальной упитанности. Дополнительно в исследуемую выборку были включены данные, полученные авторами ранее на телках истобенской породы ($n = 7$) аналогичного возраста и упитанности и первотелках тагильской породы ($n = 4$) нормальной упитанности, находящихся на 5–6-м месяце лактации. Эксперименты с животными проводились в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях¹.

Протоколы с использованием животных были одобрены Комиссией ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста по биоэтике. В дневное время животные содержались на пастбище, в ночное время — беспривязно под навесами. Все доноры получали стандартный рацион, включающий зеленую массу и концентраты, сбалансированный по энергии, питательным и биологически активным веществам, в соответствии с нормами потребностей².

Опытные животные были подвергнуты гормональной синхронизации полового цикла. С этой целью за 9 сут. до планируемого прихода животных в охоту (день 0) донорам внутримышечно вводили 0,5 мг аналога гонадотропного релизинг-гормона гонадолирина (ГнРГ1) (5 мл фертагила) (Intervet, Нидерланды). Через 7 сут. после инъекции ГнРГ1 (за 2 сут. до прихода в охоту) внутримышечно инъектировали 0,75 мг синтетического аналога прогестагена F2 α клопростенола (3 мл эстрофана) (Bioveta, Чехия). В день 0 выполняли вторую инъекцию 0,25 мг гонадолирина (ГнРГ2) (2,5 мл фертагила) (Intervet, Нидерланды). Начиная с 4-го дня гормонально синхронизированного полового цикла на каждом из доноров выполняли 9 последовательных сеансов OPU в режиме дважды в неделю (2/в) с попеременным интервалом 4 сут. и 3 сут. (за исключением одного сеанса OPU у донора истобенской породы, который не был проведен по причине беспокойного поведения).

Для проведения аспирации фолликулов использовали систему для OPU у крупного рогатого скота (Minitube, Германия). В качестве аспирационной жидкости использовали фосфатно-солевой буфер (ФСБ) с добавлением 10% фетальной бычьей сыворотки (ФБС), 18 МЕ/мл гепарина и 50 мг/мл гентамицина.

¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях ETS № 123 // Страсбург, 18 марта 1986 года.

² Некрасов Р.В. и др. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: Монография / Под. ред. Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева // Москва. 2018; 290.

Оценку качества полученных ОКК проводили по морфологическим критериям на основании числа и целостности слоев кумулюса, а также прозрачности и гомогенности цитоплазмы. ОКК хорошего качества и удовлетворительного качества считали пригодными для культивирования *in vitro*. Дегенерированные ОКК (с явными цитоплазматическими аномалиями) считали непригодными и в дальнейшей работе не использовали.

Результативность OPU оценивали по следующим показателям: число УЗИ-видимых фолликулов на неовуляторном и овуляторном яичниках, общее число фолликулов, общее число полученных ОКК, степень извлечения ОКК, число пригодных ОКК, доля пригодных ОКК (отношение числа пригодных ОКК к общему числу извлеченных ОКК, выраженная в процентах).

Для характеристики влияния породы проводили сравнение вышеназванных показателей между исследуемыми породами.

Оценку достоверности различий определяли на основании использования непараметрического критерия Манна — Уитни для независимых выборок.

Достоверность различий между группами с различным интервалом между сеансами внутри исследуемых пород оценивали с использованием непараметрического Т-критерия Вилкоксона для двух зависимых выборок. Минимальный порог достоверности выявленных различий был установлен на уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Все опытные животные (вне зависимости от породы) проявили ответ на синхронизацию, что выражалось в наличии признаков охоты в ожидаемый день. Ультразвуковое картирование яичников показало наличие у всех животных на одном из яичников предовуляторного доминантного фолликула. Таким образом, все доноры на начало проведения эксперимента находились в фолликулярной фазе полового цикла. Так как у части животных овуляция имела место в день прихода в охоту, а у части животных — на следующий день (то есть наблюдалась незначительная асинхронность овуляции), результаты 1-го сеанса OPU при проведении расчетов не учитывали.

Характеристика результативности OPU у доноров различных пород дана в таблице 1.

Как следует из данных (табл. 1), не наблюдалось достоверных различий в показателях результативности OPU при проведении сеансов в режиме 2/в между телками истобенской породы и первотелками тагильской. С другой стороны, отмечено достоверное превосходство телок холмогорской породы над донорами двух других пород

Таблица 1. Результативность получения ооцитов у крупного рогатого скота локальных пород при проведении сеансов OPU дважды в неделю

Table 1. Efficiency of oocyte retrieval in local cattle breeds at conducting OPU session twice a week

Показатель	Значения показателей у исследованных пород ($M \pm m$)		
	холмогорская	истобенская	тагильская
Число доноров, n	7	7	4
Число сеансов OPU, n	56	55	32
Число фолликулов на неовуляторном яичнике	$6,59 \pm 0,30^{a,b}$	$4,00 \pm 0,22^a$	$5,06 \pm 0,33^b$
Число фолликулов на овуляторном яичнике	$6,64 \pm 0,36^{a,b}$	$5,09 \pm 0,32^a$	$4,77 \pm 0,38^b$
Число фолликулов	$13,23 \pm 0,51^{a,b}$	$9,09 \pm 0,44^a$	$9,38 \pm 0,61^b$
Число ОКК	$8,07 \pm 0,47^{a,b}$	$3,82 \pm 0,40^a$	$4,88 \pm 0,45^b$
Степень извлечения ОКК, %	$61,0 \pm 1,8^a$	$42,0 \pm 2,2^a$	$52,0 \pm 3,5$
Число пригодных ОКК	$6,09 \pm 0,40^{a,b}$	$2,67 \pm 0,33^a$	$3,44 \pm 0,37^b$
Доля пригодных ОКК, %	$75,4 \pm 2,0$	$70,0 \pm 3,2$	$70,5 \pm 3,7$

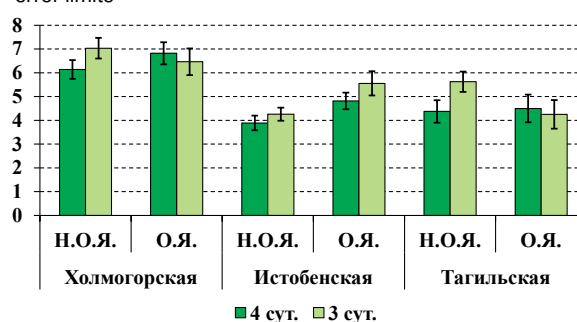
Примечание: М — среднее значение; m — стандартная ошибка; различия между породами, маркированными одинаковыми надстрочными буквами, достоверны при $a,b p < 0,01$ (по результатам оценки U-критерия Манна — Уитни).

по показателям числа УЗИ-видимых фолликулов ($p < 0,01$), числа полученных ОКК ($p < 0,01$), числа пригодных ОКК ($p < 0,01$). Достоверное ($p < 0,01$) превосходство телок холмогорской породы в степени извлечения ооцитов отмечалось только по отношению к телкам истобенской породы. Различий в доле пригодных ОКК между породами выявлено не было.

Результаты сравнительного анализа фолликулярного паттерна на неовуляторном и овуляторном яичниках при использовании различного интервала между сеансами у доноров исследованных пород крупного рогатого скота представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Среднее число аспирированных фолликулов на неовуляторном и овуляторном яичниках у доноров локальных пород крупного рогатого скота в зависимости от интервала между сеансами OPU: ось X — порода доноров; яичник: Н.О.Я. — неовуляторный, О.Я. — овуляторный; ось Y — число аспирированных фолликулов; интервал между сеансами — 4 сут., 3 сут.; в качестве пределов погрешностей использованы значения стандартной ошибки

Fig. 1. The mean number of aspirated follicle on non-ovulatory and ovulated ovary in donors of local cattle breeds depending of interval between OPU sessions: axis X — breed of donors; ovary: Н.О.Я. — non-ovulatory, О.Я. — ovulatory; axis Y — the number of aspirated follicles; interval between sessions — 4 days, 3 days; the values of the standard error were used as error limits



Как показано на рисунке 1, наибольшее число фолликулов, как на неовуляторном яичнике, так и на овуляторном, при использовании обоих временных режимов было обнаружено у телок холмогорской породы — $6,14 \pm 0,39$ и $7,04 \pm 0,43$ фолликулов при интервале 4 сут. и $6,82 \pm 0,46$ и $6,46 \pm 0,56$ фолликулов при интервале 3 сут. соответственно.

Наименьшее число фолликулов на неовуляторном яичнике при использовании обоих временных режимов было выявлено у телок истобенской породы — $3,89 \pm 0,31$ фолликулов при интервале между сеансами 4 сут. и $4,11 \pm 0,31$ фолликулов при интервале 3 сут., на овуляторном яичнике у коров тагильской породы — $4,50 \pm 0,60$ и $4,25 \pm 0,58$ фолликулов соответственно.

Проведенный статистический анализ не выявил достоверного влияния интервала между сеансами на число визуализированных фолликулов как на неовуляторном, так и на овуляторном яичнике у всех исследованных пород (рис. 1).

Как следует из данных (рис. 2), хотя наблюдалось незначительное превосходство в общем числе фолликулов при интервале между сеансами 3 сут., достоверных различий по данному показателю при использовании двух различных интервалов между сеансами у доноров всех трех исследованных пород выявлено не было. Общее число УЗИ-видимых фолликулов при интервалах

между сеансами 4 сут. и 3 сут. составило: $12,96 \pm 0,69$ и $13,50 \pm 0,77$ фолликулов, соответственно, у телок холмогорской породы; $8,70 \pm 0,51$ и $9,46 \pm 0,72$ фолликулов у телок истобенской породы; $8,88 \pm 0,90$ и $9,88 \pm 0,84$ фолликулов у первотелок тагильской породы.

Если у первотелок тагильской породы при интервале между сеансами 3 сут. отмечалась достоверно более высокая степень извлечения ооцитов — 57,59% против 45,77% ($p < 0,05$), то у доноров холмогорской и истобенской пород при незначительно более высокой степени извлечения ооцитов при интервале между сеансами 3 сут. по сравнению с 4 сут. (61,64% против 60,33%, соответственно, 43,40% против 40,43%) достоверных различий выявлено не было.

Несколько большее число УЗИ-видимых фолликулов и достоверно более высокая степень извлечения ооцитов, наблюдаемая у первотелок тагильской породы при использовании интервала между сеансами 3 сут., обуславливала получение достоверно большего числа ОКК по сравнению с интервалом между сеансами 4 сут. — $5,69 \pm 0,64$ против $4,06 \pm 0,59$ ОКК ($p < 0,05$). У доноров холмогорской и истобенской пород хотя и отмечалось некоторое превосходство в числе полученных ОКК при интервале между сеансами 3 сут., достоверных различий выявлено не было — $8,32 \pm 0,75$ против $7,82 \pm 0,59$ ОКК, соответственно, и $3,82 \pm 0,40$ против $3,52 \pm 0,57$ ОКК (рис. 2).

Данные о числе и доле пригодных ОКК, полученных при различных интервалах между сеансами у доноров исследованных пород крупного рогатого скота, представлены на рисунке 3.

Как следует из данных (рис. 3), различные интервалы между сеансами OPU не оказывали заметного влияния на качество извлекаемых ОКК: доля

Рис. 2. Число аспирированных фолликулов, степень извлечения и число полученных ОКК у доноров локальных пород крупного рогатого скота в зависимости от интервала между сеансами OPU: ось X — порода доноров; показатели результативности OPU: пФОЛ — число пунктированных фолликулов; СИ, % — степень извлечения ооцитов, %; пОКК — число полученных ооцит-кумулясных комплексов; ось Y1 — пФОЛ, н; пОКК, ед.; ось Y2 — СИ, %; интервал между сеансами — 4 сут., 3 сут.; в качестве пределов погрешностей использованы значения стандартной ошибки; различия по показателям СИ и пОКК у первотелок тагильской породы при различных интервалах между сеансами достоверны при $p < 0,05$ (на основании расчета Т-критерия Вилкоксона для двух зависимых выборок)

Fig. 2. The number of aspirated follicles, recovery rate and the number of retrieved COCs in donors of local cattle breeds depending of the interval between OPU sessions: axis X — breed of donors; OPU efficiency indices: пФОЛ — the number of punctured follicles; СИ, % — oocyte recovery rate, %; пОКК — the number of retrieved cumulus-oocyte complexes; axis Y1 — пФОЛ, n; пОКК, n; axis Y2 — СИ, %; interval between sessions — 4 days, 3 days; the values of the standard error were used as error limits; differences in oocyte recovery rate and the number retrieved COCs at different intervals between sessions in first-lactation cows of Tagil breed are significant at $p < 0.05$ (based on T-criteria calculated using Wilcoxon signed-rank test for two dependent groups)

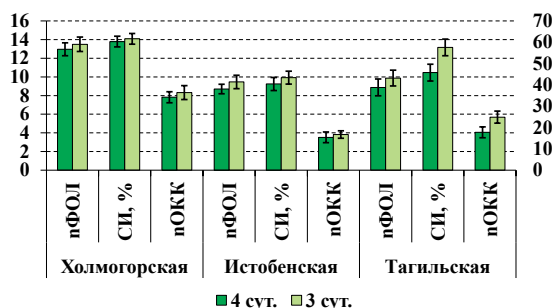
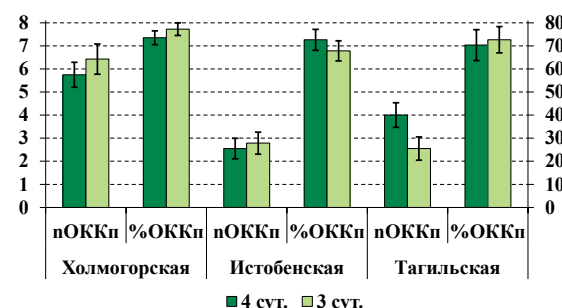


Рис. 3. Число и доля пригодных ОКК, полученных при различных интервалах между сеансами у доноров локальных пород крупного рогатого скота: ось X — порода доноров; показатели результативности OPU: пОККп — число пригодных ооцит-кумулясных комплексов, %; ОККп — доля пригодных ОКК от общего числа полученных ОКК, %; ось Y1 — пОККп, ед.; ось Y2 — ОККп, %; интервал между сеансами — 4 сут., 3 сут.; в качестве пределов погрешностей использованы значения стандартной ошибки

Fig. 3. The number and rate of suitable COCs retrieved at different intervals between session in donors of local cattle breeds: axis X — breed of donors; OPU efficiency indices: пОККп — the number of suitable cumulus-oocyte-complexes, %; ОККп — rate of suitable COCs from the total number of retrieved COCs, %; axis Y1 — пОККп, n; axis Y2 — ОККп, %; interval between sessions — 4 days, 3 days; the values of the standard error were used as error limits



пригодных ОКК при интервале между сеансами 4 сут. по сравнению с 3 сут. составила: 73,52% против 77,25%, соответственно, у телок холмогорской породы; 72,63% против 67,83% у телок истобенской породы; 70,77% против 70,33% у первотелок тагильской породы. Не было выявлено достоверных различий в числе пригодных ОКК при использовании двух различных интервалов между сеансами у доноров всех трех исследованных пород.

Среднее число пригодных ОКК при использовании интервалов между сеансами 4 сут. и 3 сут. составило $5,75 \pm 0,54$ и $6,43 \pm 0,66$, соответственно, у телок холмогорской породы, $2,55 \pm 0,45$ и $2,79 \pm 0,48$ — у телок истобенской породы, $2,88 \pm 0,53$ и $4,00 \pm 0,50$ — у первотелок тагильской породы.

Выводы/Conclusions

Установлено превосходство в степени извлечения ОКК у лакирующих первотелок тагильской

породы при проведении OPU с интервалом 3 сут. по сравнению с 4 сут., что обуславливало получение большего числа ОКК. С учетом отсутствия достоверных различий в вышеуказанных показателях у телок холмогорской и истобенской пород данные различия можно рассматривать как особенность исследованной выборки доноров тагильской породы.

При проведении сеансов OPU с интервалом 4 сут. и 3 сут. число полученных ооцит-кумулясных комплексов, пригодных для использования в системе получения эмбрионов *in vitro*, у доноров всех трех исследованных пород достоверно не различалось и составило $5,75 \pm 0,54$ против $6,43 \pm 0,66$, $2,55 \pm 0,45$ против $2,79 \pm 0,48$, $2,88 \pm 0,53$ против $4,00 \pm 0,50$ соответственно. В связи с этим данный временной режим может быть в дальнейшем использован для получения ооцитов у доноров вышеуказанных пород крупного рогатого скота.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Авторы внесли вклад в работу:

Чинаров Р.Ю. — 70%

Луканина В.А. — 15%

Джагаев А.Ю. — 10%

Сингина Г.Н. — 15%

Авторы в равной степени несут 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:

Chinarov R.Yu. — 70%

Lukanina V.A. — 15%

Dzhagaev A.Yu. — 10%

Singina G.N. — 15%

The authors were equally involved responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 24-76-10028).

FUNDING

This research was funded by the Russian Science Foundation within (project No. 24-76-10028).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nanda R. *et al.* Ovum Pick-up in Ruminants. *Animal Reproduction Update*. 2022; 1(1): 46–50.
2. Ferré L.B., Kjelland M.E., Strøbech L.B., Hyttel P., Mermillod P., Ross P.J. Review: Recent advances in bovine *in vitro* embryo production: reproductive biotechnology history and methods. *Animal*. 2020; 14(5): 991–1004. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002775>
3. Viana J.H.M. 2021 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter*. 2022; 40(4): 22–40.
4. Boler R., Kasimanickam R. Ovum pick up, *in vitro* embryo production, and embryo transfer as value-added theriogenology service in miniature Hereford cattle operation. *Clinical Theriogenology*. 2024; 16: 10528. <https://doi.org/10.58292/CT.v16.10528>
5. Boni R. Ovum pick-up in cattle: a 25 yr retrospective analysis. *Animal Reproduction*. 2012; 9(3): 362–369.
6. Никитин Г.С. Современные подходы при получении и криоконсервации эмбрионов крупного рогатого скота *in vitro*. *Международный вестник ветеринарии*. 2021; (3): 192–205. <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.3.192>
7. Чинаров Р.Ю. Развитие технологии прижизненного получения ооцитов у коров: современное состояние и направления исследований (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2024; 59(2): 194–220. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2024.2.194rus>
8. Пестис В.К., Голубец Л.В., Дешко А.С., Кысса И.С., Попов М.В. Получение ооцитов коров путем трансвагинальной пункции фолликулов. *Доклады национальной академии наук Беларуси*. 2016; 60(1): 123–128. <https://www.elibrary.ru/vspopl>
9. Ferré L.B. *et al.* Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the *in vitro* fertilization embryo production outcome. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023; 58(3): 363–378. <https://doi.org/10.1111/rda.14303>

REFERENCES

1. Nanda R. *et al.* Ovum Pick-up in Ruminants. *Animal Reproduction Update*. 2022; 1(1): 46–50.
2. Ferré L.B., Kjelland M.E., Strøbech L.B., Hyttel P., Mermillod P., Ross P.J. Review: Recent advances in bovine *in vitro* embryo production: reproductive biotechnology history and methods. *Animal*. 2020; 14(5): 991–1004. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002775>
3. Viana J.H.M. 2021 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter*. 2022; 40(4): 22–40.
4. Boler R., Kasimanickam R. Ovum pick up, *in vitro* embryo production, and embryo transfer as value-added theriogenology service in miniature Hereford cattle operation. *Clinical Theriogenology*. 2024; 16: 10528. <https://doi.org/10.58292/CT.v16.10528>
5. Boni R. Ovum pick-up in cattle: a 25 yr retrospective analysis. *Animal Reproduction*. 2012; 9(3): 362–369.
6. Nikitin G.S. Modern approaches for obtaining and cryoconservation of cattle embryos *in vitro*. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2021; (3): 192–205 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2072-2419.2021.3.192>
7. Chinarov R.Yu. Developing the Ovum Pick-Up technology in cattle: state-of-the-art and research directions (review). *Agricultural Biology*. 2024; 59(2): 194–220. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2024.2.194eng>
8. Pestis V.K., Golubets L.V., Deshko A.S., Kyssa I.S., Popov M.V. Cow oocyte pick-up by the transvaginal puncture of follicles. *Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2016; 60(1): 123–128 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vspopl>
9. Ferré L.B. *et al.* Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the *in vitro* fertilization embryo production outcome. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023; 58(3): 363–378. <https://doi.org/10.1111/rda.14303>

10. Чинаров Р.Ю., Луканина В.А., Сингина Г.Н. Результативность прижизненного получения ооцитов у коров тагильской породы. *Ветеринария и кормление*. 2024; (1): 89–94. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-19>
11. Li F., Chen X., Pi W., Liu C., Shi Z. Collection of Oocytes Through Transvaginal Ovum Pick-up for *In Vitro* Embryo Production in Nanyang Yellow Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 2007; 42(6): 666–670. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2006.00842.x>
12. Ali S., Lemma A., Degefa T., Jemal J. Effect of breed, parity and frequency of collection on quality and quantity of OPU derived oocytes. *World News of Natural Sciences*. 2021; 34: 88–97.
13. Ding L.-J. *et al.* Different intervals of ovum pick-up affect the competence of oocytes to support the preimplantation development of cloned bovine embryos. *Molecular Reproduction and Development*. 2008; 75(12): 1710–1715. <https://doi.org/10.1002/mrd.20922>
14. Голубец Л.В. Эффективность различных режимов использования доноров при получении эмбрионов крупного рогатого скота *in vitro* в системе трансвагинальной аспирации ооцитов (ТАО). Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». 2021; 57(2): 87–91. <https://www.elibrary.ru/olfdxk>
15. Чинаров Р.Ю., Луканина В.А., Сингина Г.Н., Шедова Е.Н. Результативность получения ооцитов при проведении повторной серии трансвагинальной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов у телок симментальской породы. *Аграрная наука*. 2024; (9): 65–70. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-65-70>

ОБ АВТОРАХ

Роман Юрьевич Чинаров

кандидат ветеринарных наук,
старший научный сотрудник лаборатории эмбриональных технологий

roman_chinarov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6511-5341>

Виктория Александровна Луканина

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
лаборатории эмбриональных технологий

kristybatle@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4744-7873>

Алан Юрьевич Джигаев

аспирант, младший научный сотрудник
лаборатории криобиологии

alan_dz@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7818-0142>

Галина Николаевна Сингина

кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории эмбриональных технологий

g_singina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0198-9757>

Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл.,
142132, Россия

10. Chinarov R.Yu., Lukanina V.A., Singina G.N. Efficiency of Ovum Pick-Up in cows of Tagil breed. *Veterinaria i kormlenie*. 2024; (1): 89–94 (in Russian).

<https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-19>

11. Li F., Chen X., Pi W., Liu C., Shi Z. Collection of Oocytes Through Transvaginal Ovum Pick-up for *In Vitro* Embryo Production in Nanyang Yellow Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 2007; 42(6): 666–670.

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2006.00842.x>

12. Ali S., Lemma A., Degefa T., Jemal J. Effect of breed, parity and frequency of collection on quality and quantity of OPU derived oocytes. *World news of natural sciences*. 2021; 34: 88–97.

13. Ding L.-J. *et al.* Different intervals of ovum pick-up affect the competence of oocytes to support the preimplantation development of cloned bovine embryos. *Molecular Reproduction and Development*. 2008; 75(12): 1710–1715.

<https://doi.org/10.1002/mrd.20922>

14. Golubets L.V. Efficiency of different modes of using donors in obtaining cattle embryos *in vitro* in the system of transvaginal aspiration of oocytes (TAO). *Transactions of the educational establishment "Vitebsk the Order of 'the Badge of Honor' State Academy of Veterinary Medicine"*. 2021; 57(2): 87–91 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/olfdxk>

15. Chinarov R.Yu., Lukanina V.A., Singina G.N., Shedova E.N.

Efficiency of oocytes retrieval during a repeated series of transvaginal ultrasound-guided puncture of follicles in Simmental heifers. *Agrarian science*. 2024; (9): 65–70 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-65-70>

ABOUT THE AUTHORS

Roman Yurievich Chinarov

Candidate of Veterinary Sciences,
Senior Researcher at the Laboratory of Embryonic Technologies

roman_chinarov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6511-5341>

Viktoria Alexandrovna Lukanina

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
at the Laboratory of Embryonic Technologies

kristybatle@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4744-7873>

Alan Yurievich Dzhagaev

Postgraduate Student, Junior Researcher at the Cryobiology Laboratory

alan_dz@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7818-0142>

Galina Nikolaevna Singina

Candidate of Biological Sciences,
Leading Researcher at the Laboratory of Embryonic Technologies

g_singina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0198-9757>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,
60 Dubrovitsy settlement, Podolsk, Moscow region, 142132,
Russia

УДК 636.082.25+636.234.1

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-101-107

П.С. Богатова ✉
О.Е. Лиходеевская
Г.А. Лиходеевский
О.Г. Лоретц
А.С. Зулаева

Уральский государственный аграрный
 университет, Екатеринбург, Россия

✉ bogatova.p.s@gmail.com

Поступила в редакцию: 25.12.2024
 Одобрена после рецензирования: 10.03.2025
 Принята к публикации: 24.03.2025

© Богатова П.С., Лиходеевская О.Е.,
 Лиходеевский Г.А., Лоретц О.Г., Зулаева А.С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-101-107

Polina S. Bogatova ✉
Oksana E. Lihodeevskaya
Georgiy A. Lihodeevskiy
Olga G. Lorets
Alexandra S. Zulaeva

Ural State Agrarian University,
 Yekaterinburg, Russia

✉ bogatova.p.s@gmail.com

Received by the editorial office: 25.12.2024
 Accepted in revised: 10.03.2025
 Accepted for publication: 24.03.2025

© Bogatova P.S., Lihodeevskaya O.E.,
 Lihodeevskiy G.A., Lorets O.G., Zulaeva A.S.

Аллельное разнообразие бета- и каппа-казеинов крупного рогатого скота голштинской породы Свердловской области

РЕЗЮМЕ

Казеины являются важными компонентами молока, определяющими его текстуру, вкус и пищевую ценность. Исследования полиморфизма молочного белка указывают на то, что аллельный вариант В бета-казеина способствует получению высококачественного молока, а генотип ВВ каппа-казеина связан с повышенным содержанием молочного белка, улучшенными коагуляционными свойствами и большим выходом твердых и полутвердых сыров.

В рамках настоящего исследования на ДНК-чипах GGP Bovine 150K и Bovine 50K были определены генотипы бета- и каппа-казеина у 523 и 607 особей соответственно. Полученные данные были проверены на соответствие закону Харди — Вайнберга с использованием критерия согласия Пирсона. В результате была изучена распространенность генотипов бета- и каппа-казеина голштинского скота в Свердловской области.

Наиболее распространенными генотипами бета-казеина стали А1А2, А2А2 и А1А1, которые суммарно составляют 90% проанализированного поголовья. Генотипы АА, АВ и АЕ каппа-казеина составляют более 80% генотипированных особей, в то время как генотипы ВВ, ВЕ и ЕЕ — менее 20%. Полученные результаты согласуются с данными других регионов.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, молочный скот, казеины, CSN2, CSN3, генотипирование

Для цитирования: Богатова П.С., Лиходеевская О.Е., Лиходеевский Г.А., Лоретц О.Г., Зулаева А.С. Аллельное разнообразие бета- и каппа-казеинов крупного рогатого скота голштинской породы Свердловской области. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 101–107. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-101-107>

Allelic diversity of beta- and kappa-caseins in Holstein cattle of the Sverdlovsk region

ABSTRACT

Caseins are important components of milk that determine its texture, flavour and nutritional value. Milk protein polymorphism studies indicate that the B allele of beta-casein contributes to high quality milk, while the BB genotype of kappa-casein is associated with higher milk protein content, improved coagulation properties and higher yields of hard and semi-hard cheeses.

In the present study, beta- and kappa-casein genotypes were determined on AGP Bovine 150K and Bovine 50K DNA chips in 523 and 607 individuals, respectively.

The data obtained were tested for the Hardy-Weinberg law using Pearson's concordance criterion. As a result, the prevalence of beta- and kappa-casein genotypes of Holstein cattle in the Sverdlovsk region was studied.

The most common beta-casein genotypes were A1A2, A2A2 and A1A1, which account for 90% of the analysed herd. The AA, AB and AE kappa-casein genotypes accounted for more than 80% of the genotyped individuals, while the BB, BE and EE genotypes accounted for less than 20%. The results obtained are consistent with data from other regions.

Key words: cattle, dairy cattle, casein, CSN2, CSN3, genotyping

For citation: Bogatova P.S., Lihodeevskaya O.E., Lihodeevskiy G.A., Lorets O.G., Zulaeva A.S. Allelic diversity of beta- and kappa-caseins in Holstein cattle of the Sverdlovsk region. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 101–107 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-101-107>

Введение/Introduction

Молоко и молочные продукты оказывают существенное влияние на здоровье человека, поэтому ученые постоянно изучают их состав, влияние на организм и способы увеличения производства. Белки молока содержат незаменимые аминокислоты, лучше усваиваются организмом и как следствие, играют важную роль в питании человека [1].

Исследования вариантов молочных белков у молочного скота ведутся с середины прошлого века [2], за это время было обнаружено и изучено их влияние на свойства молока. Ученые определили шесть фракций молочных белков, встречающихся в различных генетических вариациях¹.

Содержание и состав белка в молоке важны для производителей сыра, так как это основной фактор, определяющий выход и качество конечного продукта. Исследования молока отдельных коров голштино-фризской породы показали, что общее содержание белка в молоке может варьироваться от 2,8 до 4,6 % [3], а казеин составляет 68–84% от общей доли белка [4].

Белки молока делятся на две группы — казеины и сывороточные белки.

Казеины являются наиболее важным и ценным компонентом молока. Они обеспечивают текстурные, сенсорные и питательные свойства основных молочных продуктов, таких как молоко, сыр и йогурт.

Казеин состоит из нескольких фракций²: α 1-, α 2-, β - и κ -казеины, среднее содержание которых 40%, 10%, 38% и 12% соответственно. Основной компонент казеинов — α -казеин (альфа-казеин), который отвечает за формирование казеиновых мицелл, сохранение структуры и питательных свойств молока. β -казеин (бета-казеин) влияет на структуру, текстуру и вкусовые качества молока, κ -казеины (каппа-казеин) играют ключевую роль в производстве сыра и творога.

Согласно исследованиям, β -казеин является одним из основных компонентов казеиновых мицелл, его менее отрицательно заряженный аллельный вариант В может способствовать агрегации мицелл благодаря снижению отталкивания между ними во время фазы свертывания. Кроме того, употребление молока, содержащего исключительно β -казеин А2А2, показало заметное снижение проблем, связанных с непереносимостью со стороны желудочно-кишечного тракта, а также улучшение когнитивных функций [5, 6].

Аллельные варианты β -казеина А1 и В являются прекурсорами биоактивного пептида β -казоморфина-7, который был определен исследователями как фактор риска увеличения заболеваемости ишемической болезнью сердца и диабетом 1-го типа [7].

Различие в двух основных аллелях β -казеина обусловлено однонуклеотидным полиморфизмом (SNP) на кодоне 67-м в 7-м экзоне гена бета-казеина. Считается, что SNP67 возникает в результате естественной мутации, при которой цитозин (аллель А2: ССТ, пролин) замещается на аденин (аллель А1: САТ, гистидин) [8].

Исследования, проведенные отечественными и зарубежными учеными, изучавшими полиморфизм молочных белков, показали, что сыропригодность молока частично определяется генотипом коров по κ -казеину [9–12], который играет ключевую роль в стабилизации казеиновых мицелл и предотвращении их коагуляции. Он важен для производства сыра, так как способствует образованию сгустка при добавлении сычужного фермента. В связи с этим κ -казеин сегодня вызывает особый интерес исследователей.

Ген *CSN3*, контролирующий образование κ -казеина в молоке, имеет 16 аллельных вариантов, из которых у коров молочного направления выделены два наиболее часто встречающихся (А и В) в трех различных сочетаниях АВ, АА, ВВ.

Аллель А ассоциируется исследователями с более высокой молочной продуктивностью, а аллель В — с более высоким содержанием белка в молоке, лучшими коагуляционными свойствами и большим выходом твердых и полутвердых сыров [13, 14]. Внутри гена *CSN3* влияющими на молочную продуктивность заменами являются rs43703015 (g.88532296C > T, Thr136Ile), rs43703016 (g.88532332A > C, Asp148Ala) [15].

Генотип В определяет однонуклеотидная замена rs43703015. Данная замена связана с повышением содержания жира и лактозы и уменьшением остальных белковых показателей [16, 17]. При этом аллель А по замене rs43703015 увеличивает время сычужной коагуляции белков и уменьшает показатель плотности творожного сгустка спустя 30 мин. после добавления фермента, а значит, отрицательно влияет на коагуляционные свойства молока [18].

В России проведенные исследования аллельных вариантов β -казеина показывают преобладание генотипов А1А2 с большей частотой встречаемости аллеля А1. У животных из Тверской области [19] носители генотипа А1А2 составили 52%, генотипа А1А1 — 30%, наименьшим оказалось количество животных с генотипом А2А2 — 18%; частота встречаемости аллелей составила: для А1 — 0,56, для А2 — 0,44.

В работе [20] отмечается частота мутантного А1 аллеля — 0,52, а нормального — 0,48 в Республике Ингушетия. В Республике Башкортостан животные с генотипом А1А1 составили 85% проанализированного поголовья, с генотипом А1А2 — 12%, гомозиготы А2А2 оказались в меньшинстве

¹ Roginsky H. Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press: London (UK). 2003; 2799. ISBN: 978-0-12227-235-6

² Горбатова К.К., Гунькова П.И. Химия и физика молока. СПб.: ГИОРД. 2012; 336. ISBN 978-5-98879-144-7

— 3%. Частоты встречаемости аллелей: A1 — 0,91, A2 — 0,09 [21].

Исследования, посвященные определению генотипов по каппа-казеину, показывают достаточно небольшую частоту встречаемости особей с генотипом BV: менее 0,058 [22], 0,08 [16], 0,04–0,094 — в Самарской области [23], 0,16, 0,22, 0,28 — в Псковской области [24], 0,038 — в одном из хозяйств Свердловской области [25]. В Костромской области, однако, генотип CSN3 BV встречается значительно чаще: 0,844 — у коров костромской породы, 0,6 — у коров черно-пестрой породы [26].

Генотип особи по генам β - и κ -казеина напрямую оказывает влияние на качество молока и его пригодность к технологической переработке.

Цели данной работы — исследование аллельного разнообразия и распространенность различных генотипов по β - и κ -казеину крупного рогатого скота на территории Свердловской области.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в пяти племенных организациях по разведению крупного рогатого скота голштинской породы в Свердловской области Российской Федерации. Всего для исследования были отобраны 613 образцов от коров маточного поголовья 2018–2022 гг. рождения (483 образца из закрытой геномной базы ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ» и 130 образцов, генотипированных в 2024 году).

Для генотипирования отбирали кровь из подхвостовой вены в вакуумные пробирки для гематологических исследований с КЗ ЭДТА («Эйлитон», Россия).

ДНК выделяли с помощью набора «ДНК-Экстрен-1» (ООО «Синтол», Россия) в соответствии с инструкцией к набору.

Генотипирование проводили на ДНК-чипах GGP Bovine 150K (Illumina, США) в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» на базе ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста» (Россия) [27] и на ДНК-чипах Bovine 50K (Illumina, США) в ООО «Мираторг» (Россия) с последующей биоинформатической обработкой данных авторами.

Эксперимент проводили 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 целей³, и принципов обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ⁴.

Полученные данные обрабатывали с помощью пакета Microsoft Office Excel (США). Рассчитывали

частоту встречаемости аллелей для оценки отклонения от закона Харди — Вайнберга с помощью критерия согласия Пирсона или Хи-квадрат, функция ХИ2ТЕСТ.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате генотипирования удалось определить генотипы бета-казеина у 523 коров, каппа-казеина — у 607.

У 150 и 66 животных генотипы по бета-казеину и каппа-казеину, соответственно, достоверно определить не удалось из-за отсутствия достаточного количества информативных одонуклеотидных полиморфизмов. В связи с этим в результате отбора для анализа были оставлены 507 образцов, у которых удалось достоверно определить генотипы как по β -казеину, так и по κ -казеину.

К настоящему времени исследователями были отмечены 15 генетических вариантов кодирующих областей β -казеина, которые были названы в соответствии с порядком обнаружения: A1, A2, A3, B, C, D, E, F, G, H1, H2, I, J, K, L.

Все варианты β -казеина характеризуются наличием 1–3 аминокислотных замен в разных позициях, но в целом их можно разделить на два типа бета-казеина — A2 (10 вариантов) и A1 (5 вариантов) в зависимости от присутствия пролина или гистидина в позиции 67-й белковой последовательности [8].

В результате генотипирования в проанализированных образцах были обнаружены 10 вариантов генотипов β -казеина и 6 различных аллелей. Самыми распространенными оказались генотипы: A1A2 — 222 особи, частота встречаемости генотипа составила 0,438; A2A2 — 157 особей с частотой встречаемости генотипа 0,310; A1A1 — 77 особей с частотой встречаемости генотипа 0,152 (табл. 1).

В общей сложности три этих генотипа были обнаружены у 90% проанализированных животных. Соответственно, оставшиеся 10 включают генотипы A1B, A1F, A1I, A2A3, A2B, A2F и A2I.

Частотность аллелей составила для: A1 — 0,391; A2 — 0,559; A3 — 0,001; B — 0,014; F — 0,003; I — 0,033. В соответствии с критерием хи-квадрат популяция значимо не отличается от равновесия Харди — Вайнберга.

Для гена CSN3 на сегодняшний день исследователям известны 13 аллельных вариантов, при этом в работе [28] указывается, что из-за принадлежности вариантов B, B2, C и J к группе B небольшие различия в аллельном составе между ними часто игнорируются, образец определяется как вариант B на основе совпадения двух аллелей без дополнительного анализа других маркеров.

Согласно полученным в результате генотипирования данным, на территории Свердловской

³ 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

⁴ 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».

Таблица 1. Обнаруженные генотипы бета-казеина

Table 1. Detected beta-casein genotypes

Генотип	Количество	Частота встречаемости
A1A1	77	0,152
A1A2	222	0,438
A1B	4	0,008
A1F	1	0,002
A1I	15	0,030
A2A2	157	0,310
A2A3	1	0,002
A2B	10	0,020
A2F	2	0,004
A2I	18	0,036

области были выявлены шесть генотипов к-казеина и три аллельных варианта. Наиболее распространенными среди них оказались: AA — 161, AB — 154, AE — 108 особей соответственно (табл. 2), составляющие суммарно 83,5% исследованного поголовья.

С желательным генотипом BB, ассоциированным с пригодностью молока к переработке, выявлены 37 коров (7,3% проанализированного поголовья). Наименее распространены генотипы BE и EE — 32 (6,3%) и 15 (3%) особей соответственно.

Частота встречаемости аллелей составила для: A — 0,576; B — 0,256; E — 0,168. По критерию хи-квадрат популяция значимо не отличается от равновесия Харди—Вайнберга. Это означает, что при отсутствии селекции, направленной на получение животных с желаемым генотипом к-казеина BB, его распространенность в поголовье останется в пределах 10%.

Результаты исследования β- и κ-казеина в Свердловской области в целом аналогичны результатам, полученным в других регионах России. Генотипы бета-казеина A1A2 и A1A1 встречаются значительно чаще, а аллель A1 имеет наибольшую распространенность (от 0,52 до 0,91) [21–23]. Наиболее распространенные генотипы каппа-казеина — AA и AB с наибольшей частотой встречаемости аллеля A в гене CSN3 [24, 18, 25, 26], что может быть связано с направленностью селекции на повышение удоев и ассоциацией аллельного варианта A с высокой молочной продуктивностью.

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 проведено в рамках госзадания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (регистрационный № 124061300024-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зиннатов Ф.Ф., Якупов Т.Р., Зиннатова Ф.Ф., Хисамов Р.Р. Полиморфные варианты генов белкового обмена у голштинских коров. *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки.* 2022; 8(1): 25–34. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-25-34>

Таблица 2. Обнаруженные генотипы каппа-казеина

Table 2. Detected kappa-casein genotypes

Генотип	Количество	Частота встречаемости
AA	161	0,318
AB	154	0,304
AE	108	0,213
BB	37	0,073
BE	32	0,063
EE	15	0,030

Выводы/Conclusions

В данной работе были изучены распространенность генотипов и аллельное разнообразие β- и κ-казеина на территории Свердловской области. Наиболее распространенными генотипами β-казеина среди коров из пяти племенных организаций оказались A1A2, A2A2 и A1A1, что объясняется формированием в одном хозяйстве, имеющем цех переработки молока, группу животных для получения гипоаллергенного молока с брендом A2 (суммарно составляющих 90% от всех проанализированных особей). При этом наиболее часто встречающимися аллелями оказались A1 и A2, частота встречаемости аллелей A3, B, F и I суммарно составила 0,05.

Среди шести обнаруженных у проанализированной популяции генотипов κ-казеина генотипы AB, AA и AE были выявлены у 83% животных, наибольшей частотой встречаемости обладает аллель A — 0,576, частоты встречаемости аллелей B и E составили 0,256 и 0,168 соответственно.

Данные результаты согласуются с результатами других исследователей на территории Российской Федерации, что означает необходимость внедрения геномной селекции для получения коров, молоко которых будет наиболее оптимальным для переработки.

Проведение генотипирования коров в хозяйствах может быть полезно при формировании целевых стад, производящих «питьевое» молоко (аллели A, A1, A2 и т. д.) и молоко, пригодное для переработки (аллель B).

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 conducted within the framework of the state assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (registration No. 124061300024-1).

REFERENCES

1. Zinnatov F.F., Yakupov T.R., Zinnatova F.F., Khisamov R.R. Polymorphic variants of protein metabolism genes in Holstein cattle. *Vestnik of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences.* 2022; 8(1): 25–34 (in Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-25-34>

2. Aschaffenburg R., Drewry J. Occurrence of Different Beta-Lactoglobulins in Cow's Milk. *Nature*. 1955; 176(4474): 218–219. <https://doi.org/10.1038/176218b0>
3. Kroger M. Milk protein determinations. *American Dairy Review*. 1973; 35(9): 18.
4. Cerbulis J., Farrell Jr. H.M. Composition of milks of dairy cattle. I. Protein, lactose, and fat contents and distribution of protein fractions. *Journal of Dairy Science*. 1975; 58(6): 817–827. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84644-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84644-3)
5. Панков М.Н., Смолина В.С., Ступина А.О., Классен И.А., Спасский Е.А. Бета-казеин коровьего молока и его влияние на организм человека (обзор). Журнал медико-биологических исследований. 2024; 12(3): 411–418. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z207>
6. Amalfitano N., Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., Malacarne M., Summer A., Bittante G. Milk protein fractions strongly affect the patterns of coagulation, curd firming, and syneresis. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(4): 2903–2917. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15524>
7. Amalfitano N., Mota L.F.M., Rosa G.J.M., Cecchinato A., Bittante G. Role of *CSN2*, *CSN3*, and *BLG* genes and the polygenic background in the cattle milk protein profile. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(7): 6001–6020. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21421>
8. Cieślińska A., Fiedorowicz E., Rozmus D., Sienkiewicz-Szłapka E., Jarmołowska B., Kamiński S. Does a Little Difference Make a Big Difference? Bovine β -Casein A1 and A2 Variants and Human Health — An Update. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(24): 15637. <https://doi.org/10.3390/ijms232415637>
9. Калашникова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Тинаев А.Ш. Влияние полиморфизма генов молочных белков и гормонов на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009; (3): 49–52. <https://elibrary.ru/kubibj>
10. Самусенко Л.Д., Химичева С.Н. Генотип коров — основа качества молока. Молоко и молочные продукты. Производство и реализация. 2012; (2): 17–19. <https://elibrary.ru/yhgcb0>
11. Kamiński S., Zbolewicz T., Oleński K., Babuchowski A. Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2023; 32(2): 205–210. <https://doi.org/10.22358/jafs/157531/2023>
12. Albazi W.J. et al. Association of Kappa casein gene polymorphism with milk production traits in crossbred dairy cows. *Ciência Animal Brasileira*. 2023; 24: e-74079E. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-74079E>
13. Харламов А.В., Панин В.А., Косилов В.И. Влияние генов каппа-казеина и лактоглобулина на молочную продуктивность коров и белковый состав молока. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020; (1): 193–197. <https://elibrary.ru/xbgdqh>
14. Meier S., Korkuć P., Arends D., Brockmann G.A. DNA Sequence Variants and Protein Haplotypes of Casein Genes in German Black Pied Cattle (DSN). *Frontiers in Genetics*. 2019; 10: 1129. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01129>
15. Viale E., Tiezzi F., Maretto F., De Marchi M., Penasa M., Cassandro M. Association of candidate gene polymorphisms with milk technological traits, yield, composition, and somatic cell score in Italian Holstein-Friesian sires. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(9): 7271–7281. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12666>
16. Cecchinato A. et al. Candidate gene association analysis for milk yield, composition, urea nitrogen and somatic cell scores in Brown Swiss cows. *Animal*. 2014; 8(7): 1062–1070. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001098>
17. Kučerová J. et al. Milk protein genes *CSN1S1*, *CSN2*, *CSN3*, *LGB* and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech Journal of Animal Science*. 2006; 51(6): 241–247. <https://doi.org/10.17221/3935-CJAS>
2. Aschaffenburg R., Drewry J. Occurrence of Different Beta-Lactoglobulins in Cow's Milk. *Nature*. 1955; 176(4474): 218–219. <https://doi.org/10.1038/176218b0>
3. Kroger M. Milk protein determinations. *American Dairy Review*. 1973; 35(9): 18.
4. Cerbulis J., Farrell Jr. H.M. Composition of milks of dairy cattle. I. Protein, lactose, and fat contents and distribution of protein fractions. *Journal of Dairy Science*. 1975; 58(6): 817–827. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84644-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84644-3)
5. Pankov M.N., Smolina V.S., Stupina A.O., Klassen I.A., Spassky E.A. Beta-casein of cow's milk and its effect on the human body (review). *Journal of medical and biological research*. 2024; 12(3): 411–418 (in Russian). <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z207>
6. Amalfitano N., Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., Malacarne M., Summer A., Bittante G. Milk protein fractions strongly affect the patterns of coagulation, curd firming, and syneresis. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(4): 2903–2917. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15524>
7. Amalfitano N., Mota L.F.M., Rosa G.J.M., Cecchinato A., Bittante G. Role of *CSN2*, *CSN3*, and *BLG* genes and the polygenic background in the cattle milk protein profile. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(7): 6001–6020. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21421>
8. Cieślińska A., Fiedorowicz E., Rozmus D., Sienkiewicz-Szłapka E., Jarmołowska B., Kamiński S. Does a Little Difference Make a Big Difference? Bovine β -Casein A1 and A2 Variants and Human Health — An Update. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(24): 15637. <https://doi.org/10.3390/ijms232415637>
9. Kalashnikova L.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Tinaev A.Sh. Effect of polymorphism in genes of milk proteins and hormones on milk productivity of Black-and-White cows. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*. 2009; (3): 49–52 (in Russian). <https://elibrary.ru/kubibj>
10. Samusenko L.D., Khimicheva S.N. Genotype of cows is the basis of milk quality. *Moloko i molochnye produkty. Proizvodstvo i realizatsiya*. 2012; (2): 17–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/yhgcb0>
11. Kamiński S., Zbolewicz T., Oleński K., Babuchowski A. Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2023; 32(2): 205–210. <https://doi.org/10.22358/jafs/157531/2023>
12. Albazi W.J. et al. Association of Kappa casein gene polymorphism with milk production traits in crossbred dairy cows. *Ciência Animal Brasileira*. 2023; 24: e-74079E. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-74079E>
13. Harlamov A.V., Panin V.A., Kosilov V.I. Effect of kappa-casein and lactoglobulin genes on milk yields of cows and the content of protein in milk. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; (1): 193–197 (in Russian). <https://elibrary.ru/xbgdqh>
14. Meier S., Korkuć P., Arends D., Brockmann G.A. DNA Sequence Variants and Protein Haplotypes of Casein Genes in German Black Pied Cattle (DSN). *Frontiers in Genetics*. 2019; 10: 1129. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01129>
15. Viale E., Tiezzi F., Maretto F., De Marchi M., Penasa M., Cassandro M. Association of candidate gene polymorphisms with milk technological traits, yield, composition, and somatic cell score in Italian Holstein-Friesian sires. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(9): 7271–7281. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12666>
16. Cecchinato A. et al. Candidate gene association analysis for milk yield, composition, urea nitrogen and somatic cell scores in Brown Swiss cows. *Animal*. 2014; 8(7): 1062–1070. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001098>
17. Kučerová J. et al. Milk protein genes *CSN1S1*, *CSN2*, *CSN3*, *LGB* and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech Journal of Animal Science*. 2006; 51(6): 241–247. <https://doi.org/10.17221/3935-CJAS>

18. Шевцова А.А., Климов Е.А., Ковальчук С.Н. Обзор вариативности генов, связанных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018; (11–1): 194–200. <https://elibrary.ru/yowplf>
19. Марзанов Н.С., Абылкасымов Д.А., Девришов Д.А., Марзанова С.Н., Либет И.С. Характеристика аллелотипа у коров черно-пестрой породы по локусам бета- и каппа-казеина и качественные показатели молока. *Актуальные вопросы молочной промышленности, межатраслевые технологии и системы управления качеством*. Сборник научных трудов. М.: ВНИМИ. 2020; 1: 368–376. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-368-376>
20. Марзанов Н.С., Девришов Д.А., Марзанова С.Н., Гетоков О.О., Абылкасымов Д.А., Либет И.С. ДНК-диагностика популяций коров черно-пестрой породы по локусам бета-казеина. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2021; (3): 78–84. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202103011>
21. Парамонова М.А., Валитов Ф.Р., Ганиева И.Н. Частота встречаемости аллельных вариантов гена бета-казеина коров черно-пестрой породы. *Современные научные гипотезы и прогнозы: от теории к практике. Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. 2021; 84–86. <https://elibrary.ru/ijttqk>
22. Ефимова И.О., Загидуллин Л.Р., Шайдудин Р.Р., Ахметов Т.М., Тюлькин С.В., Москвичева А.Б. Встречаемость комплексных генотипов каппа-казеина и диацилглицерол о-ацилтрансферазы у молочного скота разных линий. *Перспективы развития аграрных наук. Материалы Международной научно-практической конференции. Тезисы докладов*. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. 2020; 121–122. <https://elibrary.ru/cvkyqk>
23. Ершов Р.О., Карамеева А.С., Карамеев С.В. Продуктивные качества коров самарского типа черно-пестрой породы разных линий в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023; (2): 276–281. <https://elibrary.ru/bnascs>
24. Снигирев С.О., Ламонов С.А., Скоркина И.А., Гладырь Е.А. Молочная продуктивность коров разных генотипических групп черно-пестрого скота в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2023; (1): 94–97. <https://elibrary.ru/noyxcz>
25. Горелик О.В., Афонина Д.А., Белококов А.А., Сафронов С.Л., Кульмакова Н.И., Бобылева И.В. Влияние генотипа по каппа-казеину на молочную продуктивность и выбраковку коров. *Аграрная наука*. 2022; (7–8): 110–113 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-110-113>
26. Чаицкий А.А. и др. Влияние генотипов гена каппа-казеина на сыропригодные свойства молока коров. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2022; (2): 33–43. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2022.58.2.005>
27. Богатова П.С., Лиходеевский Г.А., Лиходеевская О.Е. Взаимосвязь геномного и расчетного инбридинга в популяции крупного рогатого скота голштинской породы Свердловской области. *Аграрный вестник Урала*. 2024; 24(9): 1158–1171. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-09-1158-1171>
28. Кузнецов С.Б., Солоднева Е.В., Семина М.Т., Бекетов С.В., Турбина И.С., Столповский Ю.А. Новые сочетания аллелей в вариантах генов казеинового кластера крупного рогатого скота и ревизия их номенклатуры. *Генетика*. 2022; 58(8): 889–901. <https://doi.org/10.31857/S0016675822080057>

ОБ АВТОРАХ

Полина Сергеевна Богатова

аспирант, младший научный сотрудник лаборатории молекулярных и биологических исследований
bogatova.p.s@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6584-2394>

18. Shevtsova A.A., Klimov E.A., Kovalchuk S.N. Review of genes variability associated with milk productivity of dairy cattle. *International journal of applied and fundamental research*. 2018; (11–1): 194–200 (in Russian). <https://elibrary.ru/yowplf>
19. Marzanov N.S., Abylkasymov D.A., Devrishov D.A., Marzanova S.N., Libet I.S. The characteristic of allelotype in cows of Black and Multicolored breed of β - and κ -casein locus and qualitative indicators of milk. *Topical issues of the dairy industry, interdisciplinary technologies and quality management systems. Collection of scientific papers*. Moscow: All-Russian Dairy Research Institute. 2020; 1: 368–376 (in Russian). <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-368-376>
20. Marzanov N.S., Devrishov D.A., Marzanova S.N., Getokov O.O., Abylkasymov D.A., Libet I.S. DNA diagnostics of populations of the Black-and-White breed by the Beta-Casein Locus. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2021; (3): 78–84 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202103011>
21. Paramonova M.A., Valitov F.R., Ganieva I.N. Frequency of occurrence of allelic variants of the beta-casein gene in Black-and-White cows. *Modern scientific hypotheses and forecasts: from theory to practice: a collection of scientific articles based on the results of the International scientific and practical conference*. St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Economics. 2021; 84–86 (in Russian). <https://elibrary.ru/ijttqk>
22. Efimova I.O., Zagidullin L.R., Shaidullin R.R., Akhmetov T.M., Tyulkin S.V., Moskvicheva A.B. Meeting of complex genotypes of kappa casein and diacylglycerol of o-acyl transferase in dairy cattle of different lines. *Prospects for the development of agrarian sciences. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Abstracts of reports*. Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy. 2020; 121–122 (in Russian). <https://elibrary.ru/cvkyqk>
23. Ershov R.O., Karamaeva A.S., Karamaev S.V. Productive qualities of Samara-type cows of a Black-and-White breed of different lines depending on the polymorphism of the kappa-casein gene. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023; (2): 276–281 (in Russian). <https://elibrary.ru/bnascs>
24. Snigirev S.O., Lamonov S.A., Skorkina I.A., Gladyr E.A. Milk productivity of cows of different genotypic groups of Black-and-White cattle depending on the polymorphism of the kappa-casein gene. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; (1): 94–97 (in Russian). <https://elibrary.ru/noyxcz>
25. Gorelik O.V., Afonina D.A., Belookov A.A., Safronov S.L., Kulmakova N.I., Bobyleva I.V. Influence of kappa-casein genotype on milk yield of cows and on culling of cows. *Agrarian science*. 2022; (7–8): 110–113. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-110-113>
26. Chaitsky A.A. et al. Influence of genotypes of kappa-casein gene on cheese properties of cow's milk. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2022; (2): 33–43 (in Russian). <https://doi.org/10.35694/YARCX.2022.58.2.005>
27. Bogatova P.S., Likhodeevsky G.A., Likhodeevskaya O.E. The relationship between genomic and estimated inbreeding in the population of Holstein cattle in Sverdlovsk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24(9): 1158–1171 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-09-1158-1171>
28. Kuznetsov S.B., Solodneva E.V., Semina M.T., Beketov S.V., Turbina I.S., Stolpovsky Yu.A. New Combinations of Alleles in the Variants of the Cluster of Bovine Casein Genes and Revision of the Nomenclature of These Genes. *Russian Journal of Genetics*. 2022; 58(8): 915–926. <https://doi.org/10.1134/s1022795422080051>

ABOUT THE AUTHORS

Polina Sergeevna Bogatova

Postgraduate Student, Research Assistant of the Laboratory of Molecular and Biological Research
bogatova.p.s@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6584-2394>

Георгий Александрович Лиходеевский

аспирант, младший научный сотрудник лаборатории
молекулярных и биологических исследований
georglihodey@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2616-2166>

Оксана Евгеньевна Лиходеевская

кандидат биологических наук, доцент,
заведующая лабораторией молекулярных
и биологических исследований
lixodeevskaya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5976-6030>

Ольга Геннадьевна Лореттс

доктор биологических наук, профессор кафедры
биотехнологии и продуктов питания
olga-loretts@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5144-8409>

Александра Сергеевна Зулаева

преподаватель кафедры зооинженерии
zulaeva.a@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-7579-248X>

Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

Georgiy Aleksandrovich Lihodeevskiy

Postgraduate Student, Research Assistant of the Laboratory
of Molecular and Biological Research
georglihodey@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2616-2166>

Oksana Evgenievna Lihodeevskaya

Candidate of Science in Biology,
Associate Professor, Head of the Laboratory
of Molecular and Biological Research
lixodeevskaya@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5976-6030>

Olga Gennadiyevna Loretts

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Department of Biotechnology and Food Products
olga-loretts@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5144-8409>

Alexandra Sergeevna Zulaeva

Lecturer of the Department of Zooengineering
zulaeva.a@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-7579-248X>

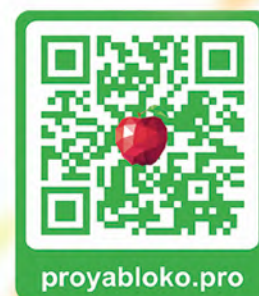
Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia



7-я международная выставка
технологий выращивания, хранения
и сбыта плодово-ягодной продукции

САДЫ РОССИИ PRO ЯБЛОКО 2025

ГЛАВНАЯ ВЫСТАВКА
ДЛЯ САДОВОДОВ



г. Минеральные Воды,
МВЦ Минводы ЭКСПО
РЕКЛАМА

9-11 ИЮНЯ
2025

Влияние белкового концентрата из личинок черной львинки *Hermetia illucens* на продуктивные показатели цыплят-бройлеров

РЕЗЮМЕ

В современной агропромышленности и птицеводстве особое внимание уделяется поиску альтернативных источников белка для кормления сельскохозяйственных животных. Личинки черной солдатской мухи (*Hermetia illucens*) представляют собой перспективный кормовой компонент благодаря высокой пищевой и биологической ценности, сбалансированному содержанию белков, аминокислот, жирных кислот, витаминов и минералов. В статье рассмотрены питательные характеристики и влияние белкового концентрата из личинок черной львинки на продуктивность цыплят-бройлеров. Экспериментально установлено, что замена 75% рыбной муки белковым концентратом из личинок *H. illucens* способствует увеличению живой массы птицы, снижению затрат корма и улучшению мясных качеств. Отмечено повышение переваримости протеина, жира и клетчатки, что свидетельствует о высокой усвояемости данного компонента. Дополнительно рассмотрены экологические и технологические аспекты разведения и переработки личинок, включая их способность утилизировать органические отходы, что делает их использование устойчивым и экономически оправданным

Ключевые слова: *Hermetia illucens*, биологическая ценность, бройлеры, кормовая добавка, заменитель рыбной муки, продуктивность птицы, переваримость питательных веществ

Для цитирования: Крючков И.А., Никишов А.А. Влияние белкового концентрата из личинок черной львинки *Hermetia illucens* на продуктивные показатели цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 108–112.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-108-112>

Effect of protein concentrate from black soldier fly *Hermetia illucens* larvae on the productive performance of broiler chickens

ABSTRACT

In modern agriculture and poultry farming, special attention is paid to the search for alternative protein sources for livestock feeding. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae represent a promising feed ingredient due to their high nutritional and biological value, balanced content of proteins, amino acids, fatty acids, vitamins, and minerals. The article discusses the nutritional characteristics and the effect of protein concentrate from black lion larvae on the productivity of broiler chickens. It has been experimentally established that replacing 75% of fish meal with protein concentrate from *H. illucens* larvae helps to increase the live weight of poultry, reduce feed costs and improve meat qualities. Improved digestibility of protein, fat, and fiber was observed, indicating the high bioavailability of this component. Additionally, the article discusses the ecological and technological aspects of larvae breeding and processing, including their ability to utilize organic waste, which makes their use both sustainable and economically justified.

Key words: *Hermetia illucens*, nutritional and biological value, broilers, feed additive, fish meal replacement, poultry productivity, nutrient digestibility

For citation: Kryuchkov I.A., Nikisov A.A. Effect of protein concentrate from black soldier fly *Hermetia illucens* larvae on the productive performance of broiler chickens. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 108–112 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-108-112>

Введение/Introduction

В условиях растущего спроса на альтернативные источники белка особый интерес представляют личинки черной львинки (*Hermetia illucens*). Они обладают достаточно высокой пищевой и биологической ценностью, что делает их перспективным компонентом кормов для сельскохозяйственных животных, в частности для птицы.

Жизненный цикл *H. illucens* включает последовательные стадии развития: яйцо, личинка, предкуполка, куполка, имаго [1]. Личиночная стадия, являясь наиболее активной с точки зрения метаболизма и накопления биомассы, сопровождается увеличением массы тела в 1000 раз в течение 18 дней, что обусловлено интенсивной переработкой органических субстратов. Продолжительность жизни взрослой особи составляет 7–9 дней, а общий жизненный цикл варьируется от 36 до 52 дней [2]. Абиотическими факторами, влияющими на жизненный цикл и продуктивность *H. illucens*, являются интенсивность освещения, уровень влажности, температурный режим и кислотно-щелочной баланс среды. Выращивание личинок *H. illucens* осуществляется в контролируемых биотехнологических условиях, где оптимизируются температура, влажность и состав питательного субстрата, что позволяет максимизировать биомассу и питательную ценность [3, 4]. Применяются автоматизированные системы культивирования, обеспечивающие равномерное распределение личинок и контроль параметров среды, что повышает эффективность производства. Оптимальные условия для размножения включают температурный диапазон около 27 °C и относительную влажность 80%, что обеспечивает максимальную выживаемость и репродуктивную активность популяции [5].

Личинки *H. illucens* обладают высоким питательным потенциалом, обусловленным их способностью к биоконверсии различных органических субстратов, включая отходы пищевой промышленности и животноводства, в высококачественную биомассу [6]. Биохимический состав личинок характеризуется содержанием 32–40% белка и 13–42% жирных кислот [7], а также наличием полного спектра незаменимых аминокислот и микроэлементов, необходимых для полноценного питания животных.

Сравнительный анализ *H. illucens* с традиционными источниками белка демонстрирует их высокую питательную ценность, обусловленную значительной концентрацией белка и липидов, что делает их перспективным кормовым компонентом для сельскохозяйственных животных, включая птицу [8, 9].

Современные исследования подтверждают, что пищевой субстрат личинок существенно влияет на состав их микробиоты, что в свою очередь

отражается на пищевой ценности получаемого корма. Включение личинок в состав кормовых смесей оказывает влияние на физико-химические и органолептические характеристики мяса птицы, изменяя его pH, светлоту и содержание белка, однако при рациональном дозировании сохраняются высокие вкусовые и технологические качества продукции [10].

Включение личинок *H. illucens* в кормовые рационы сельскохозяйственных животных представляет собой перспективное направление, способствующее снижению зависимости от традиционных источников белка и повышению экологической устойчивости производства [11]. Развитие технологий промышленного выращивания и переработки личинок позволит масштабировать их использование в кормопроизводстве.

Перспективным направлением является изучение влияния различных кормовых субстратов на питательные характеристики личинок, что позволит адаптировать их состав под потребности конкретных видов животных. Разработка инновационных кормовых добавок на основе *H. illucens* может существенно повысить эффективность животноводства и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Цель исследования — изучить влияние белкового концентрата из личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) на продуктивные показатели цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2021–2024 гг. в виварии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» на цыплятах-бройлерах кросса Ross 308.

Объектом исследования являлся белковый концентрат из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух черной львинки (*Hermetia illucens*) (ООО «ЭкоБелок», Россия), содержащий, по данным производителя, 58,9% протеина, 8,0% жира и 9,1% золы с высоким уровнем аминокислот, кальция, фосфора и железа.

Все процедуры с животными проводили в соответствии с принципами биоэтики, утвержденными Комиссией по биоэтике РУДН (протокол от 15.09.2021 № 18/32), которые соответствовали Директиве 2010/63/EU Европейского парламента о защите животных¹.

Были сформированы пять групп цыплят-бройлеров (по 20 голов) без разделения по полу.

С суточного до 35 суточного возраста при клеточном содержании. Кормление осуществляли полнорационными сбалансированными² комбикормами с различной степенью замены рыбной муки белковым препаратом из личинок *H. illucens* (табл. 1).

¹ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/EC по защите охраняемых животных, используемых в научных целях.

https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

² Егоров И.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н.; Егорова Т.А. и др. Методическое пособие по кормлению сельскохозяйственной птицы. 2021.

Таблица 1. Схема опыта

Table 1. Experimental design

Группа	
1-я — контроль	Основной рацион (ОР), сбалансированный по всем питательным веществам
2-я	ОР с заменой 25% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)
3-я	ОР с заменой 50% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)
4-я	ОР с заменой 75% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)
5-я	ОР с заменой 100% рыбной муки белковым концентратом из высушенных, обезжиренных и измельченных личинок мух черной львинки (<i>Hermetia illucens</i>)

Для определения переваримости питательных веществ проводили балансовый опыт в возрасте 30–33 дней. В каждой группе отбирали по 5 голов для индивидуального учета потребления корма и выделения помета. Химический состав кормов и помета определяли стандартными методами: сырой протеин — по методу Кьельдаля³, сырой жир — методом Сокслета⁴, сырую клетчатку — по методу Геннеберга и Штомана⁵.

Убойные качества определяли путем анатомической разделки тушек (по 5 голов из каждой группы) по методике ВНИТИП⁶. Взвешивание проводили на электронных весах Scout SPX622 (ОНАУС, Китай) с точностью до 0,01 г.

СИ поверены.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Достоверность различий между группами определяли с помощью t-критерия Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Включение белкового препарата из личинок *Hermetia illucens* в рацион бройлеров способствовало повышению продуктивных показателей (табл. 2). Наибольшие значения живой массы к 35-суточному возрасту зафиксированы при замене 75% рыбной муки, где масса птицы превысила контроль на 6,9%. В группах с заменой 50% и 100% рыбной муки этот показатель был выше контроля на 4,8% и 3,7% соответственно.

Среднесуточный прирост массы увеличился на 7,1% в группе с 75%-ной заменой рыбной муки, а конверсия корма улучшилась на 7,9%. Выход грудных мышц увеличился на 4,7%, что свидетельствует о повышении мясной продуктивности.

Таблица 2. Продуктивность цыплят-бройлеров

Table 2. Productivity of broiler chickens

Показатель	Группа				
	1-я (к)	2-я	3-я	4-я	5-я
Живая масса в 35 дней, г	1965,9 ± 17,2	1967,4 ± 16,8	2060,5 ± 17,6	2101,8 ± 14,4	2038,3 ± 12,9
Среднесуточный прирост, г	55,1 ± 1,8	55,1 ± 2,4	57,76 ± 3,1	58,94 ± 5,5	57,12 ± 2,4
Убойный выход, %	71,3 ± 6,8	72,8 ± 7,1	73,25 ± 5,9	74,97 ± 5,8	73,61 ± 8,0
Выход грудной мышцы, %	20,1 ± 2,4	20,45 ± 1,9	20,72 ± 2,0	21,08 ± 2,7	20,93 ± 2,4

Таблица 3. Переваримость питательных веществ у бройлеров 30–33 дней, %

Table 3. Nutrient digestibility in broilers aged 30–33 days, %

Показатель	Группа				
	1-я (к)	2-я	3-я	4-я	5-я
Переваримость протеина	93,74	94,87	94,87	95,60	95,58
Переваримость жира	86,58	88,48	88,48	89,18	89,6
Переваримость клетчатки	21,91	13,05	25,74	25,74	24,47
Переваримость сухого вещества	43,16	39,42	47,16	48,86	42,08

Переваримость протеина, жира и клетчатки улучшалась по мере увеличения доли замененной рыбной муки. Наибольшие показатели зарегистрированы в 4-й группе, где переваримость протеина возросла на 1,86%, а жира — на 2,6% (табл. 3).

Таким образом, включение белкового препарата из личинок *H. illucens* в корм бройлеров улучшило продуктивность птицы, способствовало повышению переваримости питательных веществ, увеличению убойного выхода и улучшению качества мяса.

Оптимальный уровень замены рыбной муки в рационе — 75%, при котором достигнуты наилучшие показатели продуктивности и биологической эффективности корма.

Выводы/Conclusions

Проведенные исследования подтвердили высокую пищевую ценность белкового концентрата из личинок *Hermetia illucens* для птицеводства. Замена 75% рыбной муки белковым концентратом в рационе цыплят-бройлеров позволила увеличить живую массу на 6,9%, снизить конверсию корма на 7,9% и повысить убойный выход и выход грудных мышц.

³ ГОСТ 32044.1-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Кьельдаля.

⁴ ГОСТ 32905-2014 (ISO 6492:1999) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира (изд. с поправкой).

⁵ ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

⁶ Егоров И.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н. и др. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению с.-х. птицы. Весь Сергиев Посад. 2013.

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.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Антонов А.М., Лутвинович Е., Иванов Г.А., Пастухова Н.О. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе. *Принципы экологии*. 2017; (3): 4–19. <https://www.elibrary.ru/zsvxmxz>
2. Башаров А.А., Андриянова Э.М., Сатаева Л.В. Химический состав личинок черной львинки в зависимости от возраста и их использование в производстве комбикормов для цыплят-бройлеров. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2023; (2): 33–37. <https://www.elibrary.ru/odnuzl>
3. Некрасов Р.В. и др. Влияние липидной фракции личинок черной львинки на продуктивность, резистентность и обменные процессы у телят молочного периода выращивания. *Аграрная наука*. 2023; (11): 64–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-64-69>
4. Иванов О.Н., Сапронова Ж.А., Сverguzova С.В., Шайхiev И.Г., Старостина И.В., Данышина Е.П. Использование насекомых как источника кормового белка — резерв снижения нагрузки на природные экосистемы. *Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология. Международная научно-техническая конференция. Сборник докладов*. Белгород: Белгородский государственный технологический университет. 2020; 380–387. <https://www.elibrary.ru/xhjkxl>
5. Кривоносов П.Н., Тазель И.Р. Использование смешанных пищевых субстратов при культивировании личинок черной львинки. *StudArctic Forum*. 2024; 9(4): 55–64. <https://www.elibrary.ru/fsanpw>
6. Barragán-Fonseca K.B. Flies are what they eat: Tailoring nutrition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) for larval biomass production and fitness. Thesis. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University. 2018; 159. ISBN 978-94-6343-293-1 <https://doi.org/10.18174/449739>
7. Песцов Г.В., Прокудина О.В., Третьякова А.В. Изучение органолептических свойств жира личинок *Hermetia illucens* на различных кормовых субстратах. *Проблемы научной мысли*. 2023; 11(1): 3–6. <https://www.elibrary.ru/rjmbtg>
8. Журавлев М.С., Вертипрахов В.Г., Кощеева М.В., Бураков Н.П., Смаглюк М.И., Истомин А.И. Стандартизированная илеальная усвояемость аминокислот белкового концентрата на основе личинок мух *Lucilia spp.* (Diptera: Calliphoridae) и его влияние на показатели крови у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.). *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(6): 1233–1244. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1233rus>
9. Тышко Н.В. и др. Комплексные исследования биологической ценности белка личинки *Hermetia illucens*. Вопросы питания. 2021; 90(5): 49–58. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-49-58>
10. Башаров А.А., Андриянова Э.М., Юмагузин И.Ф. Результаты выращивания цыплят-бройлеров при скормливании личинок мухи черной львинки. *Генетика и разведение животных*. 2022; (2): 5–12. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2022-2-5-12>
11. Щукина С., Горст К. Насекомые — нетрадиционный источник протеина. *Животноводство России*. 2018; (7): 60–61. <https://www.elibrary.ru/ylstpn>
12. Рудаков О.Б., Рудакова Л.В. Съедобные насекомые — альтернатива животному белку. *Мясные технологии*. 2019; (11): 18–21. <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2019-11-18-21>

REFERENCES

1. Antonov A.M., Lutovinova E., Ivanov G.A., Pastukhova N.O. Adaptation and prospects of breeding of the black lion fly (*Hermetia illucens*) in the circumpolar region. *Principles of the ecology*. 2017; (3): 4–19 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zsvxmxz>
2. Basharov A.A., Andriyanova E.M., Sataeva L.V. Chemical composition of *Hermetia illucens* larvae depending on age and their use in production of combined feed. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2023; (2): 33–37 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/odnuzl>
3. Nekrasov R.V. et al. Influence of lipid fraction of Black Soldier fly larvae on productivity, resistance and metabolic processes in milk-fed period calves. *Agrarian science*. 2023; (11): 64–69 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-64-69>
4. Ivanov O.N., Saproнова Zh.A., Sverguzova S.V., Shaikhiev I.G., Starostina I.V., Danshina E.P. The use of insects as a source of feed protein — a means to reduce the burden on natural ecosystems. *Rational use of natural resources and processing of man-made raw materials: fundamental problems of science, materials science, chemistry and biotechnology. International Scientific and Technical Conference. Collection of reports*. Belgorod: Belgorod State Technological University. 2020; 380–387 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xhjkxl>
5. Krivonosov P.N., Tael I.R. Using mixed plant substrates for the cultivation of black soldier fly larvae. *StudArctic Forum*. 2024; 9(4): 55–64 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fsanpw>
6. Barragán-Fonseca K.B. Flies are what they eat: Tailoring nutrition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) for larval biomass production and fitness. Thesis. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University. 2018; 159. ISBN 978-94-6343-293-1 <https://doi.org/10.18174/449739>
7. Pestsov G.V., Prokudina O.V., Tretyakova A.V. Study of the organoleptic properties of fat from *Hermetia illucens* larvae on various feeding substrates. *Problemy nauchnoy mysli*. 2023; 11(1): 3–6 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rjmbtg>
8. Zhuravlev M.S., Vertiprakhov V.G., Koshcheeva M.V., Buryakov N.P., Smaglyuk M.I., Istomin A.I. The standardized ileal digestibility of amino acids from protein concentrate based on the larvae of common green bottle fly *Lucilia spp.* (Diptera: Calliphoridae) and its effects on the morphological and biochemical blood indices in broilers (*Gallus gallus* L.). *Agricultural Biology*. 2020; 55(6): 1233–1244. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1233eng>
9. Tyshko N.V. et al. The comprehensive studies of *Hermetia illucens* larvae protein's biological value. *Problems of Nutrition*. 2021; 90(5): 49–58 (in Russian). <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-49-58>
10. Basharov A.A., Andriyanova E.M., Yumaguzin I.F. The results of growing broiler chickens when feeding larvae of the fly *Hermetia illucens*. *Genetics and breeding of animals*. 2022; (2): 5–12 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2022-2-5-12>
11. Shchukina S., Gorst K. Insects as nonconventional source of protein. *Animal Husbandry of Russia*. 2018; (7): 60–61 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ylstpn>
12. Rudakov O.B., Rudakova L.V. Edible insects are an alternative to animal protein. *Meat Technology*. 2019; (11): 18–21 (in Russian). <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2019-11-18-21>

ОБ АВТОРАХ

Игорь Андреевич Крючков

аспирант
snatch.beer@gmail.com

Александр Алексеевич Никишов

кандидат сельскохозяйственных наук
Доцент
nikishov-aa@rudn.ru

Российский университет дружбы народов
им. Патриса Лумумбы,
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Igor Andreevich Kryuchkov

Graduate Student
snatch.beer@gmail.com

Alexander Alekseevich Nikisov

Candidate of agricultural sciences
Associate Professor
nikishov-aa@rudn.ru

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University
of Russia,
6 Miklukho-Maklay Str., Moscow, 117198, 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



УДК 664;57.088.5

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-113-120

Н.С. Колесник ✉

Н.В. Боголюбова

А.А. Зеленченкова

П.Д. Лахонин

Федеральный исследовательский
центр животноводства — ВИЖ
им. академика Л.К. Эрнста, Подольск,
Московская обл., Россия

✉ kominisiko@mail.ru

Поступила в редакцию: 30.01.2025

Одобрена после рецензирования: 10.03.2025

Принята к публикации: 24.03.2025

© Колесник Н.С., Боголюбова Н.В.,
Зеленченкова А.А., Лахонин П.Д.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-113-120

Nikita S. Kolesnik ✉

Nadezhda V. Bogolyubova

Alena A. Zelenchenkova

Pavel D. Lakhonin

L.K. Ernst Federal Research Center for
Animal Husbandry, Podolsk, Moscow
Region, Russia

✉ kominisiko@mail.ru

Received by the editorial office: 30.01.2025

Accepted in revised: 10.03.2025

Accepted for publication: 24.03.2025

© Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V.,
Zelenchenkova A.A., Lakhonin P.D.

Процессы пищеварения и газообразования у овец под влиянием комплекса фитогеников

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты исследования влияния на процессы пищеварения и эмиссию метана у овец при скармливании фитогенных кормовых добавок на основе конденсированных танинов *Lárix dahúrica* и их комплекса с дигидрокверцетином. Эксперимент проведен на базе физиологического двора ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на овцах романовской породы с хроническими фистулами рубца по Басову. Опыт проведен методом латинского квадрата 2×3 ($n = 6$). В первый период овцы получали сеноконцентратный рацион с содержанием 40% концентратов по питательности. Дозировка танинов составляла 5 г/гол в сутки, дигидрокверцетина — 0,1 г/гол в сутки. В конце каждого балансового опыта у всех животных ($n = 6$) отбирались пробы рубцового содержимого для определения показателей рубцового пищеварения.

При скармливании изучаемых добавок наблюдалась тенденция к увеличению амилитической активности в опытных группах. В контроле данный показатель составил 17,403 Е/мл, в первой опытной группе — 18,128 Е/мл, во второй — 18,423 Е/мл. Достоверно ($p < 0,05$) увеличивалось количество ЛЖК при потреблении комплексной добавки (танин + ДКВ) — 9,137 ммоль/мл против 8,385 ммоль/мл в контроле. Эти данные коррелируют с увеличением симбиотной микрофлоры (как бактерий ($p = 0,013$), так и инфузorios) относительно контроля в третьей группе (танин + ДКВ) и снижением — во второй. При скармливании только танина уровень образования инфузorios был ниже, ниже концентрация ЛЖК после приема корма. Это указывает на угнетение микрофлоры под действием танина. Вместе с этим демонстрируется эффект синергизма в отношении действия танинов *Lárix dahúrica* и ДКВ на интенсификацию процессов рубцового пищеварения.

Наблюдается снижение выделения метана на 14,8% при потреблении танинов, на 26,8% — при потреблении комплексной добавки, что свидетельствует о наличии синергизма в действии изучаемых добавок на метаногенез у овец *in vivo*.

Ключевые слова: овцы, метаногенез, фитогеники, рубцовое пищеварение, дигидро-кверцетин, танины

Для цитирования: Колесник Н.С., Боголюбова Н.В., Зеленченкова А.А., Лахонин П.Д. Процессы пищеварения и газообразования у овец под влиянием комплекса фитогеников. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 113–120.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-113-120>

Digestion and gas formation processes in sheep under the influence of a complex of phytogenics

ABSTRACT

The article presents the results of a study of the effect on digestion processes and methane emissions in sheep when fed phytogenic feed additives based on condensed tannins of *Lárix dahúrica* and their complex with dihydroquercetin.

The experiment was conducted at the physiological yard of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry and Animal Welfare on Romanov sheep with chronic rumen fistulas according to Basov. The experiment was conducted using the 2×3 Latin square method ($n = 6$). In the first period, the sheep received a hay-concentrate diet containing 40% concentrates by nutritional value. The dosage of tannins was 5 g/head per day, dihydroquercetin — 0.1 g/head per day. At the end of each balance experiment, rumen contents were sampled from all animals ($n = 6$) to determine rumen digestion indices.

When feeding the studied additives, a tendency to increase amylolytic activity in the experimental groups is observed. In the control, this indicator was 17.403 U/ml, in the first experimental group — 18.128 U/ml, in the second — 18.423 U/ml. The amount of VFA significantly ($p < 0.05$) increased when consuming the complex additive (tannin + DHQ) — 9.137 mmol/ml versus 8.385 mmol/ml in the control. These data correlate with an increase in symbiotic microflora (both bacteria ($p = 0.013$) and ciliates) relative to the control in the third group (tannin + DHQ) and a decrease in the second. When feeding only tannin, the level of ciliate formation was lower and the concentration of VFA after feed intake was lower. This indicates the inhibition of microflora under the influence of tannin. At the same time, the synergistic effect of the action of *Lárix dahúrica* tannins and DQV on the intensification of rumen digestion processes is demonstrated. There is a decrease in methane release by 14.8% when consuming tannins, and by 26.8% when consuming a complex additive, which indicates the presence of synergy in the effect of the studied additives on methanogenesis in sheep *in vivo*.

Key words: sheep, methanogenesis, phytogenics, rumen digestion, dihydroquercetin, tannins

For citation: Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V., Zelenchenkova A.A., Lakhonin P.D. Digestion and gas formation processes in sheep under the influence of a complex of phytogenics. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 113–120 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-113-120>

Введение/Introduction

Рост населения и его потребностей в продуктах животного происхождения неизбежно приводит к интенсификации животноводства, которая достигается за счет увеличения плотности животных и производственных единиц, использования концентрированных кормов, фармацевтических препаратов и вакцинации, улучшения инфраструктуры и эффективности кормов [1, 2].

Во всем мире около 65 млрд кур, 1,5 млрд свиней, 1 млрд коз и овец, около 330 млн крупного рогатого скота и буйволов выращиваются для производства мяса. В то же время коров, используемых для производства молока, почти 234 млн, а сектор производства яиц насчитывает 7,6 млрд кур-несушек. Животноводческий сектор составляет до 50% мирового валового внутреннего продукта сельского хозяйства и поддерживает средства к существованию и продовольственную безопасность почти 1,3 млрд человек в развивающихся странах [3].

Однако, несмотря на рост населения и спроса на животный белок, растет беспокойство о негативном влиянии животноводства на окружающую среду [4, 5]. В частности, на сектор животноводства, по различным оценкам, приходится примерно 15–18% глобальных антропогенных выбросов парниковых газов (ПГ), в том числе метана [6, 7].

Метан (CH_4) является вторым парниковым газом (ПГ) после CO_2 , доля его выбросов от отрасли животноводства составляет порядка 40% [8]. Среди ПГ CH_4 обладает значительно большим потенциалом глобального потепления (ПГП) по сравнению с углекислым газом (по различным оценкам, в 21–23 раза) и более коротким периодом полураспада [9]. В связи с этим снижение выбросов CH_4 — одна из важных задач в борьбе с антропогенным изменением климата [10].

Другим важным аспектом является потеря за счет выделения CH_4 до 12% обменной энергии, поступающей в организм животных с пищей [11]. Потому сокращение выбросов метана жвачными позволит не только уменьшить негативное влияние животноводческой отрасли на окружающую среду, но и увеличить эффективность использования энергии и, как следствие, продуктивность животных [12, 13]. В основном CH_4 — побочный продукт жизнедеятельности метаногенных архей, продуцирующих метан посредством использования избытка H_2 и CO_2 в качестве основных субстратов [14].

На сегодняшний день множество научных исследований сосредоточены на изучении факторов, влияющих на метаногенез в рубце, а также потенциальных способов снижения выбросов метана жвачными животными без вреда для их здоровья и потери продуктивности [15, 16].

Одной из основных стратегий, направленных на управление и снижение интенсивности метаногенеза в рубце, является использование кормовых добавок с антиметаногенным эффектом. К ним относятся 3-нитрооксипропанол, жировые добавки, органические кислоты и пробиотики [7, 17, 18].

Другие перспективные антиметаногенные добавки (биологически активные вещества, являющиеся вторичными метаболитами растений) — фитогеники. Эти метаболиты в основном характеризуются как модуляторы микробных популяций, которые изменяют процесс ферментации в рубце и биогидрогенизацию жирных кислот [19]. Они недороги по стоимости и обладают широким спектром полезного действия [20]. К таким соединениям относятся, в частности, танины — сложные водорастворимые полифенолы растительного происхождения с относительно высокой молекулярной массой (от 500 до 20 000 Да). Они обладают выраженной антиметаногенной, антимикробной и антиоксидантной активностью, а также способностью к комплексообразованию [21].

В ряде исследований демонстрируется эффективность применения танинов в отношении метаногенеза у жвачных как *in vitro*, так и *in vivo*, что делает их перспективным объектом для дополнительного изучения [22]. Стоит отметить, что мало изучен эффект совместного действия танинов и других фитогенных добавок, таких как дигидрохверцетин (ДКВ), на рубцовую микробиоту и метаногенез. ДКВ сам по себе не обладает антиметаногенным эффектом, однако оказывает положительное действие на симбионтную микрофлору рубца [23].

Цели работы — изучение и оценка влияния на процессы пищеварения и газообразование у овец как танинов лиственницы даурской (*Lárix dahúrica*) в чистом виде, так и в комплексе с дигидрохверцетином *in vivo*.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования, направленные на изучение влияния фитогенных кормовых добавок на метаногенез у овец, проводились методом латинского квадрата 2 × 3 на баранчиках романовской породы в возрасте 2 лет в количестве 6 голов с живой массой 55 ± 2 кг с хроническими фистулами рубца по Басову¹ в условиях физиологического двора и в лабораториях ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2023 году.

Согласно схеме опыта, животные получали сеноконцентратный рацион с 40% концентратов от общей питательной ценности: сено злаково-разнотравное — 1,2 кг, концентраты — 0,4 кг. В рационе содержалось 12,52 МДж обменной энергии, 1,35 кг сухого вещества, 170,8 г сырого протеина, 336 г сырой клетчатки, 31,2 г сырого жира.

¹ Алиев А.А. Оперативные методы исследований сельскохозяйственных животных. Серия: Методы физиологических исследований. Л.: Наука, Ленинградское отделение. 1974; 1–336.

В качестве кормовой добавки скармливали концентрированные танины (КТ) лиственницы даурской (*Lárix dahúrica*) в количестве 5 г на голову в сутки и дигидрокверцетин (ДКВ) в количестве 0,1 г на голову в сутки в форме порошка при смешивании с комбикормом. Дозировки рассчитывали в соответствии с литературными данными отечественных и зарубежных исследователей по применению танинов, в частности КТ *Lárix dahúrica*, и дигидрокверцетина в кормлении жвачных [23–26].

Животные были разделены на три группы: 1-я — контрольная, 2-я получала добавку танинов, 3-я — комплексную добавку на основе танинов и ДКВ. Продолжительность каждого периода составляла 30 дней.

Основной рацион и условия содержания животных (температурный, влажностный, световой режимы и газовый состав воздуха в помещении) в исследуемые периоды были одинаковыми.

Протокол исследования на животных был одобрен биоэтической комиссией ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (протокол от 20 марта 2023 года № 2). 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, использующихся для научных целей², и принципов обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ³.

В каждом периоде проводился балансовый опыт⁴. В конце каждого балансового опыта у всех животных ($n = 6$) с помощью зонда отбирались пробы рубцового содержимого за 1 час до кормления и через 3 часа после кормления для исследования содержания и состава рубцовой микрофлоры. Биомассу простейших и бактерий определяли по методике Б.В. Тараканова⁵.

Для того чтобы определить влияние изучаемых добавок в рационе на поедаемость корма, ежедневно (на протяжении каждого учетного периода) производился индивидуальный учет заданных кормов и их остатков. По окончании опыта отобранные средние пробы кормов, кала, мочи подвергались химическому анализу.

В образцах определяли содержание общего азота — по ГОСТ 13496.4-2019⁶, сырого протеина — путем умножения процентного содержания азота на коэффициент 6,25, сырого жира — по ГОСТ 32905-2014⁷, сырой клетчатки — по ГОСТ

31675-2012⁸, безазотистых экстрактивных веществ — расчетным путем, по разности между количеством органического вещества и содержанием в нем сырых протеина, жира, клетчатки, золы.

Показатель кислотности среды (pH) измеряли с помощью портативного pHметра («Аквилон pH-420», Россия), общее количество летучих жирных кислот (ЛЖК) — методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама⁹, концентрацию аммиачного азота — микродиффузным методом по Конвею¹⁰, амилолитическую активность рубцовой жидкости — по ГОСТ 34440-2018¹¹.

Исследования по изучению выделения метана выполняли при помощи респираторных камер открытого типа (рис. 1) с использованием газоанализатора «Сенсон М» (производитель ООО «НИИИТ», Россия).

Животное помещалось в камеру на двое смежных суток, после чего проводился учет выделившихся парниковых газов.

Обработку полученных данных выполняли в Microsoft Excel (США) с расширенным пакетом анализа данных и программы Statistica, version 13 Ru, StatSoft, Inc., 2011¹² (США). При этом вычисляли среднеарифметическую (M), среднеквадратическую ошибку ($\pm m$) и уровень значимости (p) при помощи однофакторного дисперсионного анализа. Далее для попарных сравнений изучаемых групп применяли тест Тьюки-Крамера.

Рис. 1. Респираторная камера открытого типа
Fig. 1. Open type respiratory chamber



² 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

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 Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников // Учебник для вузов. М.: Колос. 1976; 303.

⁵ Тараканов Б.В. Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных и птицы / Б.В. Тараканов. М.: Научный мир. 2006; 188.

⁶ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

⁷ ГОСТ 32905-2014 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира.

⁸ ГОСТ 31675-2012 Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

⁹ Сенько А.В. Методические рекомендации по исследованию содержимого рубца у коров. / А.В. Сенько, Д.В. Воронов. ВКН: Гродненский государственный аграрный университет. 2010; 309–334.

¹⁰ Курилов Н.В. Изучение пищеварения у жвачных / Н.В. Курилов, Н.А. Севостьянова, В.Н. Коршунов. Боровск. 1985; 104.

¹¹ ГОСТ 34440-2018 Ферментные препараты для пищевой промышленности. Методы определения амилолитической активности.

¹² www.statsoft.com

Таблица 1. Основные показатели рубцового пищеварения у овец ($M \pm m$, $n = 6$)

Table 1. Main indicators of rumen digestion in sheep ($M \pm m$, $n = 6$)

Показатель	Контроль	Танин	Танин + ДКВ	p-значение*
pH до кормления	6,485 $\pm$ 0,082	6,547 $\pm$ 0,096	6,473 $\pm$ 0,097	0,80430
pH после кормления	6,082 $\pm$ 0,035	6,062 $\pm$ 0,021	6,032 $\pm$ 0,096	0,81343
ЛЖК ммоль / 100 мл до кормления	6,453 $\pm$ 0,407	6,652 $\pm$ 0,185	7,997 $\pm$ 0,320	0,00355
ЛЖК ммоль / 100 мл после кормления	8,385 $\pm$ 0,113	7,592 $\pm$ 0,211	9,137 $\pm$ 0,212	0,00004
NH ₃ мг% до кормления	15,883 $\pm$ 0,334	12,687 $\pm$ 1,784	13,628 $\pm$ 1,707	0,24145
NH ₃ мг% после кормления	21,485 $\pm$ 1,317	17,675 $\pm$ 0,520	18,795 $\pm$ 0,709	0,01614
Амилолитическая активность, Е/мл	17,403 $\pm$ 0,618	18,128 $\pm$ 0,225	18,423 $\pm$ 0,421	0,22952

Примечание: ЛЖК — летучие жирные кислоты, * p — достоверность различий между группами.

Результаты исследований считали высокостатистически достоверными при $p < 0,001$ и достоверными при $p < 0,01$ и $p < 0,05$, от $p < 0,1$ до $p > 0,05$ — тенденция к достоверности полученных данных. При $p > 0,1$ разницу считали недостоверной.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Эффективность использования энергии и питательных веществ корма у жвачных животных находится в прямой зависимости от характера метаболических процессов в рубце, микробиальных процессов — в преджелудках. В целях оценки влияния на рубцовое пищеварение кормовых добавок на основе конденсированных танинов, а также комплекса «танин + ДКВ» в конце каждого периода опыта были отобраны пробы рубцового содержимого у фистульных овец. Отбор проводили за 1 час до кормления и через 3 часа после кормления и определяли основные показатели рубцового пищеварения (табл. 1).

Показатель pH до кормления во всех исследуемых группах отличался незначительно и находился в пределах от 6,473 до 6,547. После кормления pH рубца ожидаемо снижался в диапазоне от 6,032 (в 3-й группе, где животные получали комплексную добавку) до 6,082 (в контрольной группе).

Наблюдалась тенденция к увеличению амилолитической активности в опытных группах относительно контроля. Так, в 1-й группе данный показатель составил 17,403 Е/мл, во 2-й группе произошло увеличение до 18,128 Е/мл (на 4,2%), в 3-й — до 18,423 Е/мл (на 5,9% относительно контроля).

Содержание летучих жирных кислот достоверно ($p < 0,05$) увеличивалось в опытных группах относительно контроля. До кормления наблюдались статистически значимые ($p = 0,003$) различия между 1-й группой (контроль) и 3-й (комплекс «танин + ДКВ»), а также 2-й (танин) и 3-й (комплекс «танин + ДКВ»), однако между 1-й и 2-й группами значимых различий нет.

После кормления наблюдалась достоверная ($p < 0,0001$) разница между всеми изучаемыми группами. В контрольной группе сумма ЛЖК составила 8,385 ммоль/мл, в группе танина — 7,592 ммоль/мл, что на 9,5% меньше, а в

Таблица 2. Масса сухого вещества микроорганизмов в рубцовом содержимом овец ($M \pm m$, $n = 6$)

Table 2. Total microbial mass in the rumen content of sheep ($M \pm m$, $n = 6$)

Показатель	Контроль	Танин	Танин + ДКВ	p-значение
СВ инфузорий до кормления, г / 100 мл	0,435 $\pm$ 0,046	0,400 $\pm$ 0,054	0,458 $\pm$ 0,053	0,68367
СВ инфузорий после кормления, г / 100 мл	0,617 $\pm$ 0,102	0,504 $\pm$ 0,058	0,630 $\pm$ 0,082	0,44829
СВ бактерий до кормления, г / 100 мл	0,322 $\pm$ 0,037	0,280 $\pm$ 0,036	0,370 $\pm$ 0,056	0,31465
СВ бактерии после кормления, г / 100 мл	0,295 $\pm$ 0,022	0,315 $\pm$ 0,013	0,417 $\pm$ 0,045	0,01290
Всего до кормления, г / 100 мл	0,756 $\pm$ 0,081	0,680 $\pm$ 0,058	0,828 $\pm$ 0,103	0,40652
Всего после кормления, г / 100 мл	0,911 $\pm$ 0,104	0,818 $\pm$ 0,048	1,047 $\pm$ 0,101	0,16536

Примечание: СВ — сухое вещество.

группе, получавшей танин + ДКВ, — 9,137 ммоль/мл (на 9% выше относительно контроля). ЛЖК, как конечные метаболиты распада углеводов, — жизненно важные компоненты экосистем рубца. Баланс ЛЖК необходим для оптимального функционирования рубца и продуктивности животных.

Наблюдалось достоверное ($p = 0,016$) снижение концентрации NH₃ во 2-й группе относительно контроля (17,675 мг% против 21,485 мг%), для 3-й группы снижение составило 12,5%, однако оно недостоверно. Уменьшение концентрации аммиака в рубцовом содержимом может указывать на снижение распада белковых молекул в силу комплексобразующей способности танинов или на подавление протеолитических микроорганизмов [25, 26].

О характере микробиальных процессов в преджелудках можно судить исходя из массы симбиотных микроорганизмов в рубцовом содержимом (табл. 2).

Наблюдалась тенденция к увеличению количества инфузорий относительно контроля в 3-й группе (танин + ДКВ) и снижению — во 2-й (как до кормления, так и после кормления). Так, для 1-й группы количество инфузорий до кормления составило 0,435 г / 100 мл, после кормления — 0,617 г / 100 мл против 0,458 г / 100 мл до кормления и 0,630 г / 100 мл после кормления для

3-й группы. Во 2-й группе зафиксировано снижение относительно контроля (на 8% до кормления и на 18,3% после кормления).

Схожая тенденция прослеживается и для общего числа бактерий, причем после кормления наблюдаются достоверные ($p = 0,013$) различия между 1-й и 3-й группами (0,295 г / 100 мл против 0,417 г / 100 мл соответственно), а также между 2-й и 3-й группами (0,315 г / 100 мл против 0,417 г / 100 мл соответственно).

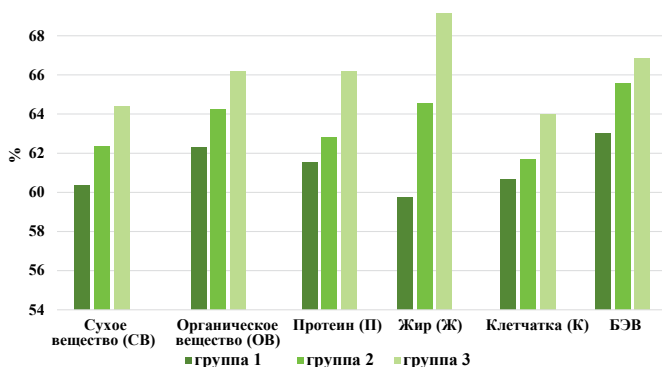
Полученные данные по количеству симбионтной микрофлоры коррелируют с суммарным количеством ЛЖК у исследуемых животных. Более высокий уровень образования различных групп микроорганизмов, как бактерий, так и инфузорий, в группе, получавшей комплексную добавку на основе танина и ДКВ, соотносится с большей концентрацией ЛЖК в рубце. При скормлировании только танина уровень образования инфузорий был ниже, ниже концентрация ЛЖК после приема корма. Это указывает на угнетение микрофлоры под действием танина [21]. Вместе с этим полученные данные свидетельствуют о наличии эффекта синергизма в отношении действия танинов *Lárix dahúrica* и ДКВ, что обуславливает положительное влияние на рост и развитие микрофлоры рубца.

На основании результатов индивидуально-го учета заданных кормов и их остатков, количества выделенного кала и мочи, химического состава кормов и выделений была рассчитана переваримость питательных веществ рациона и дана оценка влияния фитогенных кормовых добавок на основе конденсированных танинов *Lárix dahúrica* и ДКВ в рационе на переваримость и использование питательных веществ кормов рационов (рис. 2).

Использование фитогеников в рационе овец способствовало улучшению переваримости питательных веществ, о чем свидетельствует линейное увеличение основных показателей переваримости в опытных группах относительно контрольной. Так, для животных, получавших танины в качестве добавки, количество переваренного СВ было выше на 11,5%, ОВ — на 11,7%, протеина — на 10,1%, жира — на 16%, клетчатки — на 13,2%, БЭВ — на 11,3%. Комплексная добавка оказала более значимый эффект, выраженный в достоверном ($p < 0,05$) увеличении СВ на 19,3%, ОВ — на 15,8%, протеина — на 20,6% ($p < 0,01$), жира — на 26,5% ($p < 0,05$), клетчатки — на 17,6%, БЭВ — на 13,6%.

В целом, можно сделать вывод, что скормливаемые фитогенные добавки на основе танинов лиственницы даурской (*Lárix dahúrica*) в дозировке 5 г/гол в сутки и дигидрокверцетина (0,1 г/гол в сутки) оказали положительное действие на переваримость питательных веществ кормов рациона у подопытных овец.

Рис. 2. Переваримость питательных веществ рационов, % ($n = 6$)
Fig. 2. Digestibility of nutrients in diets, % ($n = 6$)



Важные физиологические процессы в организме животного можно рассмотреть с позиции азотистого обмена. Были оценены влияние скормливаемых добавок на баланс и использование азота подопытными овцами (табл. 3).

Выделение азота с калом и мочой были на одном уровне, как в контрольной, так и в опытных группах. В виду более высокого уровня потребления азота с кормом, наблюдалось увеличение количества отложенного в теле азота от принятого по сравнению с контролем во 2 опытной группе на 20,4% при $p < 0,05$, что говорит о положительном влиянии скормливаемых фитогенных добавок на показатели азотистого обмена.

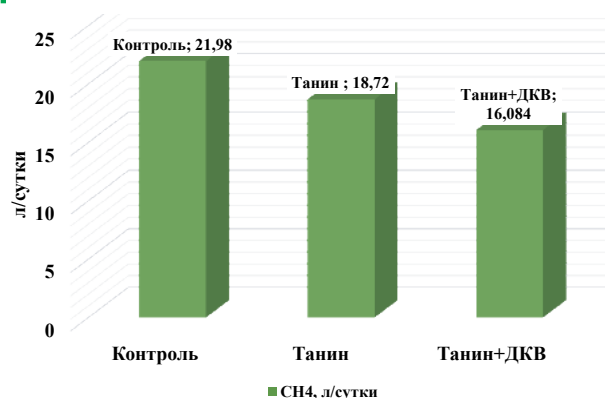
Для оценки влияния добавок на основе конденсированных танинов и их комплекса с ДКВ на метанообразование у овец были проведены исследования *in vivo* в респирационных камерах открытого типа. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

Таблица 3. Баланс и использование азота ($M \pm m$, $n = 6$)
Table 3. Nitrogen balance and utilization ($M \pm m$, $n = 6$)

Показатель	контроль	танин	танин+ДКВ
Принято с кормом, г	20,66 ± 1,11	21,47 ± 0,44	22,30 ± 0,49
Выделено с калом, г	7,69 ± 0,56	7,98 ± 0,30	7,53 ± 0,20
Переварено, г	12,27 ± 0,73	13,48 ± 0,40	14,77 ± 0,42*
Выделено с мочой, г	5,28 ± 0,54	5,34 ± 0,44	5,45 ± 0,6
Отложено в теле, г	7,00 ± 0,69	8,14 ± 0,47	9,28 ± 0,17**
Использовано, в % от принятого	35,18 ± 2,97	37,95 ± 2,13	41,95 ± 1,74

Примечание: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Рис. 3. Количество выделяемого овцами метана в сутки
Fig. 3. The amount of methane emitted by sheep



Наблюдается выраженное снижение выделяющегося метана у животных опытных групп относительно контроля. Так, в контрольной группе количество выделившегося CH_4 составило 21,98 л/сутки, при скормлинии только танинов этот показатель был ниже на 14,8% (18,72 л/сутки), а при получении животными комплексной добавки танина с ДКВ — достоверно ($p = 0,05$) ниже на 26,8% (16,08 л/сутки).

Полученные данные свидетельствуют не только о снижении выделения метана за счет использования фитогенных кормовых добавок на основе танинов, но и об эффекте синергизма в отношении действия танинов *Lárix dahúrica* и дигидрокверцетина на метаногенез *in vivo*, что соотносится с предыдущими исследованиями *in vitro* [27].

Выводы/Conclusions

Итогом исследований по изучению и оценке влияния фитогенных добавок на основе конденсированных танинов лиственницы даурской (*Lárix*

dahúrica) в дозировке 5 г/гол в сутки и их комплекса с дигидрокверцетином (0,1 г/гол в сутки) на процессы пищеварения у овец *in vivo* стало положительное действие комплексной добавки «танин+ДКВ», выраженное достоверное увеличение общего количества ЛЖК (9,137 ммоль / 100 мл против 8,385 ммоль / 100 мл, $p < 0,0001$) и симбионтной микрофлоры (СВ бактерий 0,417 г / 100 мл против 0,295 г / 100 мл, $p = 0,013$).

Изучаемые добавки не оказали отрицательного воздействия на переваримость питательных веществ рациона и способствовали интенсификации азотистого обмена.

Подтвержден антиметаногенный эффект скормливаемых добавок, выраженный в снижении выделения метана на 14,8% при потреблении танинов и на 26,8% при потреблении комплексной добавки. Подтвержден эффект синергизма в отношении действия ДКВ и танинов *Lárix dahúrica* на метанообразование у овец *in vivo*.

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 при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты».

FUNDING

The study was carried out with financial support from the Russian Ministry of Education and Science as part of the national project “Science and Universities”.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ramankutty N. *et al.* Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. *Annual Review of Plant Biology*. 2018; 69: 789–815. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040256>
2. Tullo E., Finzi A., Guarino M. Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the Total Environment*. 2019; 650(2): 2751–2760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.018>
3. Herrero M. *et al.* Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*. 2016; 6(5): 452–461. <https://doi.org/10.1038/nclimate2925>
4. Ochs D.S., Wolf C.A., Widmar N.J.O., Bir C. Consumer perceptions of egg-laying hen housing systems. *Poultry Science*. 2018; 97(10): 3390–3396. <https://doi.org/10.3382/ps/pey205>
5. Санникова Н.В., Шулепова О.В., Гаврюк А.И. Сельское хозяйство как источник загрязнения окружающей среды. *АПК: инновационные технологии*. 2020; (3): 44–48. <https://www.elibrary.ru/zuhhhe>
6. Gerber P.J. *et al.* Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal*. 2013; 7(s2): 220–234. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000876>
7. Боголюбова Н.В., Зеленченкова А.А., Колесник Н.С., Лахонин П.Д. Метанообразование в рубце и методы его снижения с использованием алиментарных факторов (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2022; 57(6): 1025–1054. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2022.6.1025rus>
8. Vargas J., Ungerfeld E., Muñoz C., DiLorenzo N. Feeding Strategies to Mitigate Enteric Methane Emission from Ruminants in Grassland Systems. *Animals*. 2022; 12(9): 1132. <https://doi.org/10.3390/ani12091132>
9. Muller R.A., Muller E.A. Fugitive Methane and the Role of Atmospheric Half-Life. *Geoinformatics & Geostatistics: An Overview*. 2017; 5(2): 3. <https://doi.org/10.4172/2327-4581.1000162>
10. Елисеев А.В. Глобальный цикл метана (обзор). *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2018; (1): 52–70. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2018-1-52-70>

REFERENCES

1. Ramankutty N. *et al.* Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. *Annual Review of Plant Biology*. 2018; 69: 789–815. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040256>
2. Tullo E., Finzi A., Guarino M. Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the Total Environment*. 2019; 650(2): 2751–2760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.018>
3. Herrero M. *et al.* Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*. 2016; 6(5): 452–461. <https://doi.org/10.1038/nclimate2925>
4. Ochs D.S., Wolf C.A., Widmar N.J.O., Bir C. Consumer perceptions of egg-laying hen housing systems. *Poultry Science*. 2018; 97(10): 3390–3396. <https://doi.org/10.3382/ps/pey205>
5. Sannikova N.V., Shulepova O.V., Gavryuk A.I. Agriculture as a source of environmental pollution. *AIC: innovative technologies*. 2020; (3): 44–48 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zuhhhe>
6. Gerber P.J. *et al.* Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal*. 2013; 7(s2): 220–234. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000876>
7. Bogolyubova N.V., Zelenchenkova A.A., Kolesnik N.S., Lahonin P.D. Rumen methane production and its reduction using nutritional factors (review). *Agricultural Biology*. 2022; 57(6): 1025–1054. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2022.6.1025eng>
8. Vargas J., Ungerfeld E., Muñoz C., DiLorenzo N. Feeding Strategies to Mitigate Enteric Methane Emission from Ruminants in Grassland Systems. *Animals*. 2022; 12(9): 1132. <https://doi.org/10.3390/ani12091132>
9. Muller R.A., Muller E.A. Fugitive Methane and the Role of Atmospheric Half-Life. *Geoinformatics & Geostatistics: An Overview*. 2017; 5(2): 3. <https://doi.org/10.4172/2327-4581.1000162>
10. Eliseev A.V. Global methane cycle (a review). *Fundamental and Applied Climatology*. 2018; (1): 52–70 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2018-1-52-70>

11. Dong L.F., Ferris C.P., McDowell D.A., Yan T. Effects of diet forage proportion on maintenance energy requirement and the efficiency of metabolizable energy use for lactation by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2015; 98(12): 8846–8855. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9465>
12. Hristov A.N. *et al.* An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015; 112(34): 10663–10668. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504124112>
13. Петрунина И.В., Горбунова Н.А. Системные меры по снижению выбросов парниковых газов в животноводческих хозяйствах. Обзор. *Пищевые системы*. 2022; 5(3): 202–211. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-3-202-211>
14. Cammack K.M., Austin K.J., Lamberson W.R., Conant G.C., Cunningham H.C. Ruminant Nutrition Symposium: Tiny but mighty: the role of the rumen microbes in livestock production. *Journal of Animal Science*. 2018; 96(2): 752–770. <https://doi.org/10.1093/jas/skx053>
15. Henderson G. *et al.* Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports*. 2015; 5: 14567. <https://doi.org/10.1038/srep14567>
16. Henderson G., Cook G.M., Ronimus R.S. Enzyme- and gene-based approaches for developing methanogen-specific compounds to control ruminant methane emissions: a review. *Animal Production Science*. 2016; 58(6): 1017–1026. <https://doi.org/10.1071/AN15757>
17. Duin E.C. *et al.* Mode of action uncovered for the specific reduction of methane emissions from ruminants by the small molecule 3-nitrooxypropanol. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016; 113(22): 6172–6177. <https://doi.org/10.1073/pnas.1600298113>
18. Шейда Е.В. и др. Влияние дополнительного введения льняного масла на изменение микробиома рубца крупного рогатого скота. *Животноводство и кормопроизводство*. 2021; 104(2): 84–95. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-2-84>
19. Шейда Е.В., Рязанов В.А., Дускаев Г.К., Рахматуллин Ш.Г., Кван О.В. Влияние *Artemisia absinthii* herba и *Inulae rhizomata* et *radices* на процессы ферментации и метаногенез в рубце молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; (3): 46–51. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-46-51>
20. Lambo M.T., Ma H., Liu R., Dai B., Zhang Y., Li Y. Mechanism, effectiveness, and the prospects of medicinal plants and their bioactive compounds in lowering ruminants' enteric methane emission. *Animal*. 2024; 18(4): 101134. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101134>
21. Колесник Н.С., Боголюбова Н.В., Зеленченкова А.А. Влияние различных классов танинов на метаногенез у жвачных животных (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2024; 59(2): 221–236. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2024.2.221rus>
22. El-Zaiat H.M., Kholif A.E., Moharam M.S., Attia M.F., Abdalla A.L., Sallam S.M.A. The ability of tanniniferous legumes to reduce methane production and enhance feed utilization in Barki rams: *in vitro* and *in vivo* evaluation. *Small Ruminant Research*. 2020; 193: 106259. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106259>
23. Фомичев Ю.П., Боголюбова Н.В., Мишуров А.В., Рыков Р.А. Биокоррекция ферментативных и микробиологических процессов в рубце, межлунный обмен у овец путем применения в питании антиоксиданта и органического йода. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019; (4): 43–47. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019443-47>
24. Torres R.N.S. *et al.* Effects of tannins supplementation to sheep diets on their performance, carcass parameters and meat fatty acid profile: A meta-analysis study. *Small Ruminant Research*. 2022; 206: 106585. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106585>
25. Фомичев Ю.П., Кузнецова В.А. Экстракт коры лиственницы даурской (танины) в рационе молочных коров. *Эффективное животноводство*. 2023; (3): 64–66. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2023-3-64-66>
26. Śliwiński B.J., Kreuzer M., Wettstein H.R., Machmüller A. Rumen Fermentation and Nitrogen Balance of Lambs fed Diets Containing Plant Extracts Rich in Tannins and Saponins, and Associated Emissions of Nitrogen and Methane. *Archiv Für Tierernährung*. 2002; 56(6): 379–392. <https://doi.org/10.1080/00039420215633>
27. Lima P.R. *et al.* Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 2019; 249: 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2019.01.017>
11. Dong L.F., Ferris C.P., McDowell D.A., Yan T. Effects of diet forage proportion on maintenance energy requirement and the efficiency of metabolizable energy use for lactation by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2015; 98(12): 8846–8855. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9465>
12. Hristov A.N. *et al.* An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015; 112(34): 10663–10668. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504124112>
13. Petrunina I.V., Gorbunova N.A. Systemic measures on reduction of greenhouse gas emissions in animal husbandry enterprises. A review. *Food systems*. 2022; 5(3): 202–211 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-3-202-211>
14. Cammack K.M., Austin K.J., Lamberson W.R., Conant G.C., Cunningham H.C. Ruminant Nutrition Symposium: Tiny but mighty: the role of the rumen microbes in livestock production. *Journal of Animal Science*. 2018; 96(2): 752–770. <https://doi.org/10.1093/jas/skx053>
15. Henderson G. *et al.* Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports*. 2015; 5: 14567. <https://doi.org/10.1038/srep14567>
16. Henderson G., Cook G.M., Ronimus R.S. Enzyme- and gene-based approaches for developing methanogen-specific compounds to control ruminant methane emissions: a review. *Animal Production Science*. 2016; 58(6): 1017–1026. <https://doi.org/10.1071/AN15757>
17. Duin E.C. *et al.* Mode of action uncovered for the specific reduction of methane emissions from ruminants by the small molecule 3-nitrooxypropanol. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016; 113(22): 6172–6177. <https://doi.org/10.1073/pnas.1600298113>
18. Sheyda E.V. *et al.* Effect of supplemental flaxseed oil on altering of rumen microbiome of cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021; 104(2): 84–95 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-2-84>
19. Sheida E.V., Ryazanov V.A., Duskaev G.K., Rakhmatullin Sh.G., Kvan O.V. Influence of *Artemisia absinthii* herba and *Inulae rhizomata* et *radices* on fermentation processes and methanogenesis in the rumen of young cattle. *Agrarian science*. 2023; (3): 46–51 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-46-51>
20. Lambo M.T., Ma H., Liu R., Dai B., Zhang Y., Li Y. Mechanism, effectiveness, and the prospects of medicinal plants and their bioactive compounds in lowering ruminants' enteric methane emission. *Animal*. 2024; 18(4): 101134. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101134>
21. Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V., Zelenchenkova A.A. The effect of different classes of tannins on methanogenesis in ruminants (review). *Agricultural Biology*. 2024; 59(2): 221–236. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2024.2.221eng>
22. El-Zaiat H.M., Kholif A.E., Moharam M.S., Attia M.F., Abdalla A.L., Sallam S.M.A. The ability of tanniniferous legumes to reduce methane production and enhance feed utilization in Barki rams: *in vitro* and *in vivo* evaluation. *Small Ruminant Research*. 2020; 193: 106259. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106259>
23. Fomichev Yu.P., Bogolyubova N.V., Mishurov A.V., Rykov R.A. Biocorrection enzymatic and microbiological processes in the rumen, intermediate metabolism of sheep by applying to the feeding of oxidant and organic iodine. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2019; (4): 43–47 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019443-47>
24. Torres R.N.S. *et al.* Effects of tannins supplementation to sheep diets on their performance, carcass parameters and meat fatty acid profile: A meta-analysis study. *Small Ruminant Research*. 2022; 206: 106585. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106585>
25. Fomichev Yu.P., Kuznetsova V.A. Dahurian larch bark extract (tannins) in the diet of dairy cows. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2023; (3): 64–66 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2023-3-64-66>
26. Śliwiński B.J., Kreuzer M., Wettstein H.R., Machmüller A. Rumen Fermentation and Nitrogen Balance of Lambs fed Diets Containing Plant Extracts Rich in Tannins and Saponins, and Associated Emissions of Nitrogen and Methane. *Archiv Für Tierernährung*. 2002; 56(6): 379–392. <https://doi.org/10.1080/00039420215633>
27. Lima P.R. *et al.* Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 2019; 249: 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2019.01.017>

28. Ng F. *et al.* An adhesin from hydrogen-utilizing rumen methanogen *Methanobrevibacter ruminantium* M1 binds a broad range of hydrogen-producing microorganisms. *Environmental Microbiology*. 2016; 18(9): 3010–3021.
<https://doi.org/10.1111/1462-2920.13155>

29. Колесник Н.С., Боголюбова Н.В. Изучение влияния фитогеников на метанообразование в организме овец методами *in vitro*. Овцы, козы, шерстяное дело. 2024; (2): 18–20.
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2024-2-18-20>

ОБ АВТОРАХ

Никита Сергеевич Колесник

младший научный сотрудник лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб
 kominisiko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Надежда Владимировна Боголюбова

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
 652202@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

Алёна Анатольевна Зеленченкова

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб
 aly4383@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8862-3648>

Павел Дмитриевич Лакхонин

младший научный сотрудник лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб
 lakhonin.99@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7354-0337>

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл., 142132, Россия

28. Ng F. *et al.* An adhesin from hydrogen-utilizing rumen methanogen *Methanobrevibacter ruminantium* M1 binds a broad range of hydrogen-producing microorganisms. *Environmental Microbiology*. 2016; 18(9): 3010–3021.
<https://doi.org/10.1111/1462-2920.13155>

29. Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Studying the influence of phytonics on methane formation in the body of sheep using *in vitro* methods. *Sheep, goats, wool business*. 2024; (2): 18–20 (in Russian).
<https://doi.org/10.26897/2074-0840-2024-2-18-20>

ABOUT THE AUTHORS

Nikita Sergeevich Kolesnik

Junior Researcher at the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of Farm Animals and Fish
 kominisiko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Nadezhda Vladimirovna Bogolyubova

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
 652202@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

Alena Anatolyevna Zelenchenkova

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of Farm Animals and Fish
 aly4383@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8862-3648>

Pavel Dmitrievich Lakhonin

Junior Researcher at the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of Farm Animals and Fish
 lakhonin.99@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7354-0337>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia

Природные кормовые добавки из лиственницы даурской



ЛАВИТОЛ®
 Танины из
 коры лиственницы

- способствует повышению продуктивности животных;
- стабилизирует обменные процессы;
- оказывает противодиарейное действие;
- способствует снижению выделения метана.

ЭКОСТИМУЛ-2®
 дигидрокверцетин

- увеличивает среднесуточный прирост;
- снижает действие экстремальных факторов среды на организм животных и птицы;
- повышает продуктивность животных и птицы, улучшает качество продукции.

АО «Аметис»
 675000, Амурская область,
 г. Благовещенск, ул. Набережная, д. 68
 тел: +7(4162)33-34-42, market@ametis.ru
www.ametis.ru

УДК631.53.01+633.11+632.03

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-121-128

В.И. Левин

А.С. Ступин ✉

Рязанский государственный
агротехнологический университет
им. П.А. Костычева, Рязань, Россия

✉ stupin32@yandex.ru

Поступила в редакцию: 24.01.2025

Одобрена после рецензирования: 12.03.2025

Принята к публикации: 26.03.2025

© Левин В.И., Ступин А.С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-121-128

Viktor I. Levin

Alexander S. Stupin ✉

Ryazan State Agrotechnological
University named after P.A. Kostychev,
Ryazan, Russia

✉ stupin32@yandex.ru

Received by the editorial office: 24.01.2025

Accepted in revised: 12.03.2025

Accepted for publication: 26.03.2025

© Levin V.I., Stupin A.S.

Механизм ингибирования интактных семян яровой пшеницы, индуцированный хранением с травмированными и поврежденными зерновками

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Экспериментально подтвержден и теоретически обоснован механизм ингибирующего воздействия травмированными и поврежденными зерновками на морфобиологические и посевные качества неповрежденных (интактных*) семян. В опыте были использованы три партии семян яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Агата. Всю совокупность семян делили на две части — семена-индукторы (СИ) и семена-детекторы (СД). Роль СД выполняли СИ: а) семена с микротравмами, б) семена с микро- и макротравмами, в) семена с гидротермическими повреждениями. Продолжительность хранения семян составляла 24 мес., включая различные условия воздухообмена между семенами. Контроль — интактные семена, отдельно хранившиеся.

Результаты. Хранение семян до 3 сут. сопровождалось ускорением прорастания у СД на 6,5%, увеличением массы проростков, линейных параметров роста и наибольшего первичного корешка к контролю, соответственно, на 13,5–18,3%, 13,6–15,8%, 9,3–10,3%. При хранения от 12 до 24 мес. происходило снижение прорастания на 5,6–22,2%.

Морфометрические параметры проростков в зависимости от вариантов опыта составляли от уровня контроля, соответственно, 62,1–83,7%, 56,0–77,8% и 57,7–87,9%.

Концентрация этилена в межзерновой воздушной среде при пассивном воздухообмене в опытных вариантах превышала контроль в 3,5–5,7 раза. Механизм угнетения интактных семян обусловлен воздействием фитогормона этилена, выделяемого травмированными и поврежденными семенами. Блокировать эффект угнетения и пролонгировать кондиционные посевные качества у интактных семян позволяет хранение при гипоксии.

Ключевые слова: семена, яровая пшеница, хранение, ингибирование, травмирование, этилен

Для цитирования: Левин В.И., Ступин А.С. Механизм ингибирования интактных семян яровой пшеницы, индуцированный хранением с травмированными и поврежденными зерновками. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 121–128.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-121-128>

The mechanism of suppression of intact spring wheat seeds induced by storage with injured and damaged grains

ABSTRACT

Relevance. The mechanism of the inhibitory effect of injured and damaged grains on the morphophysiological and sowing qualities of intact seeds has been experimentally confirmed and theoretically substantiated. Three batches of spring wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) of the Agate variety were used in the experiment. The whole set of seeds was divided into two parts: seed inductors (SI) and seed detectors (SD). The role of SD was performed by intact seeds, SI: a) seeds with microtrauma, b) seeds with micro- and macrotrauma, c) seeds with hydrothermal damage. The duration of seed storage was 24 months, including various conditions of air exchange between seeds. Control — intact seeds, stored separately.

Results. Storage of seeds for up to 3 days. It was accompanied by an acceleration of germination in DM by 6.5%, an increase in the mass of seedlings, linear parameters of the sprout and the largest primary root to control, respectively, by: 13.5–18.3%, 13.6–15.8%, 9.3–10.3%. During storage from 12 to 24 months, germination decreased by 5.6–22.2%. The morphometric parameters of the seedlings, depending on the experimental options, depended on the control level, respectively, 62.1–83.7%, 56.0–77.8% and 57.7–87.9%. The concentration of ethylene in the intergranular air during passive air exchange in the experimental versions exceeded the control by 3.5–5.7 times. The mechanism of inhibition of intact seeds is caused by the action of the ethylene phytohormone released by injured and damaged seeds. Block the effect of suppression and prolongation of conditioned sowing qualities in intact seeds allows storage under hypoxia.

Key words: seeds, spring wheat, storage, inhibition, injury, ethylene

For citation: Levin V.I., Stupin A.S. The mechanism of suppression of intact spring wheat seeds induced by storage with injured and damaged grains. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 121–128 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-121-128>

Введение/Introduction

Базовой основой формирования высокоурожайных посевов зерновых культур, отличающихся повышенной устойчивостью на ранних этапах онтогенеза к неблагоприятным погодным условиям, является использование неповрежденных, физиологически зрелых с повышенными посевными качествами и урожайными свойствами семян высоких репродукций [1, 2]. Как ранее применяемая [3], так и современная механизированная уборка урожая зерновых культур, последующие технологические операции по очистке, сортировке, погрузке и транспортировке зерновой массы и доведению сушкой до кондиционной влажности не лишены недостатков и неизбежно сопровождаются механическими повреждениями (травмами) плодовых оболочек, эндосперма и зародыша более чем у половины зерновок [4–6].

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в практике производства зерна разных климатических зон травмирование семян относится к числу наиболее широко распространенных видов повреждения семенного материала [2, 7, 8].

Травмирование сопровождается ухудшением у семян хозяйственно ценных показателей: они становятся менее стойкими при хранении [9, 10], у них снижаются масса проростков и посевные качества [7, 11, 12], особенно полевая всхожесть [6] и урожайность [2].

Важная роль отводится обеспечению устойчивого хранения зерновой массы в регулируемой газовой среде [13, 14]. Кроме того, детальными исследованиями физиологических особенностей семян растений установлено, что на воздействие абиотических стресс-факторов семена как целостный саморегулирующий организм отвечают адапционно-защитными реакциями с выделением летучих физиологически активных метаболитов, в которых идентифицирован фитогормон этилен, обладающий способностью дистанционно модифицировать качество интактных семян [15].

Вышеизложенный экспериментальный материал позволяет дополнить сложившуюся биологическую парадигму семян растений ранее малоизвестными научными знаниями о их физиологических свойствах и дает основание сформулировать рабочую гипотезу, согласно которой механизм угнетения прорастания семян и снижения всхожести в партиях зерновых культур обусловлен наличием в них травмированных и поврежденных зерновок. Ключевую роль триггера в реализации физиологической программы угнетения семян выполняют летучие физиологические активные метаболиты (ЛФАМ), выделяемые при хранении поврежденными и травмированными семенами.

Цель работы заключается в экспериментальном доказательстве механизма ингибирующего воздействия травмированными и поврежденными

зерновками неповрежденных (интактных) семян зерновых культур, а также в теоретическом обосновании эффективных методов пролонгации кондиционной всхожести семян страховых и переходящих фондов, формирование и уборка урожая которых проходили при неблагоприятных метеорологических условиях.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили с 2020 по 2024 г. на трех партиях семян яровой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Агата, отвечающих требованиям ГОСТ Р 52325-2005¹. Лабораторные опыты включали использование семян, выращенных в полевых условиях в соответствии с зональными особенностями выращивания зерновых культур, адаптированных для центральных районов Нечерноземной зоны, и отражали последовательное выполнение следующих процессов:

1. Подготовку образцов семян-индукторов* и семян-детекторов**.
2. Последующее дистанционное хранение семян-индукторов с семенами-детекторами продолжительностью от 1 до 24 месяцев.
3. Мониторинг комплексной оценки влияния семян-индукторов на семена-детекторы в зависимости от условий их совместного хранения.

Подготовка образцов семян-индукторов (СИ) основывалась на уборке урожая при разных погодных условиях в диапазоне от стандартных до экстремальных и технологических операций послеуборочной доработки и подготовки зерновой массы к хранению (транспортировке, очистке, сортировке, сушке). В опыте СИ были представлены вариантами:

- вариант № 1 — семена-индукторы (стандарт) (ССИ). Семена с влажностью 14,5–6,0% убирали комбайном ACROS 595 Plus (ГК «Ростсельмаш», Россия) при оптимальных погодных условиях с низкой влажностью воздуха, своевременным выполнением всего комплекса послеуборочной подготовки семенного материала к хранению, в котором содержались от 29 до 43% зерновок с микроповреждениями и отсутствовали зерновки с макротравмами;

- вариант № 2 — семена-индукторы травмированные (СТИ). Уборку урожая данных семян проводили при погодных условиях с повышенной влажностью воздуха и зерна, жестком режиме обмола растений с отклонением от рекомендованных технологических операций послеуборочной доработки и сушки 40 ± 5 °C перед закладкой на хранение. Количество семян с микроповреждениями составляло 63–71%, содержание в них зерновок с макротравмами — от 8 до 11%;

- вариант № 3 — семена-индукторы поврежденные (СПИ). В данном варианте семена варианта № 1 дополнительно инкубировали в термостате

¹ ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия.

при положительной температуре 45 ± 5 °C и 75% относительной влажности воздуха в течение 3–5 сут. (по методу ускоренного старения), когда у семян всхожесть снижалась более чем на 15%, то есть моделировали экстремальные условия уборки урожая и послеуборочной доработки семенного материала.

Роль семян-детекторов (СД) выполняли семена яровой пшеницы, полученные ручным выщелушиванием зерновок из колоса. Данные семена одновременно являлись контролем с той лишь разницей, что их хранили отдельно от семян всех других вариантов опыта.

Для предупреждения смешивания СИ с СД их хранили в отдельных пакетах из тканых материалов.

Опыты проводили в соответствии со схемой:

1. Контроль — интактные семена (отдельное хранение).

2. СД + ССИ.

3. СД + СТИ.

4. СД + СПИ.

Дополняли ее различными режимами воздухообмена между СД и СИ: а) пассивным воздухообменом, б) активной аэрацией за счет приточно-вытяжной вентиляции, в) контейнерным хранением в общем объеме воздушной среды (гипоксия), г) контейнерным изолированным хранением (воздухонепроницаемые полисинтетические материалы).

Семена СД хранили дистанционно с семенами СИ на расстоянии друг от друга $5,0 \pm 0,5$ см в течение 24 месяцев.

Соотношение по массе между семенами СД и СИ составляло от 1:1 до 3–5:1, по абсолютной массе образцов — от 1 до 3 кг, влажность — 12,5–14% (в лабораторных условиях), в диапазоне положительных температур 18–21 °C с относительной влажностью воздуха 55–65%, были защищены от фотоактивации прямым светом.

Критерием оценки влияния семян СИ на СД являлись динамика прорастания семян, морфологические показатели проростков, энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян.

Прорастание семян регистрировали по разрыву целостности, первичным корешком, плодовой оболочкой зерновок, морфологические показатели по параметрам длины ростка и наибольшего первичного корешка у 3-суточных проростков — методом проращивания в рулонах из фильтровальной бумаги по 25 шт. 4-кратной повторности. Энергию прорастания и лабораторную всхожесть — по ГОСТ 12038-84². Наличие микроповреждений у семян определяли методом окрашивания зерновок³ красителями с последующим использованием лупы с 10-кратным увеличением.

Методом газовой хроматографии с использованием хроматографа марки «Кристалл-2000М»

(ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия) определяли концентрацию этилена в продуцируемых СИ летучих физиологически активных метаболитов.

Статистическую обработку исследуемых морфометрических показателей проростков семян оценивали по критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки среднего.

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

В результате исследований обнаружена способность травмированных и поврежденных семян-индукторов яровой пшеницы дистанционно (бесконтактно, на расстоянии) при пассивном воздухообмене изменять интенсивность прорастания (наклева) у семян-детекторов по отношению к контролю (табл. 1).

Динамика прорастания семян при хранении сопровождалась слабовыраженной стимуляцией у семян-детекторов, хранившихся с поврежденными семенами-индукторами, к 3 мес. хранения, на 1-е сут. проращивания, которая на 12 и 24 мес. хранения сменялась существенным снижением интенсивности прорастания к контролю, соответственно, на 7,8–13,1% и 18,2–22,2%. В варианте с семенами-детекторами, хранившимися с травмированными семенами-индукторами, только к 24 мес. хранения интенсивность прорастания была значимо ниже контроля на 5,6–10,7%.

У семян-детекторов, хранившихся с семенами-индукторами (стандарт), наблюдалась только устойчивая тенденция снижения интенсивности прорастания в момент завершения совместного хранения — 24 мес.

Хранение семян до 18 мес. в режиме активной аэрации не выявило угнетающего воздействия СИ на СД, за исключением снижения интенсивности прорастания семян в 1-е сутки на 6,0% и 8,8% в вариантах семена-детекторы, хранившиеся с травмированными семенами-индукторами, и семена-детекторы, хранившиеся с поврежденными семенами-индукторами 24 мес.

Наличие свободного воздухообмена создает условия для образования семенами-индукторами летучих физиологически активных метаболитов и обуславливает их влияние на семена-детекторы. Но при активной аэрации образующиеся летучие соединения непрерывно элиминируются (вымываются) из межзерновой воздушной среды, минимизируя влияние семян-индукторов на семена-детекторы.

Режим контейнерного хранения семян-индукторов и семян-детекторов включал максимальное заполнение всего объема контейнера семенным материалом. Данные условия исключали воздухообмен семенного материала с кислородом атмосферного воздуха, то есть обеспечивали

² ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

³ Гриценко В.В., Колошина З.М. Семеноведение полевых культур. 1984.

Таблица 1. Интенсивность прорастания семян-детекторов в зависимости от условий и продолжительности их хранения с семенами-индукторами

Table 1. The germination rate of detector seeds depends on the conditions and duration of their storage with inductor seeds

Варианты опыта	Продолжительность хранения, мес.											
	3			6			12			24		
	Интенсивность прорастания семян в сутки, %											
	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е	1-е	2-е	3-е
Пассивный воздухообмен												
Контроль	71,3±3,5	94,7±1,9	95,2±1,3	74,6±2,8	95,1±1,2	97,0±0,7	72,8±3,8	93,2±2,2	96,1±1,1	73,4±3,2	96,0±1,1	96,9±0,9
СД + ССИ	72,8±3,3	95,1±1,8	96,5±1,2	75,2±2,7	94,8±1,7	95,8±1,2	70,3±3,5	92,6±2,3	95,0±1,3	68,8±3,5	93,7±2,2	95,1±1,2
СД + СТИ	75,9±2,9	94,7±1,9	95,3±1,7	73,1±3,1	94,2±1,8	95,5±1,3	69,2±3,0	92,1±1,9	94,0±2,3	62,7±3,9*	90,4±2,8*	92,5±1,8
СД + СПИ	77,8±2,6*	94,8±2,1	95,4±1,8	72,9±3,2	93,6±2,2	94,1±2,1	64,8±4,1*	80,1±3,2*	88,3±3,1*	55,2±4,8*	73,8±3,9*	82,3±3,1*
Активная аэрация												
Контроль	72,5±2,9	95,3±1,2	97,2±0,6	78,4±2,4	96,4±1,1	97,1±0,8	73,6±3,2	95,4±1,2	96,3±1,1	76,4±3,3	96,5±1,1	97,08±0,7
СД + ССИ	74,8±2,7	94,7±1,3	95,9±1,1	75,8±2,6	96,3±1,1	97,5±0,6	72,6±3,3	95,3±1,3	96,1±1,1	73,2±3,5	96,3±1,2	96,9±0,8
СД + СТИ	73,6±2,5	95,4±1,1	96,3±0,9	79,0±1,9	97,1±0,8	97,6±0,5	75,2±2,9	95,5±1,3	96,8±1,2	70,4±2,4*	94,9±1,7	96,3±1,2
СД + СПИ	75,0±2,6	95,8±1,1	97,1±0,7	75,3±2,5	94,6±1,2	97,0±0,9	74,1±3,1	95,3±1,2	96,1±1,1	67,6±4,5*	94,8±1,6	95,9±1,3
Контейнерное хранение в общем объеме воздушной среды												
Контроль	80,6±2,3	96,3±0,7	97,4±0,5	77,1±3,3	95,5±1,3	96,9±1,2	81,6±2,1	95,4±1,7	96,2±1,1	82,7±2,9	97,3±0,6	97,8±0,5
СД + ССИ	79,8±2,4	96,2±0,8	97,1±0,7	80,3±2,1	96,4±0,8	98,1±0,5	82,5±1,9	97,1±0,7	97,9±0,4	78,6±3,2	95,8±1,5	96,7±1,1
СД + СТИ	82,3±1,9	97,6±0,5	98,3±0,4	76,4±3,7	95,7±1,1	97,2±0,6	81,7±2,2	97,0±0,8	97,8±0,5	79,2±3,1	97,5±0,8	98,1±0,4
СД + СПИ	81,8±2,1	96,7±0,6	97,2±0,5	80,9±2,4	97,3±0,6	98,1±0,4	78,4±3,4	96,6±1,2	96,5±1,3	80,7±2,5	96,9±1,1	97,4±0,6
Контейнерное изолированное хранение												
Контроль	83,7±1,9	95,7±1,3	96,8±1,1	80,5±2,2	96,1±1,4	96,3±1,4	82,9±2,1	96,8±1,1	97,3±0,6	79,4±3,1	96,8±1,4	97,1±0,7
СД + ССИ	82,5±1,7	97,1±0,7	97,7±0,6	81,7±2,0	96,8±1,5	97,2±0,8	80,6±2,3	96,5±1,2	96,8±1,1	79,3±3,3	96,9±1,2	97,4±0,6
СД + СТИ	80,7±2,1	96,7±1,4	97,1±0,7	83,2±1,8	97,3±0,6	97,5±0,6	81,4±1,9	96,8±1,1	97,1±0,5	82,0±2,1	97,6±0,8	98,0±0,4
СД + СПИ	77,9±3,6	95,9±1,5	97,2±0,4	79,1±2,1	95,8±1,3	97,1±0,8	82,4±1,7	97,3±0,7	98,0±0,4	79,6±2,7	96,5±1,5	97,7±0,5

Примечание: * статистически значимые различия с контролем при $p \leq 0,05$.

формирование условий, близких к гипоксии, способствуя повышению устойчивости семян-детекторов на воздействие семян-индукторов. За 24 мес. хранения ни в одном из опытных вариантов не выявлено значимого снижения интенсивности прорастания семян к контролю.

Согласно рабочей гипотезе, ингибирующее влияние семян-индукторов на семена-детекторы оказывали летучие физиологически активные метаболиты, содержащие этилен, который выделяли травмированные и поврежденные зерновки в ответ на стресс-факторы. Гипоксия в межзерновой воздушной среде подавляла образование кислородозависимого этилена, концентрация которого была предположительно ниже порога чувствительности семян-детекторов.

Изолированное контейнерное хранение полностью исключало влияние семян-индукторов на изменение интенсивности прорастания семян-детекторов.

Интенсивность роста проростков семян на этапе гетеротрофного питания коррелирует с активностью метаболических процессов, а также регуляторных ферментативных и гормональных систем, что лежит в основе оценки физиологического состояния семян.

При пассивном воздухообмене между семенами-детекторами и семенами-индукторами к 3 мес. хранения все морфофизиологические показатели проростков семян-детекторов, хранившихся с травмированными и поврежденными

семенами-индукторами, превышали контроль по массе, длине ростка, наибольшего первичного корешка, соответственно, на 13,5%; 13,7%; 9,3% и 18,3%; 15,8%; 10,3% (табл. 2).

К 6 месяцам хранения различия с контролем в этих вариантах нивелировались. С увеличением продолжительности хранения до 12 мес. стимуляция роста проростков сменялась их угнетением с последующим его нарастанием к 24 мес. хранения (во всех вариантах опыта). Наиболее сильное угнетение наблюдалось у проростков семян-детекторов, хранившихся с поврежденными семенами-индукторами, от уровня контроля и составляло, соответственно, 62,1%, 56,0%, 57,7%.

Менее выраженное угнетение морфофизиологических показателей было у семян в варианте семена-детекторы, совместно хранившихся с семенами-индукторами (стандарт), и составило, соответственно, 83,7%, 77,8%, 87,9% по отношению к контролю. Степень подавления роста проростков в варианте семена-детекторы, совместно хранившихся с травмированными семенами-индукторами, была средней между опытными вариантами.

При активной аэрации между семенами-индукторами и семенами-детекторами значимое ингибирование морфофизиологических показателей проростков было установлено только в вариантах семена-детекторы, совместно хранившихся с травмированными и поврежденными

Таблица 2. Влияние семян-индукторов на морфологические показатели 3-суточных проростков семян-детекторов в зависимости от продолжительности и условий их хранения

Table 2. The effect of inductor seeds on the morphological parameters of 3-day-old detector seed seedlings, depending on the duration and conditions of their storage

Варианты опыта, семена	Продолжительность хранения, мес.											
	3			6			12			24		
	Масса 100 шт. проростков, г	Длина, мм		Масса 100 шт. проростков, г	Длина, мм		Масса 100 шт. проростков, г	Длина, мм		Масса 100 шт. проростков, г	Длина, мм	
		ростка	первичного наибольшего корешка		ростка	первичного наибольшего корешка		ростка	первичного наибольшего корешка		ростка	первичного наибольшего корешка
Пассивный воздухообмен												
Контроль	1,04±0,6	23,4±1,3	30,1±1,4	1,01±0,07	20,9±1,2	25,6±1,3	1,16±0,07	25,4±1,1	31,7±1,3	1,11±0,06	23,9±0,9	28,1±1,2
СД + ССИ	1,09±0,05	24,7±1,2	31,6±1,5	1,02±0,05	21,2±1,1	27,0±1,4	1,08±0,06	22,7*±0,9	30,2±1,3	0,93*±0,07	18,6*±0,9	24,7*±1,2
СД + СТИ	1,18*±0,08	26,6*±1,4	32,9*±1,3	1,04±0,07	21,1±1,2	26,6±1,5	0,98*±0,05	20,5*±0,8	27,6*±1,2	0,82*±0,07	15,9*±0,6	18,0*±0,9
СД + СПИ	1,23*±0,09	27,1*±1,4	33,2*±1,5	1,01±0,06	20,4±1,1	25,3±1,3	0,79*±0,05	18,7*±0,8	21,9*±1,0	0,69*±0,05	13,4*±0,5	16,2*±0,8
Активная аэрация												
Контроль	1,15±0,8	25,6±1,4	31,6±1,5	1,14±0,06	22,8±1,2	27,6±1,4	1,09±0,05	22,4±1,1	25,7±1,3	1,13±0,07	23,7±0,9	29,4±1,1
СД + ССИ	1,12±0,7	24,9±1,3	30,7±1,4	1,17±0,05	23,1±1,3	29,4±1,6	1,06±0,05	20,7±1,0	24,8±1,4	1,02±0,05	20,2*±1,1	23,0*±1,2
СД + СТИ	1,14±0,9	25,7±1,2	31,5±1,6	1,16±0,06	22,5±1,1	28,0±1,5	1,06±0,07	21,4±0,9	25,1±1,1	0,96*±0,7	19,8*±0,9	21,5*±1,1
СД + СПИ	1,15±0,6	26,1±1,3	32,4±1,3	1,16±0,07	23,3±1,2	29,1±1,5	1,07±0,06	21,2±1,2	24,9±1,3	0,91*±0,04	19,5*±1,1	20,7*±1,2
Контейнерное хранение в общей воздушной среде												
Контроль	1,16±0,07	27,1±1,1	31,4±1,5	1,17±0,09	27,8±1,2	32,3±1,6	1,19±0,1	28,3±1,3	33,5±1,4	1,19±0,08	27,6±1,5	32,4±1,6
СД + ССИ	1,15±0,06	26,8±1,2	30,7±1,3	1,17±0,07	26,5±1,1	31,8±1,4	1,2±0,11	29,1±1,4	32,9±1,4	1,18±0,67	26,9±1,3	31,7±1,5
СД + СТИ	1,16±0,09	27,5±1,3	31,5±1,4	1,18±0,09	28,1±1,3	33,2±1,6	1,18±0,09	26,9±1,2	32,7±1,3	1,2±0,09	28,1±1,6	33,9±1,7
СД + СПИ	1,15±0,08	26,7±1,1	30,9±1,3	1,17±0,08	27,3±1,2	31,7±1,5	1,18±0,11	27,9±1,3	33,1±1,5	1,18±0,07	28,0±1,5	33,4±1,8
Контейнерное изолированное хранение												
Контроль	1,12±0,08	29,3±1,5	32,3±1,8	1,09±0,06	24,0±1	31,4±1,6	1,06±0,8	23,5±1,2	28,3±1,5	1,14±0,07	28,0±1,4	33,7±1,7
СД + ССИ	1,11±0,07	28,7±1,4	32,1±1,7	1,1±0,07	25±1,5	31,9±1,6	1,07±0,9	24,1±1,3	29,1±1,6	1,13±0,06	27,5±1,3	31,9±1,5
СД + СТИ	1,12±0,08	30,1±1,6	33,8±1,7	1,08±0,05	24,7±1	30,8±0,6	1,08±0,07	25,2±1,3	30,5±1,7	1,15±0,09	30,1±1,6	34,1±1,7
СД + СПИ	1,09±0,06	27,9±1,4	30,9±1,6	1,09±0,08	25,6±1	32,5±0,08	1,07±0,07	23,9±1,4	28,2±1,5	1,13±0,05	27,6±1,5	32,3±1,5

Примечание: * статистически значимые различия с контролем при $p \leq 0,05$.

семенами, к 24 мес. хранения. Морфологические параметры у первых и вторых варьировали от 73,1–84,9% и 70,4–82,2% относительно уровня контроля.

У проростков семян-детекторов, совместно хранившихся с семенами-индукторами (стандарт), подавление длины роста и первичного корешка было менее выраженным, что обусловлено отсутствием в данном варианте зерновок с макроповреждениями, и, соответственно, выделение этилена зерновками было близким к уровню контроля.

Ослабление депрессивного воздействия семян индукторов на рост проростков семян-детекторов предположительно объясняется снижением концентрации в ЛФМ этилена за счет активного воздухообмена. Но с увеличением продолжительности хранения семян хроническое суммирующее воздействие даже следовых значений ЛФМ ведет к изменению функциональной активности семян-детекторов.

Совместное контейнерное хранение семян-индукторов и семян-детекторов при отсутствии воздухообмена не оказало значимого влияния на изменение интенсивности линейного роста органов проростка и их массы.

Воздействие СИ на СД в режиме пассивного воздухообмена не ограничивается только угнетением активности прорастания семян и роста проростков, но сопровождалось ухудшением их посевных качеств (табл. 3).

Значимое снижение энергии прорастания семян происходило в варианте семена-детекторы,

совместно хранившихся с поврежденными семенами-индукторами, уже через 6 мес. хранения к 12 мес. существенно уменьшилась лабораторная всхожесть, через 24 мес. эти показатели были ниже контроля, соответственно, на 25,7% и 12,7%.

Угнетение семян в варианте семена-детекторы, совместно хранившихся с травмированными семенами-индукторами, отмечалось к 18 мес. хранения, где энергия прорастания ниже контроля на 4,7%. После 24 мес. энергия прорастания и лабораторная всхожесть уменьшились, соответственно, на 7,1% и 4,2%. Между тем непродолжительное хранение семян в течение 1–3 мес. в варианте семена-детекторы, совместно хранившихся с поврежденными семенами-индукторами, сопровождалось повышением энергии прорастания, что обусловлено кратковременной экспозицией семян в ЛФМ.

С увеличением продолжительности хранения слабая стимуляция сменялась снижением посевных качеств семян. Во всех других режимах хранения семян яровой пшеницы не установлено статистически значимого влияния СИ на изменение посевных качеств СД.

Хроматографическим анализом выявлено увеличение содержания этилена в межзерновой воздушной среде при пассивном воздухообмене между семенами вариантов семена-детекторы, совместно хранившимися с поврежденными и травмированными семенами-индукторами, в 3,5 и 5,7 раза по сравнению с контролем, где

Таблица 3. Динамика посевных качеств интактных семян (детекторов) при экспонировании травмированными и поврежденными семенами (индукторами) в зависимости от условий и продолжительности их совместного хранения
 Table 3. Dynamics of sowing qualities of intact seeds (detectors) when exposed to injured and damaged seeds (inductors), depending on the conditions and duration of their joint storage

Вариант опыты	Продолжительность хранения, мес.					
	1	3	6	12	18	24
<i>Пассивный воздухообмен</i>						
Контроль	$87,5 \pm 2,0$ $97,1 \pm 0,6$	$87,6 \pm 2,3$ $96,8 \pm 0,7$	$88,1 \pm 2,4$ $97,3 \pm 0,5$	$88,5 \pm 2,3$ $96,5 \pm 0,9$	$86,9 \pm 2,2$ $96,9 \pm 0,4$	$87,2 \pm 2,6$ $97,2 \pm 0,5$
СД + ССИ	$88,6 \pm 2,6$ $96,4 \pm 0,9$	$89,4 \pm 2,1$ $97,3 \pm 0,5$	$88,5 \pm 2,5$ $96,4 \pm 0,8$	$87,1 \pm 2,3$ $95,7 \pm 1,1$	$85,6 \pm 2,4$ $95,4 \pm 1,2$	$84,7 \pm 3,1$ $96,1 \pm 0,8$
СД + СТИ	$88,9 \pm 2,3$ $97,3 \pm 0,5$	$91,9 \pm 1,7^*$ $97,8 \pm 0,3$	$87,6 \pm 3,1$ $96,5 \pm 0,6$	$86,4 \pm 3,0$ $95,8 \pm 1,2$	$82,2 \pm 2,3^*$ $94,6 \pm 1,5$	$80,1 \pm 3,4^*$ $93,0 \pm 2,1^*$
СД + СПИ	$91,7 \pm 2,1^{**}$ $97,6 \pm 0,4$	$89,7 \pm 1,6$ $96,4 \pm 0,6$	$82,2 \pm 3,3^*$ $94,7 \pm 0,8$	$77,0 \pm 3,4^*$ $89,3 \pm 2,7$	$70,8 \pm 3,5^*$ $86,1 \pm 3,8^*$	$61,5 \pm 4,7^*$ $84,5 \pm 4,2^*$
<i>Активная аэрация</i>						
Контроль	$88,2 \pm 2,1$ $98,1 \pm 0,5$	$87,9 \pm 2,1$ $97,6 \pm 0,4$	$89,1 \pm 2,0$ $97,5 \pm 0,3$	$88,4 \pm 1,9$ $96,8 \pm 0,6$	$89,5 \pm 2,2$ $97,3 \pm 0,4$	$88,6 \pm 2,3$ $97,9 \pm 0,3$
СД + ССИ	$87,9 \pm 2,2$ $97,7 \pm 0,4$	$88,1 \pm 2,0$ $96,9 \pm 0,5$	$88,3 \pm 1,8$ $98,1 \pm 0,3$	$87,6 \pm 2,2$ $96,4 \pm 0,5$	$87,8 \pm 2,3$ $97,6 \pm 0,4$	$88,1 \pm 2,4$ $97,1 \pm 0,6$
СД + СТИ	$88,5 \pm 1,9$ $96,8 \pm 0,5$	$88,1 \pm 2,3$ $97,3 \pm 0,4$	$87,6 \pm 2,1$ $98,1 \pm 0,3$	$88,3 \pm 2,3$ $97,2 \pm 0,5$	$88,5 \pm 2,4$ $98,0 \pm 0,3$	$87,4 \pm 1,8$ $97,5 \pm 0,5$
СД + СПИ	$87,3 \pm 2,3$ $97,3 \pm 0,5$	$88,5 \pm 2,4$ $98,1 \pm 0,4$	$89,1 \pm 1,8$ $97,5 \pm 0,6$	$87,6 \pm 1,9$ $96,4 \pm 0,4$	$88,3 \pm 2,3$ $97,8 \pm 0,7$	$87,5 \pm 2,5$ $96,6 \pm 0,7$
<i>Контейнерное хранение в общем объеме воздушной среды</i>						
Контроль	$89,3 \pm 1,9$ $97,7 \pm 0,5$	$87,5 \pm 2,2$ $98,3 \pm 0,4$	$88,0 \pm 2,5$ $97,1 \pm 0,5$	$86,6 \pm 2,3$ $96,9 \pm 0,6$	$87,2 \pm 2,1$ $97,5 \pm 0,6$	$88,8 \pm 1,9$ $98,1 \pm 0,4$
СД + ССИ	$88,4 \pm 2,2$ $96,6 \pm 0,6$	$89,6 \pm 1,9$ $97,4 \pm 0,5$	$88,1 \pm 2,1$ $98,3 \pm 0,4$	$87,4 \pm 2,3$ $98,5 \pm 0,3$	$88,7 \pm 2,3$ $98,3 \pm 0,5$	$89,5 \pm 2,1$ $97,2 \pm 0,6$
СД + СТИ	$86,5 \pm 2,1$ $97,3 \pm 0,5$	$90,2 \pm 0,7$ $98,8 \pm 0,2$	$89,4 \pm 1,8$ $97,5 \pm 0,6$	$89,6 \pm 1,7$ $98,2 \pm 0,3$	$90,4 \pm 0,8$ $99,3 \pm 0,3$	$90,1 \pm 0,8$ $98,6 \pm 0,4$
СД + СПИ	$89,3 \pm 1,9$ $98,1 \pm 0,6$	$87,4 \pm 2,1$ $97,7 \pm 0,5$	$88,1 \pm 2,1$ $98,4 \pm 0,7$	$87,4 \pm 2,3$ $97,8 \pm 0,8$	$89,0 \pm 1,7$ $98,6 \pm 0,5$	$88,1 \pm 1,9$ $97,9 \pm 0,7$
<i>Контейнерное изолированное хранение</i>						
Контроль	$89,3 \pm 2,3$ $98,1 \pm 0,3$	$88,7 \pm 1,9$ $97,2 \pm 0,5$	$87,9 \pm 2,2$ $96,8 \pm 0,6$	$86,9 \pm 1,8$ $97,9 \pm 0,4$	$87,4 \pm 2,0$ $98,3 \pm 0,3$	$88,1 \pm 2,2$ $97,4 \pm 0,5$
СД + ССИ	$88,5 \pm 1,9$ $97,6 \pm 0,6$	$89,6 \pm 2,1$ $98,4 \pm 0,4$	$87,7 \pm 2,2$ $98,1 \pm 0,3$	$88,5 \pm 2,3$ $97,5 \pm 0,5$	$88,1 \pm 1,9$ $98,3 \pm 0,7$	$89,2 \pm 2,1$ $97,9 \pm 0,6$
СД + СТИ	$87,6 \pm 2,4$ $98,3 \pm 0,5$	$88,1 \pm 2,3$ $98,1 \pm 0,6$	$88,4 \pm 2,4$ $98,2 \pm 0,4$	$87,3 \pm 1,9$ $97,4 \pm 0,6$	$89,2 \pm 2,1$ $97,7 \pm 0,5$	$88,5 \pm 1,9$ $98,3 \pm 0,4$
СД + СПИ	$87,8 \pm 2,5$ $96,7 \pm 0,7$	$89,2 \pm 2,4$ $98,1 \pm 0,5$	$86,3 \pm 2,6$ $97,5 \pm 0,6$	$87,7 \pm 2,1$ $98,3 \pm 0,4$	$88,4 \pm 2,2$ $97,4 \pm 0,6$	$87,6 \pm 2,3$ $98,4 \pm 0,5$

Примечание: * статистически значимые различия с контролем при $p \leq 0,05$; числитель — энергия прорастания, %; знаменатель — лабораторная всхожесть, %.

его концентрация варьировала от 0,0027 до 0,0033 мг/м³.

В условиях активной аэрации между семенами концентрация этилена во всех опытных вариантах была на уровне контроля, что обусловлено активным элиминированием (вымыванием) летучих соединений.

Выводы/Conclusions

При хранении травмированные и поврежденные семена выделяли следовые концентрации этилена с последующей его диффузией как газообразного соединения в межзерновую воздушную среду всей совокупности объема интактных семян.

С нарастанием продолжительности хранения и концентрации эндогенного этилена, выделяемого поврежденными зерновками, он воздействовал как экзогенный регулятор роста в диапазоне от слабовыраженной стимуляции,

сменяющийся сильно выраженным угнетением интактных семян.

Активная аэрация вызывала элиминирование образующихся летучих физиологически активных соединений и снижала концентрацию этилена в межзерновой воздушной среде, минимизируя развитие ингибиторных процессов у интактных семян.

Совместное контейнерное хранение семян в общем объеме воздушной среды при отсутствии воздухообмена и дефицита кислорода не вызвало угнетения интактных семян, что предположительно обусловлено протекторной способностью гипоксии подавлять стрессовые реакции у травмированных и поврежденных семян.

Общим ответом всех семян-индукторов, находившихся в состоянии стресса, являлось нарастание их угнетающего воздействия на семена-детекторы с увеличением продолжительности их совместного

хранения, силы стресса и свободного воздухообмена между ними.

Эффект стрессозащиты и пролонгации кондичионной всхожести у интактных семян яровой пшеницы при хранении до 24 мес. достигался за

счет максимального заполнения объема воздухопроницаемого контейнера семенным материалом и формированием в межзерновой воздушной среде гипоксии, блокирующей выделение этилена.

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

- Новохатин В.В. Научное обоснование первичного и элитного семеноводства зерновых культур. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(9): 40–47. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10910>
- Ряднов А.И., Арылов Ю.Н. Повышение урожайности яровой пшеницы за счет использования семян с низким уровнем травмирования. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022; (4): 45–52. <https://elibrary.ru/pjjqlm>
- Строна И.Г. Травмирование семян зерновых культур и урожай. М.В. Кузьменко и др. (ред.). *Биология и технология семян*. Харьков: ВАСХНИЛ, Южное отделение. 1974; 122–129.
- Ионова Е.В., Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И. Травмирование семян озимой мягкой пшеницы как показатель снижения ее посевных качеств. *Зерновое хозяйство России*. 2019; (6): 68–71. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-68-71>
- Нуруллин Э.Г., Файзуллин Р.А. Экспериментальное исследование травмирования семян в сельскохозяйственных машинах. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2022; 17(2): 99–105. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-99-105>
- Скворцова Ю.Г., Калинина Н.В., Фирсова Т.И., Филенко Г.А. Влияние травмирования на посевные качества семян сортов озимой мягкой пшеницы при уборке и послеуборочной доработке. *Зерновое хозяйство России*. 2023; (5): 56–62. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-88-5-56-62>
- Троценко В.В., Забудский А.И. Лабораторная всхожесть микроповрежденных семян ячменя. *Вестник КрасГАУ*. 2018; (5): 70–76. <https://elibrary.ru/yqnuqx>
- Суханова М.В. Концептуальное обоснование использования ударопоглощающих рабочих органов сельскохозяйственных машин для снижения травмирования семян. *Вестник аграрной науки Дона*. 2022; (1): 51–64. https://doi.org/10.55618/20756704_2022_15_1_51-64
- Шарафутдинов М.Х., Нижегородцева Л.С., Сафин Р.И. Приемы профилактики травмированности семян яровой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*. 2017; (2): 69–72. <https://elibrary.ru/ynugjh>
- Jian F. A general model to predict germination and safe storage time of crop seeds. *Journal of Stored Products Research*. 2022; 99: 102041. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.102041>
- Orobinsky V.I., Vorokhobin A.V., Kornev A.S., Golovin A.D., Bachurin I.G., Pozhidaev I.A. Влияние фракционного состава зернового вороха на уровень травмирования и посевные качества семян. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2021; 14(3): 12–17. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_3_12
- Komyshov E. et al. Analysis of the size and color characteristics of wheat grains and their relationship to storage time and germination. *Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2022). Abstracts the Thirteenth International Multiconference*. Novosibirsk. 2022; 615. <https://doi.org/10.18699/SBB-2022-349>
- Byshov N.V. et al. Prospects and method of seed grain storage in a container with gas-regulating medium. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624: 012118. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012118>

REFERENCES

- Novokhatin V.V. Scientific substantiation of primary and elite seed-growing of cereals. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2018; 32(9): 40–47 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10910>
- Ryadnov A.I., Arylov Yu.N. Increasing the yield of spring wheat due to use of seeds with a low level of injury. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2022; (4): 45–52 (in Russian). <https://elibrary.ru/pjjqlm>
- Strona I.G. Injury of grain seeds and harvest. Kuz'menko M.V. et al. (eds.). *Biology and technology of seeds*. Kharkiv: South branch of Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences. 1974; 122–129 (in Russian).
- Ionova E.V., Skvortsova Yu.G., Filenko G.A., Firsova T.I. Injury of winter soft wheat seeds as an indicator of reducing its sowing traits. *Grain Economy of Russia*. 2019; (6): 68–71 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-68-71>
- Nurullin E.G., Fayzullin R.A. Experimental research of seed injury in agricultural machines. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2022; 17(2): 99–105 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-99-105>
- Skvortsova Yu.G., Kalina N.V., Firsova T.I., Filenko G.A. The effect of injury on the sowing seed qualities of winter bread wheat varieties during harvesting and post-harvest processing. *Grain Economy of Russia*. 2023; (5): 56–62 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-88-5-56-62>
- Trotsenko V.V., Zabudsky A.I. Laboratory incineration of microwave seeds of barley. *Bulletin of KrasGAU*. 2018; (5): 70–76 (in Russian). <https://elibrary.ru/yqnuqx>
- Sukhanova M.V. Conceptual rationale for the use of impact-absorbing elements of agricultural machines to reduce seed damage. *Don agrarian science bulletin*. 2022; (1): 51–64 (in Russian). https://doi.org/10.55618/20756704_2022_15_1_51-64
- Sharafutdinov M.Kh., Nizhegorodtseva L.S., Safin R.I. Preventive methods of injury of spring wheat seeds. *Grain Economy of Russia*. 2017; (2): 69–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/ynugjh>
- Jian F. A general model to predict germination and safe storage time of crop seeds. *Journal of Stored Products Research*. 2022; 99: 102041. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.102041>
- Orobinsky V.I., Vorokhobin A.V., Kornev A.S., Golovin A.D., Bachurin I.G., Pozhidaev I.A. Fraction composition of the grain heap and its influence on the level of grain damage and sowing qualities of seeds. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021; 14(3): 12–17 (in Russian). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_3_12
- Komyshov E. et al. Analysis of the size and color characteristics of wheat grains and their relationship to storage time and germination. *Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology (BGRS/SB-2022). Abstracts the Thirteenth International Multiconference*. Novosibirsk. 2022; 615. <https://doi.org/10.18699/SBB-2022-349>
- Byshov N.V. et al. Prospects and method of seed grain storage in a container with gas-regulating medium. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 624: 012118. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012118>

14. Pirredda M., González-Benito M.E., Martín C., Mira S. Genetic and Epigenetic Stability in Rye Seeds under Different Storage Conditions: Ageing and Oxygen Effect. *Plants*. 2020; 9(3): 393. <https://doi.org/10.3390/plants9030393>
15. Stupin A.S., Levin V.I. Prospects for the use of prolonged stress protection in the spring wheat cultivation. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 22001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410822001>

ОБ АВТОРАХ

Виктор Иванович Левин

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции, семеноводства и агрохимии
levin-49@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9587-0556>

Александр Сергеевич Ступин

кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры селекции,
семеноводства и агрохимии
stupin32@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0548-6313>

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева,
ул. Костычева, 1, Рязань, 390044, Россия

14. Pirredda M., González-Benito M.E., Martín C., Mira S. Genetic and Epigenetic Stability in Rye Seeds under Different Storage Conditions: Ageing and Oxygen Effect. *Plants*. 2020; 9(3): 393. <https://doi.org/10.3390/plants9030393>
15. Stupin A.S., Levin V.I. Prospects for the use of prolonged stress protection in the spring wheat cultivation. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 22001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410822001>

ABOUT THE AUTHORS

Viktor Ivanovich Levin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Breeding, Seed Production and Agrochemistry
levin-49@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9587-0556>

Alexander Sergeevich Stupin

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Breeding, Seed Production and Agrochemistry
stupin32@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0548-6313>

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev,
1 Kostychev Str., Ryazan, 390044, Russia

УДК: 633.521:667.1.021

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-129-136

Т.А. Виноградова ✉

Т.А. Кудряшова

Н.Н. Козьякова

Федеральный научный центр
лужбных культур, Тверь, Россия

✉ Info.trk@fncl.ru

Поступила в редакцию: 27.01.2025

Одобрена после рецензирования: 12.03.2025

Принята к публикации: 26.03.2025

©Виноградова Т.А., Кудряшова Т.А.,
Козьякова Н.Н.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-129-136

Tatiana A. Vinogradova ✉

Tamara A. Kudryashova

Natalya N. Kozyakova

Federal Scientific Center for
Bast Crops, Tver, Russia

✉ Info.trk@fncl.ru

Received by the editorial office: 27.01.2025

Accepted in revised: 12.03.2025

Accepted for publication: 26.03.2025

© Vinogradova T.A., Kudryashova T.A.,
Kozyakova N.N.

Исследование неравномерности вылежки по физико-механическим свойствам в процессе приготовления льнотресты

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Однородность по физико-механическим свойствам в процессе вылежки — одно из условий получения высококачественной льнотресты. Современных данных по динамике изменения однородности и уровня значений отделяемости, прочности, цвета стеблей в процессе приготовления льнотресты в зависимости от агротехнических приемов и ее влияния на качество произведенной льнотресты и волокна явно недостаточно. Поэтому исследование неравномерности вылежки по физико-механическим свойствам в процессе приготовления льнотресты является актуальным.

Методы. Исследования проводили в соответствии с действующими методическими рекомендациями полевых опытов со льном. Для обработки экспериментальных данных применяли стандартные методы математической статистики. Определение качественных показателей и оценку качества льнотресты и волокна проводили согласно методикам действующих стандартов.

Результаты. Установлено, что в процессе приготовления льнотресты неравномерность вылежки по отделяемости, прочности, цвету стеблей сильнее всего снизилась в варианте с применением оборачивания лент и плющением комлевой части стеблей. При самом высоком значении показателя отделяемости, достигнутом к моменту готовности льнотресты, 8,5 единиц неравномерность в зависимости от урожайности льносоломой по отделяемости, измеряемая коэффициентом вариации, снизилась с 10,6%, 46,2% до 4,2%, 5,0%, по прочности — с 24,6%, 23,4% до 10,8%, 13,4%. Содержание стеблей неосновного цвета в массе пробы сократилось с 5,0%, 7,0% до 0%. Полная однородность по цвету стеблей обусловила получение льнотресты высокого номера 2,97, 3,03 и длинного волокна номера 12,00, 14,00.

Ключевые слова: лен-долгунец, льнотреста, неоднородность, отделяемость, прочность, цвет, качество, длинное волокно

Для цитирования: Виноградова Т.А., Кудряшова Т.А., Козьякова Н.Н. Исследование неравномерности вылежки по физико-механическим свойствам в процессе приготовления льнотресты. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 129–136.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-129-136>

Investigation of the unevenness of drying according to physico-mechanical properties during the preparation of flax

ABSTRACT

Relevance. Uniformity in physical and mechanical properties during the drying process is one of the conditions for obtaining high-quality flax. Modern data on the dynamics of changes in the uniformity and level of values of separability, strength, and color of stems during the preparation of flax, depending on agrotechnical techniques and its effect on the quality of flax and fiber produced, is clearly insufficient. Therefore, the study of the unevenness of drying by physico-mechanical properties during the preparation of flax is relevant.

Methods. The research was conducted in accordance with the current guidelines for conducting field experiments with flax. Standard methods of mathematical statistics were used to process experimental data. Qualitative indicators were determined and the quality of flax and fiber was assessed according to the methods of current standards.

Results. It was found that during the preparation of the flax seed, the unevenness of the laying in terms of separability, strength, and color of the stems decreased the most in the variant with the use of wrapping ribbons and flattening the lumpy part of the stems. With the highest value of the separability index, reached by the time the flax mill was ready, 8.5 units, the unevenness, depending on the yield of flax, in separability, measured by the coefficient of variation, decreased from 10.6%, 46.2% to 4.2%, 5.0%; in strength — from 24.6%, 23.4% to 10.8%, 13.4%. The content of stems of non-primary color in the mass of the sample decreased from 5.0%, 7.0% to 0%. The complete uniformity in the color of the stems led to the production of flax fiber of high numbers 2.97, 3.03 and long fiber numbers 12.00, 14.00.

Key words: long-lived flax, flax fiber, heterogeneity, separability, strength, color, quality, long fiber

For citation: Vinogradova T.A., Kudryashova T.A., Kozyakova N.N. Investigation of the unevenness of drying according to physico-mechanical properties during the preparation of flax. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 129–136 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-129-136>

Введение/Introduction

Одной из составляющих увеличения эффективности производства льна-долгунца, повышения качества льнопродукции, оптимизации процесса переработки является развитие системы управления, основанной на своевременной и достоверной информации о качестве производимой продукции, позволяющей принимать обоснованные решения, направленные на совершенствование производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий [1–6]. В настоящее время основная задача при производстве льна-долгунца заключается в получении высококачественной льнотресты, находящейся в определенной стадии готовности к переработке, то есть «нормальной» вылежки, которая оценивается показателем отделяемости волокна от древесины стебля, составляющей от 4,1 до 6,0 единиц.

Нарушения в технологии приготовления льнотресты в значительной степени определяют ее качество. Известно, что технологический процесс приготовления льнотресты характеризуется неравномерностью и зависит от многих факторов: сроков теребления, погодных условий, нормы расстила ленты, зависящей от урожайности льносоломой, неравномерности распределения льносырья по длине, толщине ленты, геометрических параметров стеблей, технологических приемов, применяемых при уборке [7–11]. В предыдущих исследованиях отмечено и влияние биологических особенностей сортов льна-долгунца на неравномерность и скорость вылежки льнотресты [12].

При недостаточном сроке вылежки (недолежке) льнотресты волокно получается закорстевшим, неоднородного цвета и, как правило, оценивается невысоким номером. При длительном сроке вылежки (перележке) из-за потери прочности стеблей снижаются и выход, и качество волокна.

В число свойств, определяющих качество льнотресты, ее пригодность и целесообразность использования в интересах потребителя, наряду с содержанием волокна, прочностью и цветом стеблей, входит одно общее свойство — однородность по всем этим признакам при условии сохранения определенного уровня значений, в первую очередь прочности, обеспечивающей оптимальный режим переработки на волокно на следующих этапах.

В литературе приведены сведения [13–15] о неравномерности вылежки льнотресты, определенной по отделяемости волокнистой части от древесины стеблей, по зонам стебля: вершинной, срединной, комлевой. Установлено, что эта разновидность неравномерности вылежки льнотресты различных сортов льна-долгунца неодинакова [16].

Существует неравномерность вылежки льнотресты по цвету, толщине и длине ленты, которая проявляется в снижении ее номера, количества и качества волокна, полученного из нее при переработке. При существующих технологиях уборки льнотресты негативные последствия

неравномерности вылежки частично устраняют применением приемов оборачивания, ворошения, плющения комлевой части стеблей. Так, в некоторых исследованиях установлено, что оборачивание лент может на 3–5 дней ускорять процесс вылежки льнотресты, повышать ее качество [17, 18].

Применение плющения комлевой части стеблей при тереблении комбайном способствует ускорению полевой сушки стеблей, уменьшает продолжительность процесса приготовления льнотресты на 3–10 суток, улучшает качество льнотресты в отдельных случаях до одного номера [19, 20]. Информации об изменении однородности по физико-механическим свойствам в динамике на всем протяжении периода вылежки льнотресты в зависимости от комплекса факторов и ее влиянии на качество льнотресты и полученного из нее волокна явно недостаточно. Поэтому исследование процесса приготовления льнотресты в зависимости от комплекса факторов (урожайности льносоломой, применяемых технологических приемов с учетом метеословий в период вылежки с одновременным определением изменения как уровня значений качественных характеристик волокнистой продукции, так и однородности ее свойств) является достаточно актуальным.

Цель работы — исследование неравномерности вылежки по уровню значений и однородности физико-механических свойств волокнистой продукции в зависимости от урожайности льносоломой и применяемых в ходе уборки агротехнических приемов в процессе приготовления льнотресты.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в полевых условиях в Торжокском районе Тверской области и лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК «Федеральный научный центр лубяных культур» в 2022–2024 годах. В качестве материала для исследований использовали льносолону, льнотресту льна-долгунца сорта Визит и полученное из нее при оценочной обработке длинное волокно.

Теребление льносоломой проводили в фазе раннежелтой спелости, затем формировали две ленты с заданной урожайностью (2 т/га и 4 т/га) при расстиле на льнище.

В ходе приготовления льнотресты применялись агротехнические приемы — оборачивание лент и плющение комлевой части стеблей. Для каждой из лент, разделенных на три равные части, изучали три варианта: 1-й — контроль (без оборачивания лент в ходе вылежки и плющения комлевой части стеблей), 2 — с применением оборачивания лент, 3 — с применением оборачивания лент и плющением комлевой части стеблей.

Отбор проб для определения отделяемости в период вылежки льнотресты, а также качественных характеристик льносоломой, льнотресты

осуществляли через равные промежутки времени до достижения льнотрестой готовности к подъему.

Определение качества льносолемы проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 14897-69¹, отделяемость и прочность в вершинной, срединной и комлевой частей стеблей — по ГОСТ 24383-89² и ГОСТ 2975-73³.

Оценка качества длинного волокна, полученного при оценочной обработке на лабораторном мяльно-трепальном станке СМТ-200М (Россия), осуществляли по методике ГОСТ Р 53484⁴. Соотношение основного и неосновного цвета в стеблях льносолемы по мере достижения льнотрестой «нормальной» вылежки оценивали органолептически сличением с образцами цвета ГОСТ 24383-89 с применением способа определения однородности цвета льняного волокна⁵ по длине стебля.

Обработку экспериментальных данных по неоднородности физико-механических свойств в ходе процесса приготовления льнотресты проводили в соответствии с методикой полевого опыта⁶.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В рамках исследования изучали динамику изменения качественных показателей в процессе приготовления льнотресты в зависимости от урожайности льносолемы и, следовательно, от толщины ленты стеблей при расстиле, а также от применяемых агротехнических приемов — оборачивания лент и плющения комлевой части стеблей.

На рисунке 1 показано изменение средней отделяемости волокна от древесины стеблей при урожайности льносолемы 2 т/га, на рисунке 2 — при урожайности льносолемы 4 т/га.

Самое высокое значение показателя отмечено в варианте с применением оборачивания лент с плющением комлевой части стеблей при тереблении — 8,5 (дата отбора проб — 06.09, урожайность льносолемы — 2 т/га), 7,9 (дата отбора проб — 06.09, урожайность льносолемы — 4 т/га). Медленнее всего проходила вылежка льнотресты в контрольном варианте (в ту же дату отбора проб показатель

отделяемости был равен, соответственно, 7,8 ед. и 7,3 ед.

Продолжительность вылежки при применении оборачивания лент сокращается по сравнению с контролем от 1 до 2 суток, с добавлением плющения комлей — от 2 до 3 суток. О динамике неравномерности вылежки по отделяемости волокна от древесины в вершинной, срединной и комлевой частях стеблей на протяжении процесса приготовления льнотресты можно судить по данным, представленным в таблице 1.

Следует отметить, что эта разновидность неравномерности уменьшается к моменту наступления готовности льнотресты к подъему во всех вариантах: в контроле в начале процесса коэффициент вариации V был равен 42,4, 56,5%, в конце — 8,5, 20,2; в варианте с оборачиванием

Рис. 1. Изменение средней отделяемости волокна от древесины стеблей в процессе приготовления льнотресты при урожайности льносолемы 2 т/га

Fig. 1. Change in the average separability of fiber from the wood of the stems during the preparation of flax seed at a yield of 2 tons/ha of flax.

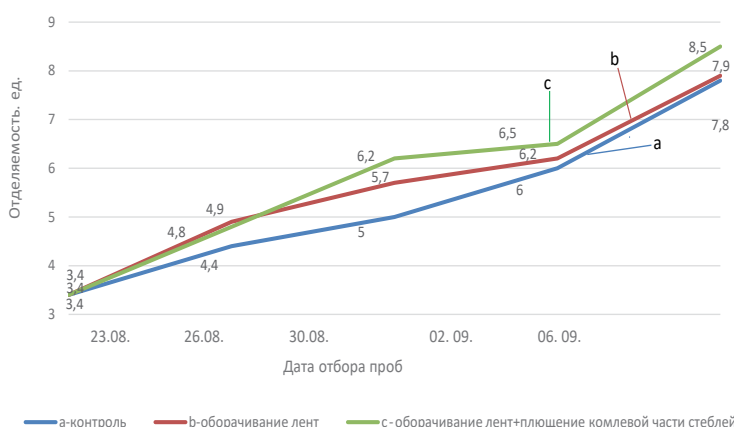
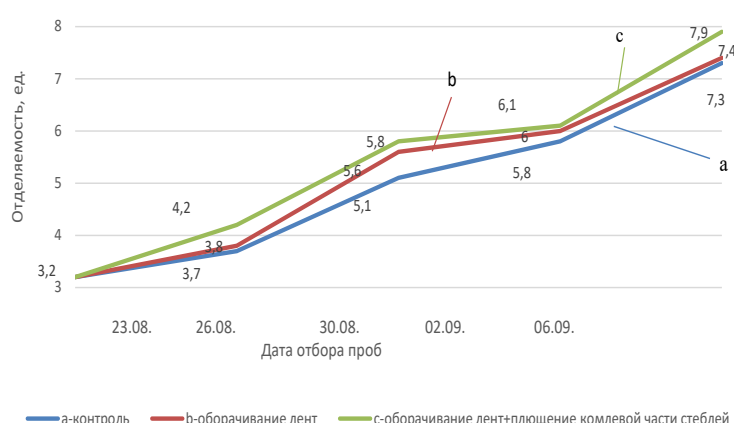


Рис. 2. Изменение средней отделяемости волокна от древесины стеблей в процессе приготовления льнотресты при урожайности льносолемы 4 т/га

Fig. 2. Change in the average separability of fiber from the wood of stems during the preparation of flax seed at a yield of flax mill 4 t/ha.



¹ ГОСТ 14897-69 Солома льняная (с изм.).

² ГОСТ 24363-89 Треста льняная. Требования при заготовках.

³ ГОСТ 2975-73 Треста льняная.

⁴ ГОСТ Р 53484-2022 Лен трепаный.

⁵ Мухин В.В., Кудряшова Т.А., Кудряшов А.Ю., Прусакова Л.Т., Скачкова Т.Н. Способ определения однородности цвета льняного волокна по длине стебля. Опубликовано 20.03.2009.

⁶ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Монография. М.: Альянс. 2011; 295.

Таблица 1. Неравномерность вылежки по показателю «отделяемость» в процессе приготовления льнотресты
Table 1. Unevenness of storage in terms of “separability” during the preparation of flax

Урожайность льносоломы, т/га	Вариант	Дата отбора проб									
		23.08		26.08		30.08		02.09		06.09	
		V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.
2	к	42,4	$3,4 \pm 0,2$	20,0	$4,4 \pm 0,0$	18,5	$5,0 \pm 0,0$	12,4	$6,0 \pm 0,0$	8,5	$7,8 \pm 0,0$
	об.			13,6	$4,9 \pm 0,1$	10,6	$5,7 \pm 0,1$	6,8	$6,2 \pm 0,0$	8,5	$7,9 \pm 0,0$
	об. + пл.			10,6	$4,8 \pm 0,1$	9,7	$6,2 \pm 0,2$	5,7	$6,5 \pm 0,1$	5,8	$8,5 \pm 0,0$
4	к	56,5	$3,2 \pm 0,4$	55,7	$3,7 \pm 0,0$	30,6	$5,1 \pm 0,1$	25,4	$5,8 \pm 0,0$	20,2	$7,3 \pm 0,0$
	об.			50,3	$3,8 \pm 0,2$	20,1	$5,6 \pm 0,0$	11,6	$6,0 \pm 0,0$	10,3	$7,4 \pm 0,0$
	об. + пл.			46,2	$4,2 \pm 0,4$	15,2	$5,8 \pm 0,1$	8,3	$6,1 \pm 0,1$	5,0	$7,8 \pm 0,0$

Примечание: к — контроль; об. — оборачивание лент; об. + пл. — оборачивание лент с плущением комлевой части стеблей; V — коэффициент вариации показателя «отделяемость», %; $x \pm S_x$ — среднее значение x показателя «отделяемость» с ошибкой выборки S_x , ед.

лент — 13,6, 50,3% и 8,5, 10,3; в варианте с оборачиванием лент и плущением комлевой части стеблей — 10,6, 46,2 и 5,8, 5,0 соответственно (первая цифра относится к процессу приготовления льнотресты при урожайности льносоломы 2 т/га, вторая — при урожайности льносоломы 4 т/га).

Максимальное снижение неравномерности по показателю отделяемости зафиксировано в ходе вылежки льнотресты с применением оборачивания лент и плущением комлевой части стеблей.

Для ликвидации потерь и получения высококачественной продукции необходимо тщательно контролировать ход вылежки льнотресты не только по динамике изменения показателя отделяемости, но и по уровню значений прочности с одновременным наблюдением за изменением цвета стеблей. На рисунке 3 (урожайность льносоломы 2 т/га) и рисунке 4 (урожайность льносоломы 4 т/га) проиллюстрировано изменение значений средней прочности в период вылежки льнотресты, в таблице 2 приведены сведения об уровне ее однородности в вершинной, срединной и комлевой частях стеблей.

Снижение прочности стеблей в варианте с оборачиванием лент и плущением стеблей с 26,2 до 15,0 даН⁷ (урожайность 2 т/га), с 25,7 до 19,1 даН (урожайность 4 т/га) было меньше, чем в контроле, на 0,9 и 3,1 даН в конце вылежки при соответствующей урожайности льносоломы. К тому же наблюдалось повышение уровня однородности прочности в процессе приготовления льнотресты. Изменчивость признака

Рис. 3. Изменение средней прочности стеблей в процессе приготовления льнотресты при урожайности льносоломы 2 т/га

Fig. 3. Reduction of average strength of stems during the preparation of flax seed at a yield of flax mill 2 t/ha

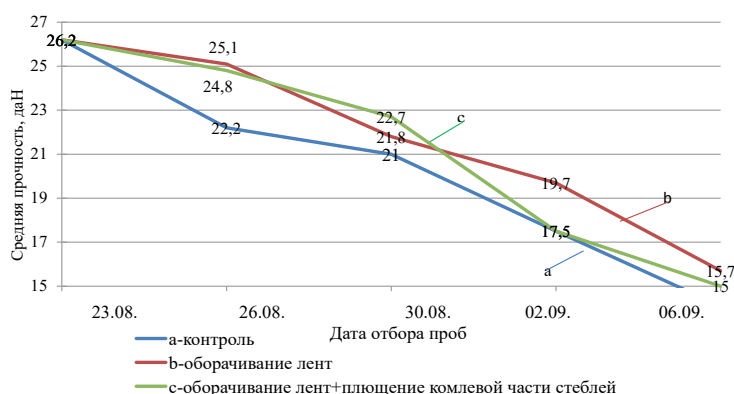
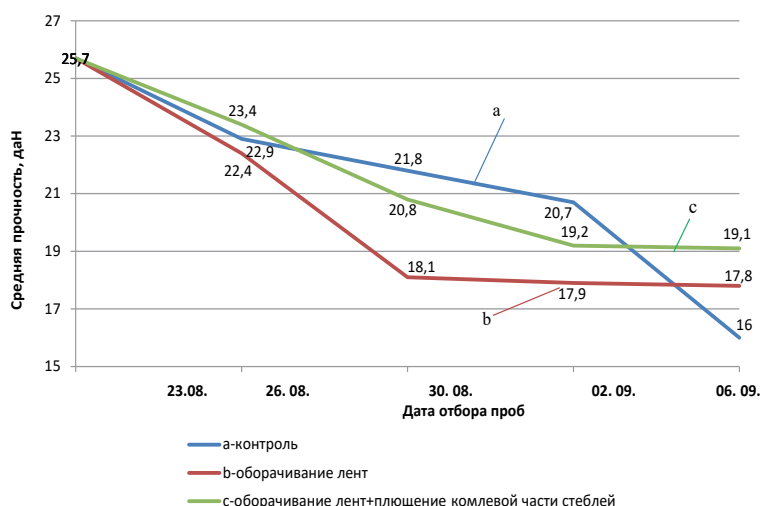


Рис. 4. Изменение средней прочности стеблей в процессе приготовления льнотресты при урожайности льносоломы 4 т/га

Fig. 4. Reduction of the average strength of the stems during the preparation of flax seed at a yield of 4 t/ha of flax straw



в начале процесса в этом варианте оценивается коэффициентом вариации 24,6, 23,4%, в конце — 10,8, 13,4% при урожайности льносоломы 2 т/га и 4 т/га соответственно.

⁷ деканьютон

Таблица 2. Неравномерность вылежки по показателю «прочность» в процессе приготовления льнотресты
Table 2. The unevenness of the shelf life in terms of “strength” during the preparation of flax

Урожайность льносоломы, т/га	Вариант	Дата отбора проб									
		23.08		26.08		30.08		02.09		06.09	
		V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.	V, %	$x \pm S_x$, ед.
2	к	28,0	$26,2 \pm 0,9$	31,9	$22,2 \pm 0,4$	26,6	$21,0 \pm 0,4$	22,6	$17,5 \pm 0,6$	21,2	$14,1 \pm 0,3$
	об.			26,6	$24,8 \pm 0,8$	22,6	$23,7 \pm 0,6$	21,1	$17,5 \pm 0,6$	20,0	$15,0 \pm 0,6$
	об. + пл.			24,6	$25,1 \pm 0,9$	20,6	$22,7 \pm 0,7$	17,0	$19,7 \pm 0,5$	10,8	$15,7 \pm 0,4$
4	к	29,2	$25,7 \pm 1,1$	33,4	$22,4 \pm 0,8$	28,2	$18,1 \pm 0,8$	27,4	$17,9 \pm 0,4$	26,8	$17,8 \pm 0,4$
	Об.			28,6	$23,4 \pm 0,6$	26,4	$20,8 \pm 0,7$	23,2	$19,2 \pm 0,5$	22,1	$19,1 \pm 0,5$
	Об. + пл.			23,4	$22,9 \pm 0,5$	21,5	$21,8 \pm 0,5$	19,2	$20,7 \pm 0,9$	13,4	$16,0 \pm 0,4$

Важное значение для получения высококачественной льнотресты имеет ее равномерность по цвету — как по длине стеблей, так и по толщине ленты.

Данные (табл. 3) свидетельствуют о том, что хотя неравномерность по цвету снижается во всех вариантах по ходу вылежки льнотресты, но полностью однородного (серого) цвета и по длине стеблей, и по толщине ленты льнотреста достигает в варианте с плющением комлевой части стеблей при урожайности льносоломы как 2 т/га, так и 4 т/га.

Именно однородность по цвету при приемлемом уровне значений прочности привела к получению льнотресты, оцененной самым высоким номером в этом варианте: 2,97, 2,90 (урожайность льносоломы 2 т/га), 3,03, 2,99 (урожайность льносоломы 4 т/га) (табл. 4).

При оценочной обработке льнотресты этого варианта на лабораторном мяльно-трепальном станке СМТ-200М получено высококачественное длинное волокно номера 13,00, 14,00 (урожайность льносоломы 2 т/га), 12,00, 14,00 (урожайность льнотресты 4 т/га) (табл. 5). В то же время волокно, выработанное из льнотресты контрольного варианта, оценено номерами 11,00, 12,00, из льнотресты варианта с оборачиванием ленты — номерами 12,00, 13,00.

Таким образом, исследование однородности физико-механических свойств льнотресты в ходе ее вылежки показало, что наилучших результатов в приготовлении высококачественной льнотресты и длинного волокна, полученного из нее при переработке, обусловленных в том числе повышением уровня однородности свойств, можно

Таблица 3. Неравномерность цвета по длине стеблей и толщине ленты в процессе приготовления льнотресты

Table 3. Uneven color along the length of the stems and the thickness of the ribbon during the preparation of flax

Урожай- ность льно- соломы, т/га	Вариант	Процент содержания стеблей неосновного цвета, %				
		Дата отбора проб				
			26.08	30.08	02.09	06.09
2	контроль	по длине стеблей	20	10	7	3
		по толщине ленты	20	15	7	3
	оборачивание лент	по длине стеблей	10	7	5	2
		по толщине ленты	17	13	5	2
	оборачивание лент + плющение комлевой части стеблей	по длине стеблей	0	0	0	0
		по толщине ленты	5	2	0	0
4	контроль	по длине стеблей	30	15	10	5
		по толщине ленты	25	20	10	5
	оборачивание лент	по длине стеблей	15	10	7	3
		по толщине ленты	20	16	7	4
	оборачивание лент + плющение комлевой части стеблей	по длине стеблей	3	2	0	0
		по толщине ленты	7	3	0	0

Таблица 4. Характеристика качества льнотресты по ГОСТ 24383-89
Треста льняная. Требования при заготовках

Table 4. Quality characteristics of flax trestles according to GOST 24383-89
Linen trestle. Requirements for blanks

Дата отбора проб	Урожайность льно- соломы, т/га	Вариант	Показатели						
			Выход длинного волокна, %	Процентомер длинного волокна, %N	Цвет (показатель)	Поправка по цвету, %N	Процентомер длинного волокна с поправкой по цвету, %N	Номер льнотресты, N	Интерполированный номер льнотресты, N
02.09	2	к	26,0	260	2,5	8	252	2,50	2,87
		об.	28,6	286	2,5	12	274	2,50	2,87
		об. + пл.	28,6	286	3,0	0	286	2,50	2,97
	4	к	26,2	262	3,0	0	262	2,50	2,77
		Об.	27,2	272	2,9	8	264	2,50	2,78
		об. + пл.	29,2	292	3,0	0	292	3,00	3,03
06.09	2	к	28,6	286	2,6	11	275	2,50	2,87
		об.	28,2	282	2,7	10	272	2,50	2,85
		об. + пл.	28,6	286	2,9	8	278	2,50	2,90
	4	к	25,3	253	2,5	8	245	2,50	2,63
		об.	28,9	289	2,7	10	279	2,50	2,91
		об. + пл.	29,9	299	2,8	10	289	2,50	2,99

Примечание: термин в 5-м и 8-м столбцах — процентомера (табл. 4).

Таблица 5. Характеристика качества длинного волокна по ГОСТ Р 53484-2022 Лен трепаный. Технические условия

Table 5. Characteristics of the quality of long fiber according to GOST R 53484-2022 Frayed flax. Technical specification

Дата отбора проб	Урожайность льносоломы, т/га	Вариант	Показатели					
			Горстевая длина, см	Цвет (показатель)	Гибкость, мм	Прочность, даН	Номер волокна расчетный, N _p	Номер трепаного льна, N _t
02.09.	2	к	70	4,0	51	15	12,40	12,00
		об.	74	4,3	60	10	12,73	13,00
		об. + пл.	81	4,4	65	13	13,55	14,00
	4	к	65	4,0	51	11	11,43	11,00
		об.	67	4,0	51	12	11,89	12,00
		об. + пл.	67	4,0	49	13	11,89	12,00
06.09	2	к	75	4,0	44	13	12,20	12,00
		об.	69	4,0	48	13	11,98	12,00
		об. + пл.	75	4,2	52	12	13,04	13,00
	4	к	70	4,0	51	15	12,40	12,00
		об.	82	4,6	59	14	13,58	14,00
		об. + пл.	77	4,6	60	15	13,60	14,00

достичь применением комплекса агротехнических приемов оборачивания ленты с плющением комлевой части стеблей. Особенно это эффективно при большой толщине ленты, зависящей от урожайности льносоломы.

Выводы/Conclusions

Изучена динамика изменения уровня значений отделяемости волокна от древесины и прочности стеблей в процессе приготовления льнотресты. При урожайности льносоломы 2 т/га показатель отделяемости в контрольном варианте увеличился с 3,4 до 7,8 ед., в варианте с оборачиванием лент — до 7,9, в варианте с оборачиванием и плющением комлевой части стеблей — до 8,5. При урожайности льносоломы 4 т/га в тех же вариантах отделяемость изменялась от 3,2 до 7,3, 7,4 и 7,8 ед. Снижение средней прочности за период вылежки льнотресты в этих же вариантах было следующим: с 26,2 до 14,1, 15,7, 15,0 даН (урожайность льносоломы 2 т/га), с 25,7 до 16,0, 17,8, 19,01 даН (урожайность льносоломы 4 т/га).

Самая высокая однородность по свойствам в процессе приготовления льнотресты наблюдалась в варианте с применением оборачивания лент и плющением комлевой части стеблей. Коэффициент вариации по отделяемости был равен в начале процесса 10,6; 46,2%, в конце — 4,2, 5,0%; по прочности — 24,6, 23,4% и 10,8, 13,4% при урожайности льносоломы 2 т/га и 4 т/га.

Установлено, что неравномерность цвета по длине стеблей и толщине ленты, определяемая по процентному содержанию стеблей неосновного цвета в пробе, в процессе приготовления льнотресты в начале вылежки была самой большой в контроле — как при урожайности льносоломы 2 т/га (20%), так и при 4 т/га (25%), в варианте с оборачиванием лент при той же урожайности — 17–20 %, в варианте с оборачиванием и плющением комлевой части стеблей — 5,0 и 7,0 соответственно.

При готовности льнотресты к подъему цвет льнотресты в варианте с плющением стеблей стал полностью однородным — серым. Содержание стеблей неосновного цвета в других вариантах сократилось до 4–10% в зависимости от урожайности льносоломы.

Подтверждена важная роль однородности физико-механических свойств наряду с уровнем их значений в процессе приготовления высококачественной льнотресты.

Эффективность приемов оборачивания с плющением комлевой части стеблей в первую очередь обеспечивается достижением льнотрестой в ходе вылежки однородного цвета при сохранении прочности на уровне, достаточном для дальнейшей ее переработки. Однородность цвета стеблей в этом варианте, как по толщине ленты, так и по длине стеблей, при различной урожайности льносоломы обусловила повышение качества льнотресты и полученного из нее при оценочной обработке длинного волокна.

При урожайности льносоломы 2 т/га льнотреста в варианте с оборачиванием и плющением комлевой части стеблей оценена номером 2,97, 4 т/га — 3,03, длинное волокно, соответственно, номерами 14,00 и 12,00. Льнотреста в лентах без применения агротехнических приемов, а также с применением только оборачивания при готовности к подъему имела более низкое качество — от 2,67 до 2,78, длинное волокно — от 11,00 до 13,00.

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 Министерства науки и высшего образования Федерального научного центра лубяных культур по теме FGSS-2024-0005.

FUNDING

Research carried out within the framework of the State assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Federal Scientific Center for Bast Crops on the topic FGSS-2024-0005.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пучков Е.М., Ушаповский И.В., Попов Р.А. Перспективы развития льняного подкомплекса Российской Федерации на примере Тверской области. *Техника и оборудование для села*. 2022; (8): 2–5. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-8-2-5>
2. Виноградова Т.А., Кудряшова Т.А., Козьякова Н.Н. Характеристика сортов льна-долгунца различной селекции по комплексу признаков технологической ценности льносырья. *Достижения науки и техники АПК*. 2021; 35(5): 33–39. <https://elibrary.ru/ywfsns>
3. Гриц Н.В., Диченский А.В., Пролетова Н.В., Удотов А.Ю. Применение элементов информационно-аналитической системы управления растениеводством для обеспечения ресурсосберегающего производства семян льна в условиях Тверской области. *Аграрная наука*. 2022; (7–8): 126–131. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-126-131>
4. Мельников А.Б., Сидоренко В.В., Михайлушкин П.В. Приоритеты аграрной политики России. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2019; (5): 74–77. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-15090>
5. Долгова И.М., Субаева А.К., Низамутдинов М.М., Мавлиева Л.М., Амирова Э.Ф. Развитие сельского хозяйства в условиях неоиндустриализации. *Аграрная наука*. 2023; (3): 122–127. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-122-127>
6. Басова Н.В., Новиков Э.В. Особенности реализации государственной поддержки льна и технической конопли в Российской Федерации. *АПК: экономика, управление*. 2024; (8): 90–96. <https://doi.org/10.33305/248-90>
7. Мухин В.В. Технология получения высококачественной льнопродукции. *Достижения науки и техники АПК*. 2005; (10): 20–21.
8. Мухин В.В., Боярченкова М.М., Дубкова И.А. Зависимость качества льняной тресты, волокна, котонина от сроков уборки и степени вылежки льна-долгунца. *Достижения науки и техники АПК*. 2002; (7): 14–15.
9. Сизов И.В., Елисеев Ю.В., Виноградов А.В., Фетисов П.Н. Оценка качества приготовления тресты при раздельной уборке льна. *Проблемы и перспективы развития науки и образования. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Тверь: Тверская ГСХА. 2023; 365–366. <https://elibrary.ru/pqjfls>
10. Богдан В.З., Богдан Т.М., Иванов С.А., Литарная М.А. Оптимизация сроков уборки тресты — основа сохранения качества льноволокна. *Земледелие и защита растений*. 2018; (4): 21–23.
11. Савельев Н.С., Голуб И.А., Рошка Г.В. Влияние урожая льносеялки, оборачивания и степени вылежки льнотресты на качество льноволокна и его технологические характеристики. *Земледелие и защита растений*. 2015; (2): 60–64. <https://elibrary.ru/pxoltp>
12. Рожмина Т.А., Рыжов А.И., Голубева Л.М., Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А. Использование биологического потенциала льна для повышения качества волокна и расширения сфер его использования. *Технологии XXI века в пищевой, перерабатывающей и легкой промышленности*. 2012; 6(1): 12. <https://elibrary.ru/plrfix>
13. Виноградова Т.А., Кудряшова Т.А., Козьякова Н.Н. Оценка сортов льна-долгунца по однородности качества длинного волокна при переработке льносырья. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022; (3): 89–96. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-3-89-96>
14. Перов М.Г. Анализ состояния и пути повышения качества льнотресты. *Наука в Центральной России*. 2022; (4): 53–61. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-4-53-61>
15. Алисевиц С.О., Соколов Л.Е., Коган А.Г. Исследование влияния условий возделывания льна-долгунца на качественные показатели льнотресты и результаты ее механической обработки. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2013; (2): 7–12. <https://elibrary.ru/rroyocp>
16. Рожмина Т.А., Голубева Л.М., Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А. Внутривидовое разнообразие мировой коллекции льна-долгунца по признаку «декоративная способность стебля». *Научные разработки селекцентра — льноводству. Результаты научных исследований по льну-долгунцу и льну масличному научно-исследовательских учреждений селекцентра за 2012–2001 годы*. Тверь: Тверской государственный университет. 2013; 24–25.

FUNDING

1. Puchkov E.M., Ushchapovsky I.V., Popov R.A. Prospects for the development of the linen subcomplex of the Russian Federation on the example of the Tver region. *Machinery and equipment for rural area*. 2022; (8): 2–5 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-8-2-5>
2. Vinogradova T.A., Kudryashova T.A., Kozyakova N.N. Characteristics of fibre flax varieties of different breeding according to the complex of traits of the technological value of flax raw materials. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2021; 35(5): 33–39 (in Russian). <https://elibrary.ru/ywfsns>
3. Grits N.V., Dichensky A.V., Proletova N.V., Udotov A.Yu. Application of elements of the information and analytical system of crop management to ensure resource-saving production of flax seeds in the Tver region. *Agrarian science*. 2022; (7–8): 126–131 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-126-131>
4. Melnikov A.B., Sidorenko V.V., Mikhaylushkin P.V. Priorities of agrarian policy of Russia. *International agricultural journal*. 2019; (5): 74–77 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-15090>
5. Dolgova I.M., Subaeva A.K., Nizamutdinov M.M., Mavlieva L.M., Amirova E.F. Development of agriculture in the conditions of neoindustrialization. *Agrarian science*. 2023; (3): 122–127 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-122-127>
6. Basova N.V., Novikov E.V. Features of the implementation of state support for flax and technical hemp in the Russian Federation. *AIC: economics, management*. 2024; (8): 90–96 (in Russian). <https://doi.org/10.33305/248-90>
7. Mukhin V.V. Technology of obtaining high-quality flax products. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2005; (10): 20–21 (in Russian)
8. Mukhin V.V., Boyarchenkova M.M., Dubkova I.A. The dependence of the quality of flax bark, fiber, cottonine on the timing of harvesting and the degree of aging of flax. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2002; (7): 14–15 (in Russian)
9. Sizov I.V., Eliseev Yu.V., Vinogradov A.V., Fetisov P.N. Evaluation of the quality of trest preparation during separate harvesting of flax. *Problems and prospects of science and education development. Collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference*. Tver: Tver State Agricultural Academy. 2023; 365–366 (in Russian). <https://elibrary.ru/pqjfls>
10. Bogdan V.Z., Bogdan T.M., Ivanov S.A., Litarnaya M.A. Optimization of flax stock harvesting — the basis for preserving the quality of fiber flax. *Crop Farming and Plant Growing*. 2018; (4): 21–23 (in Russian).
11. Savelyev N.S., Golub I.A., Roshka G.V. Flax straw yield, turning over and a degree of flax straw seasoning influence on flax fibre quality and its technical characteristics. *Crop Farming and Plant Growing*. 2015; (2): 60–64 (in Russian). <https://elibrary.ru/pxoltp>
12. Rozhmina T.A., Ryzhov A.I., Golubeva L.M., Kudryashova T.A., Vinogradova T.A. Use of biological potential of flax for improvement of quality of fiber and expansion of spheres of its use. *Tekhnologii XXI veka v pishchevoy, pererabatyvayushchey i legkoy promyshlennosti*. 2012; 6(1): 12 (in Russian). <https://elibrary.ru/plrfix>
13. Vinogradova T.A., Kudryashova T.A., Kozyakova N.N. Evaluation of fibre flax varieties by quality uniformity of long fiber when processing flax straw. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2022; (3): 89–96 (in Russian). <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-3-89-96>
14. Perov M.G. Analysis of the state and ways to improve the quality of flax. *Science in the Central Russia*. 2022; (4): 53–61 (in Russian). <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-4-53-61>
15. Aliseevich S.O., Sokolov L.E., Kogan A.G. Research of the influence of flax growth conditions on the quality properties of flax straw and the results of its processing. *Bulletin of Vitebsk State Technological University*. 2013; (2): 7–12 (in Russian). <https://elibrary.ru/rroyocp>
16. Rozhmina T.A., Golubeva L.M., Kudryashova T.A., Vinogradova T.A. Intraspecific diversity of the world collection of long flax on the basis of the “decorative ability of the stem”. *Scientific developments of the breeding center for flax production. The results of scientific research on flax and oilseed flax of scientific research institutions of the breeding center for 2001–2012*. Tver: Tver State University. 2013; 24–25 (in Russian).

17. Сизов И.В., Пак Л.Н., Белякова Е.С. Оценка качества тресты при раздельной технологии уборки льна-долгунца. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023; 17(2): 49–54. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-2-49-54>

18. Гракун В.В. и др. Система организационно-технологических мероприятий производства льнопродукции в условиях Республики Беларусь. В.Г. Гусаков (ред.). *Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь*. Минск: Беларуская навука. 2020; 461–475. <https://elibrary.ru/tysszj>

19. Зинцов А.Н., Добрецов В.А., Соколов В.Н. Особенности плющения стеблей при двухфазной технологии уборки льна-долгунца. *Тракторы и сельхозмашины*. 2022; 89(3): 215–222. <https://doi.org/10.17816/0321-4443-106770>

20. Степанова Н.В., Чирик Д.П. Особенности приготовления и переработки стланцевой тресты после процесса плющения стеблей льна-долгунца. *Технические культуры*. 2024; 4(4): 51–57. <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2024.50.30.007>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Александровна Виноградова

старший научный сотрудник
лаборатории агротехнологий
info.trk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8272-0524>

Тамара Александровна Кудряшова

кандидат технических наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории агротехнологий
einfo.trk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2090-734x>,

Наталья Николаевна Козьякова

научный сотрудник лаборатории агротехнологий
info.trk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9220-5908>

Федеральный научный центр лубяных культур,
Комсомольский пр-т, 17/56, Тверь, 170041, Россия

17. Sizov I.V., Pak L.N., Belyakova E.S. Evaluation of Straw Flax Preparation Quality in the Framework of Separate Flax Harvesting Technology. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023; 17(2): 49–54 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-2-49-54>

18. Grakun V.V. et al. The system of organizational and technological measures for flax production in the Republic of Belarus. V.G. Gusakov (ed.). *Scientific systems of agriculture of the Republic of Belarus*. Minsk: *Belaruskaya navuka*. 2020; 461–475 (in Russian). <https://elibrary.ru/tysszj>

19. Zintsov A.N., Dobretsov V.A., Sokolov V.N. Peculiarities of stems flattening at two-phase fiber flax harvesting technology. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2022; 89(3): 215–222 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/0321-4443-106770>

20. Stepanova N.V., Chirik D.P. Features of preparation and processing of millet trest after the process of flattening flax stalks. *Technical crops*. 2024; 4(4): 51–57 (in Russian). <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2024.50.30.007>

ABOUT THE AUTHORS

Tatiana Alekhandrovna Vinogradova

Senior Researcher at the Laboratory
of Agricultural Technologies
info.trk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8272-0524>

Tamara Alexandrovna Kudryashova

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
at the Laboratory of Agricultural Technologies
info.trk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2090-734x>,

Natalya Nikolaevna Kozyakova

Researcher at the Laboratory of Agricultural Technologies
info.trk@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9220-5908>

Federal Scientific Center for Bast Crops,
17/56 Komsomolsky Ave., Tver, 170041, Russia



Н.В. Пролётова ✉

Л.П. Кудрявцева

Федеральный научный центр
лубяных культур, Тверь, Россия

✉ science.trk@fncl.ru

Поступила в редакцию: 04.02.2025

Одобрена после рецензирования: 12.03.2025

Принята к публикации: 26.03.2025

© Пролётова Н.В., Кудрявцева Л.П.



Natalia V. Proletova ✉

Lyudmila P. Kudryavtseva

Federal Research Center for Bast
Fiber Crops, Tver, Russia

✉ science.trk@fncl.ru

Received by the editorial office: 04.02.2025

Accepted in revised: 12.03.2025

Accepted for publication: 26.03.2025

© Proletova N.V., Kudryavtseva L.P.

Особенности роста и развития штаммов гриба — возбудителя антракноза льна (*Colletotrichum lini*) в условиях *in vitro*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Среди болезней, ежегодно причиняющих значительный ущерб льноводству, особенно вредоносным в последние годы является антракноз. Наиболее серьезные последствия этого заболевания наблюдаются в случае поражения всходов льна, которые могут погибнуть частично или полностью.

Методы. Исследования в условиях *in vitro*. Объекты исследований — штаммы возбудителя антракноза льна *Colletotrichum lini* Manns et Bolley 848, 850 — сильновирulentные, 855 — средневирulentный, 853 — слабовирulentный, линии и сорта льна, восприимчивые к антракнозу.

Результаты. У исследуемых штаммов возбудителя антракноза льна на 7-е сутки на питательной среде Sh-2, на 8–10-е сутки — на среде MS визуально просматривались единичные конидии, которые к 14-м суткам культивирования на среде Sh-2, к 15–16-м суткам — на среде MS образовывали желеобразную биомассу. К 40-м суткам на обеих средах мицелий приобрел плотную консистенцию, обозначились опушенные колонии различного цвета. Выявлено, что интенсивность роста гриба и наращивание биомассы не зависели от вирулентности штамма. На питательной среде MS наиболее интенсивным приростом биомассы с 14-х по 40-е сутки обладал слабовирulentный штамм 853 (25,5%), наименьшим — сильновирulentный штамм 850 (14,6%). На питательной среде Sh-2 наиболее интенсивным приростом биомассы с 14-х по 40-е сутки обладал слабовирulentный штамм 853 (57,8%), наименьшим — сильновирulentный штамм 848 (36,2%). Токсичность культуральных фильтратов не зависела от вирулентности используемых штаммов и среды культивирования штаммов, тогда как интенсивность роста и токсичность культуральных фильтратов были зависимы. Культуральный фильтрат медленнорастущего сильновирulentного 850 штамма был токсичен менее других.

Ключевые слова: лен-долгунец, устойчивость, антракноз, культуральный фильтрат, штамм, возбудитель, сорт, линия, незрелый зародыш

Для цитирования: Пролётова Н.В., Кудрявцева Л.П. Особенности роста и развития штаммов гриба — возбудителя антракноза льна (*Colletotrichum lini*) в условиях *in vitro*. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 137–144.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-137-144>

Peculiarities of growth and development of strains of the fungus — the causative agent of flax anthracnose (*Colletotrichum lini*) *in vitro*

ABSTRACT

Relevance. Among the diseases that annually cause significant damage to flax growing, anthracnose has been especially harmful in recent years. The most serious consequences of this disease are observed in the case of damage to flax seedlings, which can die partially or completely.

Methods. *In vitro* studies. The objects of the study were strains of the causative agent of flax anthracnose *Colletotrichum lini* Manns et Bolley 848, 850 — highly virulent, 855 — moderately virulent, 853 — weakly virulent, flax lines and varieties susceptible to anthracnose.

Results. In the studied strains of the flax anthracnose pathogen, single conidia were visually visible on the 7th day on the Sh-2 nutrient medium, on the 8th–10th day on the MS medium, which formed a jelly-like biomass by the 14th day of cultivation on the Sh-2 medium, and by the 15th–16th day on the MS medium. By the 40th day, mycelium acquired a dense consistency on both media, and pubescent colonies of various colors appeared. It was revealed that the growth rate of the fungus and the build-up of biomass did not depend on the virulence of the strain. On the MS nutrient medium, the weakly virulent strain 853 (25.5%) had the most intense increase in biomass from the 14th to the 40th day, and the strongly virulent strain 850 (14.6%) had the least. On the Sh-2 nutrient medium, the weakly virulent strain 853 (57.8%) had the most intense increase in biomass from the 14th to the 40th day, and the strongly virulent strain 848 (36.2%) had the least. The toxicity of the culture filtrates did not depend on the virulence of the strains used and the culture medium of the strains, whereas the growth rate and toxicity of the culture filtrates were dependent. The culture filtrate of the slow-growing highly virulent 850 strain was less toxic than others.

Key words: flax, resistance, anthracnose, culture filtrate, strain, pathogen, variety, line, immature embryo

For citation: Proletova N.V., Kudryavtseva L.P. Peculiarities of growth and development of strains of the fungus — the causative agent of flax anthracnose (*Colletotrichum lini*) *in vitro*. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 137–144 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-137-144>

Введение/Introduction

Лен — ценная лубяная культура, используется на протяжении более 8000 лет как источник волокна, пищевых продуктов, корма для животных, лекарства. Льняное волокно занимало первое место среди товаров России, предназначенных для экспорта. Льняное масло — источник высокого содержания омега-3, альфа-линоленовой кислоты (55–57%), применяют в борьбе с раком молочной железы, толстой кишки, простаты и щитовидной железы, а также его применение снижает факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний.

В настоящее время Российская Федерация входит в десятку лидеров, производящих льнопродукцию высокого качества [1–4]. В то же время в период вегетации льна многие факторы, как биотические, так и абиотические, негативно влияют на рост и развитие растений льна, что в свою очередь приводит к гибели посевов и снижению урожайности и качества волокна и семян.

Одним из факторов, отрицательно влияющих на получение качественной льнопродукции, являются болезни, которые проявляются на посевах льна из года в год. Особую вредоносность для растений льна представляют фузариоз, пасмо, антракноз. В зависимости от погодных условий и количества инфицированного семенного материала проявление этих болезней может носить эпифитотийный характер [2–5].

Антракноз (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley) в последние годы проявляется всё чаще, поскольку для посевов из-за рубежа в большом количестве завозят семенной материал, зараженный этим возбудителем. Современные сорта льна неустойчивы к заболеванию, поэтому поражаемость патогеном возрастает в разы. Симптомы заболевания проявляются уже на всходах льна. При этом происходит полная или частичная их гибель. Соответственно, повреждение посевов влечет за собой снижение урожайности льнотресты на 30–35%. Волокно, полученное из такой тресты, имеет низкое качество и не может быть использовано или используется крайне ограниченно.

Льносемена, зараженные спорами гриба при обмолоте, сохраняют инфекцию, и в последующем (при благоприятных условиях) патоген вновь проявляется в посевах [2–5]. К сожалению, протравливание семян перед посевом известными в нашей стране препаратами не в полной мере способствует дезинфекции семян. К тому же использование протравителей повышает экологическую нагрузку производства льнопродукции [6].

Селекционные программы в России и Западной Европе направлены на создание устойчивых к болезням и полеганию сортов, а также на создание сортов льна с высоким содержанием масла из семян и высоким выходом волокна.

Селекционерами ФГБНУ ФНЦ ЛК (Федерального научного центра лубяных культур) создаются сорта льна, устойчивые к фузариозу и

ржавчине [1, 7, 8]. Однако постоянно изменяющиеся погодные условия, использование сельхозтоваропроизводителями ежегодно обновляющихся препаратов для борьбы с болезнями вызывают формирование новых, более приспособленных форм и рас патогенов с различным, более агрессивным уровнем проявления этого признака [2, 6, 7]. Поэтому для предотвращения эпифитотий и повышения уровня экологической безопасности селекционерам необходимо постоянно создавать и внедрять в производство новые, устойчивые к болезням сорта сельскохозяйственных культур (и льна-долгунца в том числе) [1–5, 7, 8].

Помимо классической селекции, использование биотехнологических методов и приемов позволяет с высокой эффективностью создавать *in vitro* новые, устойчивые к различным стрессовым факторам генотипы растений [9–12]. Создание селективных систем *in vitro* «сельскохозяйственная культура — патоген», имитирующих инфекционный или провокационный фон для получения новых форм растений, устойчивых к патогену, является актуальным направлением исследований. При этом обеспечивается проявление генов устойчивости, заложенных в растениях, и создается возможность отбора нужных вариантов клеток, уменьшаются физические объемы экспериментального материала, трудозатраты и сокращаются сроки создания новых высокопродуктивных сортов [13–16].

Для создания селективной системы *in vitro* необходимо иметь надежный селективный агент. В частности, при создании селективной системы «гриб *Colletotrichum lini* — лен» селективным агентом является культуральный фильтрат штаммов гриба — возбудителя антракноза льна [15]. Чтобы выбранный селективный фактор был надежным, необходимо провести изучение исходных штаммов патогена, взятых в исследования, что и являлось целью данных исследований.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Проведение исследований по изучению штаммов возбудителя антракноза льна (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley) осуществляли в лабораторных условиях на базе лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (г. Торжок, Тверская обл.) в 2024 году.

Объектом исследований служили штаммы патогена (сильновирulentные — 848 и 850, средневирulentный — 855, слабовирulentный — 853), а также линии и сорта льна Феникс, Импульс, Лидер, Л-2053-5-11, Л-2053-6-10 селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК, восприимчивые к антракнозу и различающиеся географической удаленностью. Сорта Пенджаб и Леона служили стандартами по устойчивости к антракнозу (Пенджаб — сильно-восприимчивый к болезни, Леона — устойчивый к

патогену). Их использовали при определении токсичности культуральных фильтратов.

Штаммы патогена отобраны из «Коллекции микроорганизмов — возбудителей болезней льна» (г. Торжок, ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК). Используемые штаммы патогена были выделены из остатков растений и льносемян льна-долгунца в 2021–2022 годах и подбирались исходя из их жизнеспособности и культуральных особенностей (интенсивность спороношения, вирулентность) (рис. 1).

Количество штаммов, взятых в исследование, обусловлено их соотношением в инфекционно-провокационном питомнике — 50% сильновирulentных и по 25% средне- и слабовирulentных.

Для определения культурально-морфологических признаков штаммов гриба 848, 850, 853, 855 — возбудителя антракноза льна чистую культуру патогена, предварительно выделенную из семян и растительных остатков льна, культивировали в чашках Петри на среде Чапека [17]. На 14-е сутки с момента культивирования определяли культурально-морфологические признаки штаммов: среднюю длину и ширину конидий, окраску колоний, интенсивность спороношения, темпы роста, вирулентность.

Для получения культурального фильтрата исследуемые штаммы возбудителя культивировали на жидких питательных средах Sh-2, MS (табл. 1), не содержащих регуляторы роста, витамины, аминокислоты, согласно методическим рекомендациям¹. Среда готовили на основе концентратов, разливали по колбам объемом 1 л с объемом среды в них 0,5 л. Кусочки штаммов размером 10 x 10 мм², вырезанных из колоний, растущих на среде Чапека, помещали в колбы на поверхность питательной среды, изолировали крышками из фольги и культивировали в течение 40 суток.

На 7-е и 14-е сутки культивирования штаммов на жидких питательных средах, а на 14-е сутки — на агаризованной среде Чапека определяли

интенсивность спороношения штаммов антракноза в капле дистиллированной воды с помощью камеры Горяева под микроскопом МБИ-6 с ахроматическим объективом 10 x 0,30 согласно методическим указаниям по фитопатологическим работам со льном-долгунцом².

Расчет концентрации спор патогена в 1 мл проводили по формуле:

$$C = (N/20) \times 10^6,$$

где N — количество конидий в поле зрения микроскопа в камере Горяева, C — концентрация.

Определение биомассы используемых штаммов возбудителя антракноза (848, 850, 853, 855), растущих на жидких питательных средах Sh-2, MS, проводили путем взвешивания колб с грибами на лабораторных весах ВЛКТ-500 (1987 г., Россия) на 7-е, 14-е, 28-е, 32-е, 40-е сутки.

Биомассу штаммов рассчитывали по формуле:

$$X = A - B,$$

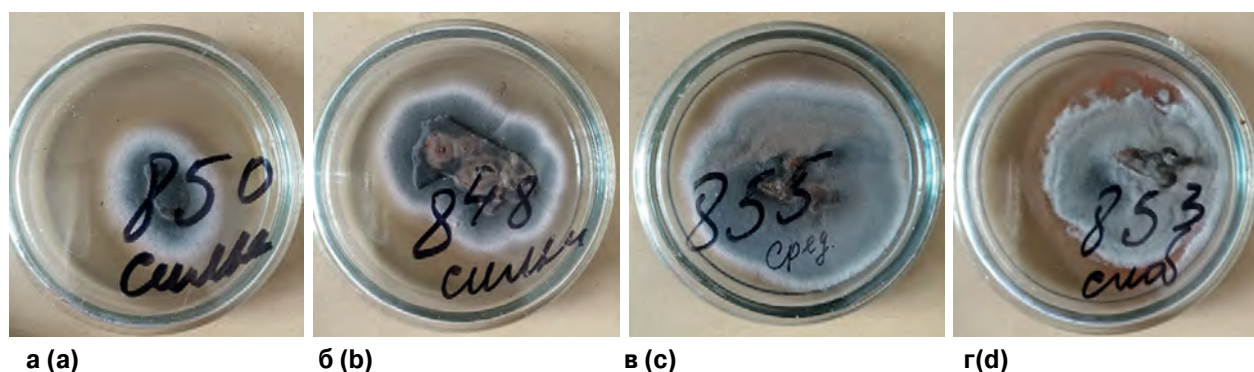
где x — масса мицелия, A — вес колбы с мицелием в день определения биомассы, B — первичный вес колбы с кусочком мицелия (в день культивирования).

Культуральный фильтрат штаммов гриба с целью дальнейшего использования его в качестве селективного агента готовили путем отделения биомассы гриба от среды, на которой он развивался, через фильтровальную бумагу, разливали порционно в колбы объемом 100–200 мл, хранили в морозильной камере холодильника при температуре -6–8 °С.

Определение токсичности культуральных фильтратов, полученных на различных питательных средах, проводили по методике Л.Н. Курчаковой³.

Рис. 1. Штаммы гриба — возбудителя антракноза льна, используемые в исследованиях: а — 850 сильновирulentный, б — 848 сильновирulentный, в — 855 средневирulentный, г — 853 слабовирulentный. Фото авторов

Fig. 1. Strains of the fungus — the causative agent of flax anthracnose, used in research: а — 850 highly virulent, б — 848 highly virulent, в — 855 moderately virulent, г — 853 weakly virulent. Author's photo



¹ Методы создания *in vitro* растений-регенерантов льна-долгунца, устойчивых к антракнозу *Colletotrichum lini* Manns et Bolley и токсичным ионам алюминия. Методические рекомендации. Тверь. 2014; 18.

² Методические указания по фитопатологическим работам со льном-долгунцом. М.: РАСХН. 2000; 35.

³ Курчакова Л.Н. Методика получения культуральных фильтратов гриба *Fusarium oxysporum* и *F. semitectum* и их применение в культуре *in vitro* для получения фузариозоустойчивых форм льна-долгунца // Сборник трудов ВНИИЛ. 1994; 28–29: 125–130.

Для этого семена сорта Леона, устойчивого к антракнозу, и восприимчивого сорта Пенджаб раскладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную культуральным фильтратом по 10 мл/чашку. Количество семян — по 100 шт/чашку в 3-кратной повторности. Подсчет проросших семян и поражение патогеном (загнивание и отмирание кончика корешка у проросшего семени, утолщение его) проводили на 7-е сутки с момента культивирования.

Для проведения селекции *in vitro* готовили селективную среду, состоящую из компонентов питательной среды Sh-2 и культурального фильтрата штаммов возбудителя антракноза в концентрациях 36, 40 и 44 мл/л путем смешивания компонентов питательной среды и культуральных фильтратов штаммов, взятых в равных концентрациях (по 9 мл/л) для достижения концентрации 36 мл/л, по 10 мл/л — концентрации 40 мл/л, по 11 мл/л — концентрации 44 мл/л.

Незрелые зародыши сортов и линий льна-долгунца Феникс, Импульс, Лидер, Л-2053-5-11,

Л-2053-6-10, изолированные из коробочек льна на 10-е сутки с момента опыления, культивировали на селективных средах. Отбор морфогенных клеток, сформированных в селективных условиях, проводили через 30 суток с момента культивирования. Морфогенный каллус переносили на свежие среды через 25–30 суток в течение 3–4 пассажей. Отбор прекращали после формирования в морфогенных участках побегов.

Ошибку выборочной доли Sp — меру отклонения доли признака выборочной совокупности P его по всей генеральной совокупности V — вычисляли по формуле:

$$Sp = Vp \times g / n,$$

где p и g — выборочные доли признака, выраженные в частях единицы или процентах, n — объем выборки.

Вероятность встретить p (или g) в интервале $p \pm Sp$ составляет 68%, в интервале $p \pm 2Sp$ — около 95%⁴.

Таблица 1. Состав питательных сред, используемых в исследованиях

Table 1. Composition of nutrient media used in research

Компоненты среды	Наименование питательной среды	
	Мурасиге — Скуга ⁵ (модифицированная)	Sh-2 ⁶ (модифицированная)
NH ₄ NO ₃	1650	1650
KNO ₃	1900	1900
KH ₂ PO ₄	170	170
CaCl ₂ × 2H ₂ O (6 H ₂ O)		435
MgSO ₄ × 7H ₂ O	370	370
MnSO ₄ × 4H ₂ O	33,6	22,3
H ₃ BO ₃	62	6,2
ZnSO ₄ × 7H ₂ O	15,0	8,6
KJ	0,83	0,75
CuSO ₄ × 5H ₂ O	0,025	0,025
Na ₂ MoO ₄ × 2H ₂ O	0,5	0,25
CoCl ₂ × 6H ₂ O	0,025	0,025
Сахароза	30 000	30 000
Агар	8000	8000
pH	5,6–5,8	5,6–5,8

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для проведения исследований первоначально необходимо было определить культурально-морфологические признаки выбранных штаммов возбудителя антракноза. С этой целью штаммы культивировали на среде Чапека. По мере роста и развития штаммов проводили визуальные наблюдения, а на 14-е сутки определяли культурально-морфологические признаки используемых штаммов.

Анализ таблицы 2 показал, что штаммы различались не только по вирулентности, но и по форме и длине конидий, интенсивности спороношения и темпам роста. В отличие от 848, 850, 855 штаммов со слегка изогнутой формой конидий, у штамма 853 она была прямая.

Наибольшей длиной конидий обладал штамм 848 (19,9 м), наименьшей — штамм 855 (12,4 м). По ширине конидий наибольшие параметры имел штамм 848 (4,2 м),

Таблица 2. Культурально-морфологические признаки штаммов возбудителя антракноза льна. 2024 г.

Table 2. Cultural and morphological characteristics of strains of the causative agent of flax anthracnose. 2024

№ штамма	Форма конидий	Средняя длина конидий м	Средняя ширина конидий м	Доминирующая окраска колоний	Интенсивность спороношения, тыс. спор в 1 мл	Темпы роста	Вирулентность штаммов (степень развития болезни, %)	
							Леона	Пенджаб
848	слегка изогнутая	19,9	4,2	светло-серая, середина коричневая	23,6 обильная	быстрорастущий	75,0	100
850	слегка изогнутая	18,7	3,0	серая, середина коричневая	18,2 обильная	медленнорастущий	50,0	100
853	прямая	15,7	1,2	светло-серая	28,3 обильная	быстрорастущий	0	4,5
855	слегка изогнутая	12,4	1,4	светло-серая	34,5 обильная	быстрорастущий	50,0	75,0

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. (доп. и перераб.). М.: Агропромиздат. 1985; 351: илл.

⁵ Сельскохозяйственная биотехнология: учебник / В.С. Шевелуха, Е.А. Калашникова, С.В. Дегтярев и др.: Под ред. В.С. Шевелухи. М.: Высшая школа. 1998; 416 (с. 13–14).

⁶ Поляков А.В., Пролетова Н.В. Питательная среда для культивирования пыльников льна. Патент на изобретение RU 2120741 С1, 27.10.1998. Заявка от 27.06.1996 № 96112871/13.

наименьшие — 853 1,2 μ). В основном все штаммы на 14-е сутки имели светло-серую окраску конидий, однако у сильновирulentных штаммов 848 и 850 в центре колонии проявлялась коричневая окраска. Все штаммы (кроме 850) были быстрорастущими и с обильным спороношением. Соответственно, меньшее количество спор образовывал на 14-е сутки штамм 850 — 18,2 тыс. спор в 1 мл. Большее количество спор определялось у штамма 855 — 34,5 тыс. спор в 1 мл.

С целью усовершенствования методики оценки и отбора клеток льна, устойчивых к антракнозу, в условиях *in vitro* на жидких питательных средах Sh-2 и MS проведено культивирование различных по вирулентности штаммов гриба — возбудителя антракноза льна *Colletotrichum lini* Manns et Bolley в течение 40 суток. Для контроля состояния мицелия гриба — возбудителя антракноза проводили измерение массы и, соответственно, прироста ее в динамике.

Визуальные наблюдения показали, что на 7-е сутки на питательной среде Sh-2, а на среде MS — на 8–10-е сутки у штаммов просматривались единичные конидии, которые разрастались, и к 14-м суткам культивирования (на среде Sh-2), к 15–16-м суткам — на среде MS образовывали желеобразную биомассу.

К 40-м суткам культивирования на обеих средах мицелий приобретал плотную консистенцию, обозначились опушенные колонии различного цвета. Так, штамм 855 имел опушение темно-серого цвета, у штаммов 850 и 848 опушение было светло-серым с интенсивным белым цветом по краям, а опушение штамма 853 носило бледно-серый оттенок по всей площади культивирования. У всех штаммов места соприкосновения с колбой, в которой происходили рост и развитие гриба, образовывался розово-оранжевый налет спор, характерный для колоний антракноза.

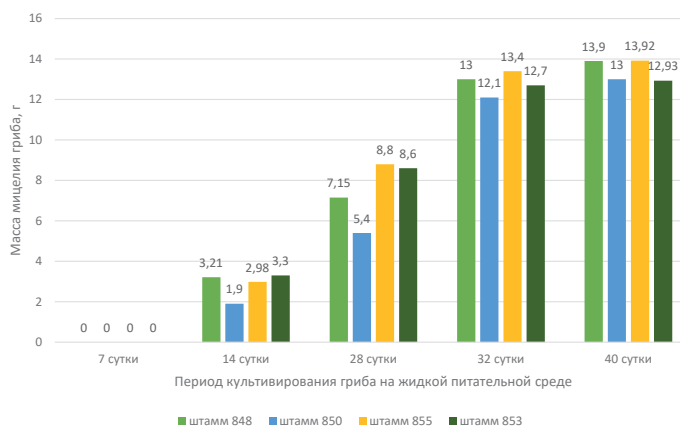
В результате исследований установлено, что культивирование штаммов на жидкой среде MS позволило получить прирост биомассы гриба всех штаммов, взятых в исследования. Желеобразная масса, частично сформированная к 14-м суткам, имела небольшой вес. Наименьшая биомасса (1,9 г) сформировалась у штамма 850, у других штаммов масса была примерно одинаковой (2,98–3,3 г).

Наиболее интенсивно проходил рост штаммов с 28-х по 32-е сутки, когда прирост биомассы составил: 55% — у штамма 848, 44,6% — у штамма 850, 65,7% — у штамма 855, 67,7% — у штамма 853. С 32-х по 40-е сутки биомасса штаммов выросла незначительно (рис. 2).

Анализ результатов показал, что на питательной среде MS наращивание биомассы и интенсивность роста гриба не зависели от вирулентности штамма. В целом наиболее интенсивным

Рис. 2. Изменение массы мицелия гриба — возбудителя антракноза на жидкой питательной среде MS

Fig. 2. Change in the mycelium mass of the fungus — the causative agent of anthracnose on liquid nutrient medium MS



приростом биомассы с 14-х по 40-е сутки обладал слабовирулентный штамм 853 (25,5%), а наименьшим — сильновирulentный штамм 850 (14,6%), что соответствовало их культурально-морфологическим характеристикам: штамм 853 — быстрорастущий, штамм 850 — медленнорастущий.

При культивировании мицелия гриба на жидкой среде Sh-2 было выявлено, что к 14-м суткам штаммы имели небольшую массу. Более разросшимся был мицелий штамма 853 (слабовирулентного) — 7,3 г, масса мицелия остальных штаммов была в пределах 4,6–5,5 г (рис. 3). Наиболее интенсивно рост гриба происходил с 14-х по 28-е сутки. За этот период прирост биомассы составил у штамма 853 66,8%, у штамма 855 — 50,2%, у штамма 850 — 40,2%, у штамма 848 — 48,1%.

К 28-м суткам культивирования все штаммы имели практически одинаковую массу (10,61–11,43 г). К 40-м суткам культивирования наибольшей массой обладал штамм 855 (средневирулентный) — 14,32 г, наименьшей — штамм 850 (сильновирulentный) — 12,2 г. Результаты исследований показали, что и на питательной среде Sh-2 интенсивность роста гриба и наращивание биомассы не зависели от вирулентности штамма. Наибольшим приростом биомассы с 14-х по 40-е сутки обладал слабовирулентный штамм 853 (57,8%), а наименьшим — сильновирulentный штамм 848 (36,2%). По культурально-морфологическим характеристикам оба штамма были быстрорастущие.

На 40-е сутки культивирования штаммов возбудителя жидкость отделяли от мицелия с помощью кружков, изготовленных из фильтровальной бумаги. Токсичность полученных культуральных фильтратов определяли по методике Л.Н. Курчаковой путем замачивания семян льна сорта Пенджаб (восприимчивого) и сорта Леона (устойчивого) и проращивания их на фильтровальной бумаге, смоченной культуральным фильтратом, в течение 7 суток.

Рис. 3. Изменение массы мицелия гриба — возбудителя антракноза на жидкой питательной среде Sh-2

Fig. 3. Change in the mycelium mass of the fungus — the causative agent of anthracnose on liquid nutrient medium Sh-2

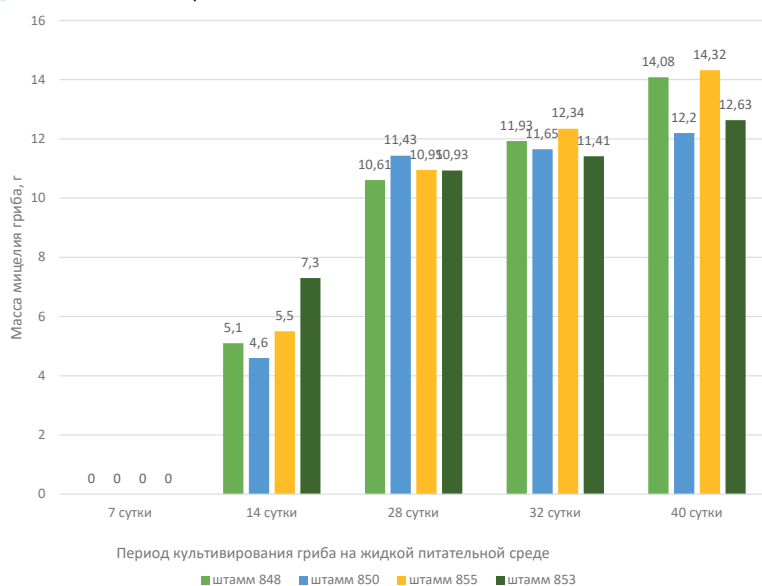


Таблица 3. Токсичность культуральных фильтратов различных штаммов возбудителя антракноза льна на жидких питательных средах

Table 3. Toxicity of culture filtrates of various strains of the flax anthracnose pathogen on liquid nutrient media

Штамм	Среда культивирования	Количество загнивших и отмерших первичных корешков, % $\pm$ Sp	
		Пенджаб	Леона
848 сильновирулентный	Sh-2	88,0 $\pm$ 0,2	66,9 $\pm$ 0,5
	MS	86,5 $\pm$ 0,4	63,9 $\pm$ 0,4
850 сильновирулентный	Sh-2	69,5 $\pm$ 0,5	58,3 $\pm$ 0,8
	MS	68,8 $\pm$ 0,4	55,6 $\pm$ 0,5
855 средневирулентный	Sh-2	86,4 $\pm$ 0,6	67,0 $\pm$ 0,3
	MS	87,2 $\pm$ 0,3	65,7 $\pm$ 0,6
853 слабовирулентный	Sh-2	66,3 $\pm$ 0,6	59,3 $\pm$ 0,6
	MS	67,2 $\pm$ 0,4	58,4 $\pm$ 0,5

Выявлено, что токсичность культуральных фильтратов не зависела от вирулентности вышеуказанных штаммов и среды культивирования штаммов. Однако анализ показал, что интенсивность роста и токсичность культуральных фильтратов зависят. Более токсичными оказались культуральные фильтраты штамма 848 (сильновирулентного) и штамма 855 (средневирулентного), причем независимо от среды культивирования штаммов. Эти штаммы по культурально-морфологическим характеристикам были быстрорастущими.

Проращивание семян сильновосприимчивого сорта Пенжаб и устойчивого сорта Леона на культуральных фильтратах этих штаммов способствовало загниванию и отмиранию, соответственно, 86,4–88,0% и 63,9–67% первичных корешков (табл. 3). Культуральный фильтрат медленно растущего штамма 850 (сильновирулентного) был токсичен менее других.

Культуральные фильтраты сильновирулентных штаммов (848, 850) и слабовирулентного штамма 853 были агрессивными, поскольку количество

загнивших и отмерших первичных корешков у сорта Пенджаб было высоким: 68,8–88,0% — при использовании сильновирулентных штаммов, 66,3–67,2% — при использовании слабовирулентного штамма. Соответственно, количество загнивших и отмерших первичных корешков у сорта Леона при использовании культуральных фильтратов сильновирулентных штаммов составило 55,6–66,9%, слабовирулентного — 58,4–59,3%.

Культуральные фильтраты других штаммов тоже обладали высокой токсичностью независимо от среды культивирования. Поэтому для дальнейших исследований для получения культуральных фильтратов принято решение использовать питательную среду Sh-2 и селективные среды, полученные на ее основе.

На селективной среде, состоящей из компонентов питательной среды Sh-2 и культурального фильтрата штаммов возбудителя антракноза, культивировали незрелые зародыши различных сортов и линий льна-долгунца, различающихся географической отдаленностью.

Для осуществления селекции льна на устойчивость к антракнозу льна в условиях *in vitro* проведены исследования с использованием питательной среды Sh-2 и культурального фильтрата возбудителя антракноза штаммов 848, 850, 855 и 853 с целью адаптирования концентраций культурального фильтрата 36, 40 и 44 мл/л

на первичном и последующем этапах отбора морфогенных клеток.

В результате исследований выявлено, что незрелые зародыши у всех генотипов, включенных в исследования, формируют первичный морфогенный каллус при использовании питательной среды Sh-2 и культурального фильтрата штаммов возбудителя антракноза в вышеуказанных концентрациях. Однако наиболее жизнеспособные морфогенные клетки и в большем количестве формировались у сорта Феникс и линии Л-2053-6-10. Сорта Импульс и Лидер, а также линия Л-2053-5-11 обладали менее выраженной морфогенетической активностью в созданных селективных условиях.

Выводы/Conclusions

В результате исследований выявлено, что у различных штаммов возбудителя антракноза льна визуально просматривались единичные конидии на 7-е сутки на питательной среде Sh-2, на 8–10-е сутки — на среде MS. К 14-м суткам культивирования на среде Sh-2, к 15–16-м

суткам — на среде MS штаммы образовывали желтообразную биомассу. К 40-м суткам культивирования на обеих средах мицелий приобретал плотную консистенцию, обозначились опушенные колонии различного цвета.

Выявлено, что на питательной среде MS наращивание биомассы, интенсивность роста гриба не зависели от вирулентности штамма. Наименее интенсивным приростом биомассы с 14-х по 40-е сутки обладал слабовирулентный штамм 853 (25,5%), а наименьшим — сильновирулентный штамм 850 (14,6%), что соответствовало их культурально-морфологическим характеристикам: штамм 853 — быстрорастущий, штамм 850 — медленнорастущий.

Выявлено, что на питательной среде Sh-2 наращивание биомассы, интенсивность роста гриба

не зависели от вирулентности штамма. Наибольшим приростом биомассы с 14-х по 40-е сутки обладал слабовирулентный штамм 853 (57,8%), а наименьшим — сильновирулентный штамм 848 (36,2%). По культурально-морфологическим характеристикам оба штамма быстрорастущие.

Выявлено, что токсичность культуральных фильтратов не зависела от вирулентности используемых штаммов и среды культивирования штаммов, тогда как интенсивность роста и токсичность культуральных фильтратов зависимы. Более токсичными оказались культуральные фильтраты штамма 848 (сильновирулентного) и штамма 855 (средневирулентного), причем независимо от среды культивирования штаммов. Культуральный фильтрат медленнорастущего штамма 850 (сильновирулентного) был токсичен менее других.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Федерального научного центра лубяных культур по теме № FGSS 2023-0001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Понажев В.П., Козьякова Н.Н. Методы ускоренного создания обновленных семян льна высокого качества в первичном семеноводстве. *Аграрная наука*. 2024; (9): 114–118. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-114-118>
2. Кудрявцева Л.П. Грибная и бактериальная инфекции семян льна. *Аграрная наука*. 2022; (5): 82–86. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-82-86>
3. Голуб И.А. Перспективы возделывания и переработки льна-долгунца в Республике Беларусь. *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. 2017; (3): 91–98. <https://www.elibrary.ru/zeojcf>
4. Rozhmina T., Bankin M., Samsonova A., Kanapin A., Samsonova M. A comprehensive dataset of flax (*Linum uitaissimum* L.) phenotypes. *Data in Brief*. 2021; 37: 107224. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107224>
5. Трабурова Е.А., Рожмина Т.А. Результаты изучения коллекционных образцов льна-долгунца в Центральном регионе Нечерноземной зоны России. *Достижения науки и техники АПК*. 2022; 36(3): 79–84. https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_3_79
6. Кудрявцев Н.А. Испытание фунгицидных обработок семян и посевов льна. *Аграрная наука*. 2023; (8): 98–105. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-98-105>
7. Герасимова Е.Г., Павлова Л.Н., Кудрявцева Л.П., Рожмина Т.А., Пролетова Н.В. Этапы создания нового сорта льна-долгунца с высокими прядильными свойствами. *Кормопроизводство*. 2023; (9): 11–15. <https://www.elibrary.ru/buvajo>
8. Степин А.Д., Рысев М.Н., Рысева Т.А., Уткина С.В., Романова Н.В. Новый раннеспелый сорт льна-долгунца Стриж для условий северо-запада России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(4): 572–580. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.572-580>
9. Шуплетцова О.Н., Огородникова С.Ю., Назарова Я.И. Эффекты неспецифической устойчивости генотипов ячменя, полученных путем клеточной селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020; 181(4): 192–199. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-192-199>
10. Kielkowska A., Adamus A. Peptide Growth Factor Phytosulfokine- α Stimulates Cell Divisions and Enhances Regeneration from *B. oleracea* var. *capitata* L. Protoplast Culture. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019; 38(3): 931–944. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9903-y>
11. Домблидес Е.А., Шмыкова Н.А., Белов С.Н., Коротцева И.Б., Солдатенко А.В. Получение DH-растений огурца (*Cucumis sativus* L.) в культуре неопыленных семян *in vitro*. *Овощи России*. 2019; (6): 3–9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-3-9>
12. Lardon R., Geelen D. Natural Variation in Plant Pluripotency and Regeneration. *Plants*. 2020; 9(10): 1261. <https://doi.org/10.3390/plants9101261>

FUNDING

The research was carried out within the framework of the State task of the Ministry of Science and Higher Education of the Federal Scientific Center of Bast Crops on the topic No. FGSS 2023-0001.

REFERENCES

1. Ponazhev V.P., Kozyakova N.N. Methods for the accelerated creation of updated high-quality flax seeds in primary seed production. *Agrarian science*. 2024; (9): 114–118 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-114-118>
2. Kudryavtseva L.P. Fungal and bacterial infections of flax seeds. *Agrarian science*. 2022; (5): 82–86 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-82-86>
3. Golub I.A. Aspects of cultivation and processing of fiber flax in the Republic of Belarus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, agrarian series*. 2017; (3): 91–98 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zeojcf>
4. Rozhmina T., Bankin M., Samsonova A., Kanapin A., Samsonova M. A comprehensive dataset of flax (*Linum uitaissimum* L.) phenotypes. *Data in Brief*. 2021; 37: 107224. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107224>
5. Traburova E.A., Rozhmina T.A. Examination results of fiber flax samples in the Central region of the Nonchernozem zone of Russia. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2022; 36(3): 79–84 (in Russian). https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_3_79
6. Kudryavtsev N.A. Testing of fungicidal treatments of flax seeds and crops. *Agrarian science*. 2023; (8): 98–105 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-98-105>
7. Gerasimova E.G., Pavlova L.N., Kudryavtseva L.P., Rozhmina T.A., Proletova N.V. The breeding of the new variety of flax with top spinning properties. *Fudder journal*. 2023; (9): 11–15 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/buvajo>
8. Stepin A.D., Rysev M.N., Ryseva T.A., Utkina S.V., Romanova N.V. New early ripe variety of fiber flax Strizh for the conditions of the North-West of Russia. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24(4): 572–580 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.572-580>
9. Shupletsova O.N., Ogorodnikova S.Yu., Nazarova Ya.I. Effects of nonspecific resistance in barley genotypes obtained by cell selection. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(4): 192–199 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-192-199>
10. Kielkowska A., Adamus A. Peptide Growth Factor Phytosulfokine- α Stimulates Cell Divisions and Enhances Regeneration from *B. oleracea* var. *capitata* L. Protoplast Culture. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019; 38(3): 931–944. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9903-y>
11. Domblides E.A., Shmykova N.A., Belov S.N., Korotseva I.B., Soldatenko A.V. DH-plant production in culture of unpollinated ovules *in vitro* of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Vegetable crops of Russia*. 2019; (6): 3–9 (in Russian). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-3-9>
12. Lardon R., Geelen D. Natural Variation in Plant Pluripotency and Regeneration. *Plants*. 2020; 9(10): 1261. <https://doi.org/10.3390/plants9101261>

13. Zaytseva Y.G., Poluboyarova T.V., Novikova T.I. Effects of thidiazuron on *in vitro* morphogenic response of *Rhododendron sichotense* Pojark. and *Rhododendron catawbiense* cv. Grandiflorum leaf explants. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2016; 52(1): 56–63.
<https://doi.org/10.1007/s11627-015-9737-2>

14. Lardon R., Wijnker E., Keurentjes J., Geelen D. The genetic framework of shoot regeneration in *Arabidopsis* comprises master regulators and conditional fine-tuning factors. *Communications Biology*. 2020; 3: 549.
<https://doi.org/10.1038/s42003-020-01274-9>

15. Пролетова Н.В., Зотова В.С. Разнообразие форм льна, полученных при селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу (*Colletotrichum lini*). *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024; (4): 41–49.
<https://www.elibrary.ru/qzhodx>

16. Bidabadi S.S., Jain S.M. Cellular, Molecular, and Physiological Aspects of *in vitro* Plant Regeneration. *Plants*. 2020; 9(6): 702.
<https://doi.org/10.3390/plants9060702>

17. Шарапова И.Э. Влияние состава питательных сред на продуктивность и биологическую активность штамма энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana*. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021; 22(6): 91–927.
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.918-927>

ОБ АВТОРАХ

Наталья Викторовна Пролётова

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом селекционных и биотехнологий
science.trk@fncl.ru

Людмила Платоновна Кудрявцева

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник
l.kudryavtseva.trk@fncl.ru

Федеральный научный центр лубяных культур,
 Комсомольский пр-т, 56/17, Тверь, 172002, Россия

13. Zaytseva Y.G., Poluboyarova T.V., Novikova T.I. Effects of thidiazuron on *in vitro* morphogenic response of *Rhododendron sichotense* Pojark. and *Rhododendron catawbiense* cv. Grandiflorum leaf explants. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2016; 52(1): 56–63.
<https://doi.org/10.1007/s11627-015-9737-2>

14. Lardon R., Wijnker E., Keurentjes J., Geelen D. The genetic framework of shoot regeneration in *Arabidopsis* comprises master regulators and conditional fine-tuning factors. *Communications Biology*. 2020; 3: 549.
<https://doi.org/10.1038/s42003-020-01274-9>

15. Proletova N.V., Zotova V.S. Diversity of flax forms derived through *in vitro* selection for resistance to anthracnose (*Colletotrichum lini*). *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2024; (4): 41–49 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/qzhodx>

16. Bidabadi S.S., Jain S.M. Cellular, Molecular, and Physiological Aspects of *in vitro* Plant Regeneration. *Plants*. 2020; 9(6): 702.
<https://doi.org/10.3390/plants9060702>

17. Sharapova I.E. Influence of the composition of nutrient media on the productivity and biological activity of the strain of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021; 22(6): 918–927 (in Russian).
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.918-927>

ABOUT THE AUTHORS

Natalia Viktorovna Proletova

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher, Head Department of Breeding and Biotechnology
science.trk@fncl.ru

Lyudmila Platonovna Kudryavtseva

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher
l.kudryavtseva.trk@fncl.ru

Federal Scientific Center of Bast Crops,
 17/56 Komsomolsky Ave., Tver, 172002, 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

УДК 631.171

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-145-152

С.С. Юрочка ✉

Д.Ю. Павкин

А.Р. Хакимов

П.С. Бердюгин

С.О. Базаев

Ф.Е. Владимиров

Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ, Москва
Россия

✉ yssvim@yandex.ru

Поступила в редакцию: 28.01.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р.,
Бердюгин П.С., Базаев С.О., Владимиров Ф.Е.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-145-152

Sergey S. Yurochka ✉

Dmitry Yu. Pavkin

Artyom R. Khakimov

Pavel S. Berdyugin

Savr O. Bazaev

Fyodor E. Vladimirov

Federal Scientific Agroengineering
Center VIM, Moscow, Russia

✉ yssvim@yandex.ru

Received by the editorial office: 28.01.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R.,
Berdyugin S.P., Bazaev S.O., Vladimirov F.E.

Оценка применимости трехмерных временнoлетных камер для цифрового мониторинга экстерьера коров

РЕЗЮМЕ

В настоящее время процесс сбора линейных параметров экстерьера коров в основном проводится в ручном режиме, что является трудоемким, сложным и зависимым от навыков ветеринара процессом. Для быстрой и точной бонитировки предлагается разработка интеллектуальной системы бесконтактной цифровой оценки экстерьера крупного рогатого скота, основанной на применении видеокамер и современных технологий анализа изображений. Такой мониторинг позволит проводить диагностику заболеваний и выявлять их на ранней стадии.

Цели исследования — проведение сравнения двух таких камер и определение их применимости в разрабатываемой системе.

Использовались лабораторный стенд с большим числом объектов на заранее известном расстоянии от камер, специально разработанное программное обеспечение для обработки результатов и построения линейной регрессии, связывающей реальное расстояние с измеренным. Была разработана специальная корректировка для уменьшения погрешности камер. В результате определили, что обе камеры такого типа имеют среднюю погрешность ± 5 мм при измерении объектов на расстоянии от 382 до 671 мм, получая снимки с апертурой до $60 \times 45^\circ$ и разрешением до 480×480 пикселей. Был сделан вывод, что погрешность обеих камер является допустимой для оснащения разрабатываемой системы, не превышая 2% на 1 м.

Ключевые слова: корова, экстерьер, бонитировка, цифровой мониторинг, селекция, трехмерная временнoлетная камера

Для цитирования: Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р., Бердюгин П.С., Базаев С.О., Владимиров Ф.Е. Оценка применимости трехмерных временнoлетных камер для цифрового мониторинга экстерьера коров. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 145–152. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-145-152>

Assessing the applicability of 3D time-of-flight cameras for digital monitoring of cow exterior

ABSTRACT

Currently, the process of collecting linear parameters of cow exterior is mainly carried out manually, which is a labor-intensive, complex process that depends on the skills of a veterinarian. For fast and accurate grading, it is proposed to develop an intelligent system for contactless digital assessment of the exterior of cattle based on the use of video cameras and modern image analysis technologies. Such monitoring will also allow for the diagnosis of diseases and their early detection.

The purpose of the study is to compare two such cameras and determine their applicability in the system being developed.

We used a laboratory stand with a large number of objects at a predetermined distance from the cameras, specially developed software for processing the results and constructing a linear regression linking the real distance with the measured one. A special adjustment has been developed to reduce the camera error. As a result, it was determined that both cameras of this type have an average error of ± 5 mm when measuring objects at a distance of 382 to 671 mm, taking images with an aperture of up to $60 \times 45^\circ$ and a resolution of up to 480×480 pixels. It was concluded that the error of both cameras is acceptable for equipping the system under development, not exceeding 2% per 1 m.

Key words: cow, exterior, grading, digital monitoring, 3D time-of-flight camera

For citation: Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Berdyugin S.P., Bazaev S.O., Vladimirov F.E. Assessing the applicability of 3D time-of-flight cameras for digital monitoring of cow exterior. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 145–152 (in Russian).. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-145-152>

Введение/Introduction

Использование цифровых интеллектуальных технологий позволит достичь высоких показателей товарного производства и улучшений в части содержания сельскохозяйственных животных [1]. В России существует значительный потенциал развития сельского хозяйства, но реализовать его можно при условии повышения эффективности производства путем создания и внедрения средств автоматизации, роботизации, цифровых технологий и искусственного интеллекта [2].

Сельскохозяйственное оборудование и техника устарели, более 50% находятся за пределами сроков амортизации и это обуславливает необходимость обновления парка оборудования и машин [3, 4]. Для исправления ситуации в России ведутся научные исследования в тематике создания систем цифровизации молочного и мясного животноводства [5].

Приоритетными направлениями в современной селекции и генетике животных становятся разработка и внедрение систем мониторинга и оптимизации, а также совершенствование методов управления, планирования и прогнозирования в животноводстве. В условиях современных требований к мясному и молочному животноводству особое внимание уделяется повышению продуктивности отрасли [6]. Один из ключевых аспектов в данном контексте — оценка экстерьерных характеристик животных, поскольку они напрямую коррелируют с их продуктивными и репродуктивными качествами [7].

Сбор данных, включая линейные параметры экстерьера, традиционно осуществляется посредством ручного измерения параметров туловища животных. Однако этот процесс, включающий последующую обработку полученных данных, аналитику и прогнозирование, характеризуется значительной трудоемкостью и сложностью, а также подвержен влиянию человеческого фактора [8, 9].

Классические методы бонитировки основываются на визуальном осмотре и ручных измерениях, требующих непосредственного контакта специалиста с животным [10]. При этом оценка экстерьера, проводимая с использованием мерной ленты и палки, отличается высокой степенью субъективности и требует многократного повторения для достижения приемлемой точности [11]. В качестве инновационного решения данной проблемы предлагается разработка интеллектуальной системы бесконтактной цифровой оценки экстерьера крупного рогатого скота, основанной на применении видеокамер и современных технологий анализа изображений.

Применение систем видеонаблюдения дает ученым и инженерам значительные возможности для сбора и аккумуляции данных о животных, включая их идентификацию, местоположение, биофизиологические особенности, а также хронологию жизненного цикла. Кроме того, такие системы позволяют осуществлять контроль за

деятельностью персонала фермы, оценивать процессы потребления корма животными, динамику роста объемов и массы тела, отслеживать двигательную активность и поведенческие паттерны животных. На их основе возможно проведение бонитировки, диагностики заболеваний, ветеринарных и профилактических мероприятий [12].

Интеграция и анализ данных обеспечивают возможность управления животноводческими процессами за счет мониторинга в режиме реального времени таких параметров, как состояние здоровья, поведенческие реакции, уровень продуктивности, репродуктивные функции и воздействие на окружающую среду [13].

Бесконтактные датчики могут работать непрерывно без участия оператора, и обычно считается, что они способны с высокой точностью количественно оценивать поведение животного в рамках заранее определенного процесса, который существенно не меняется [14]. Но бесконтактные датчики — это лишь средство для получения изображения, а для проведения цифровой бонитировки необходимы обученные нейросети.

Подходы глубокого обучения для нейросетей интенсивно развиваются, позволяя добиться точности и скорости обнаружения объектов в реальном времени, но для обучения нейросетей цифровой бонитировке животных нужны большие массивы данных [15].

Главные цели данных исследований — повышение точности обнаружения объектов на изображении, а также обеспечение быстрой работы алгоритмов в реальном времени [16].

К сожалению, фермерские и другие коммерческие организации редко публикуют такую информацию в открытом доступе [17]. В реальных условиях важные показатели параметров тела животных часто недостаточно измеряются, что отражается на организации процессов разведения, откорма и в целом на успехе точного животноводства.

Цифровая реконструкция морфометрии тела с помощью бесконтактного метода измерения (2D-или 3D-изображения) и автоматическое определение размеров тела помогают эффективно преодолеть эти проблемы [18]. Получение трехмерных изображений животных может быть наиболее информативным способом получения линейных параметров животного. 3D-TOF-камеры, или время-пролетные трехмерные камеры, являются одним из наиболее популярных и наиболее точных инструментов для создания трехмерных снимков.

TOF-камера представляет собой комбинацию из излучающих инфракрасных светодиодов (обычно используется длина волны 800–1000 нм) и обычной камеры с матрицей, достаточно чувствительной к инфракрасному излучению. При осуществлении съемки для каждой точки изображения проводят измерение времени между испусканием импульса светодиодом и регистрацией этого импульса матрицей камеры. Расстояние до

объекта прямо пропорционально этому времени, как показано на рисунке 1.

Достижение погрешности измерения расстояния должно составлять не более 2% от расстояния до объекта (погрешность в 2 мм на каждые 1000 мм расстояния).

Объектом исследования является корова, находящаяся в загоне, бонитировочном станке либо другой ограничивающей ее перемещение системе, позволяющей проводить оценку экстерьера бесконтактным способом. В такой системе используется несколько камер, непрерывно фотографирующих животных с заранее заданных ракурсов, визуализируя их как двухмерное изображение либо облако точек.

Рис. 2. Автоматическая система оценки экстерьера крупного рогатого скота: 1 — автоматическая система оценки экстерьера крупного рогатого скота, установленная в лаборатории; 2–3 — пример данных, получаемых с использованием цифровых камер (вид сверху и вид сбоку); 4–5 — пример данных (облако точек), получаемых с использованием трехмерных камер вид (сверху и вид сбоку). Все изображения сделаны авторами

Fig. 2. Automatic cattle exterior assessment system: 1 — automatic cattle exterior assessment system installed in the laboratory; 2–3 — example of data obtained using digital cameras (top view and side view); 4–5 — example of data (point cloud) obtained using three-dimensional cameras (top and side view). All images are made by the authors

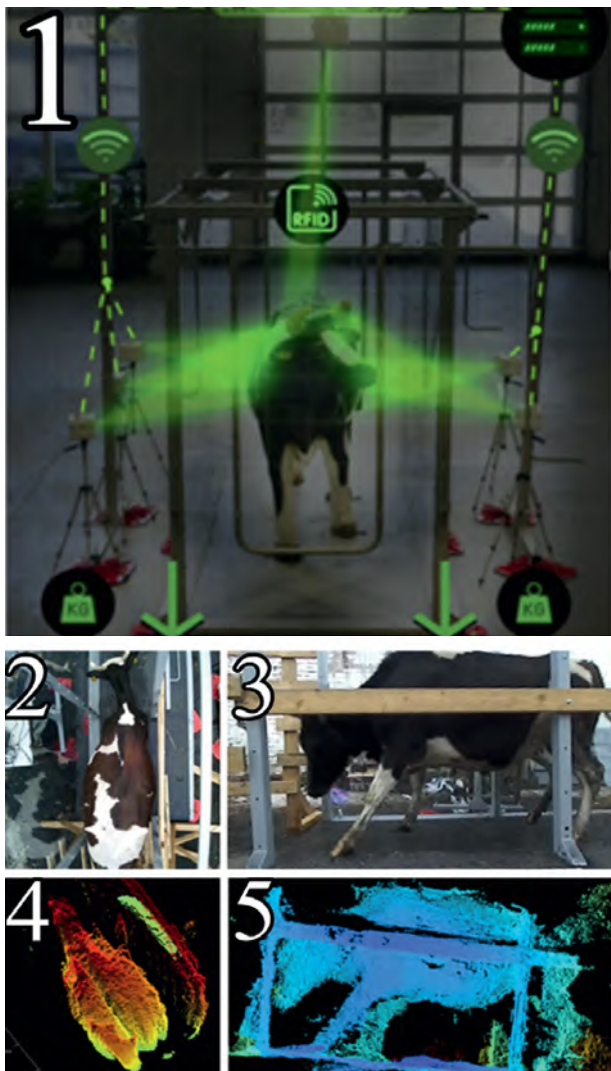
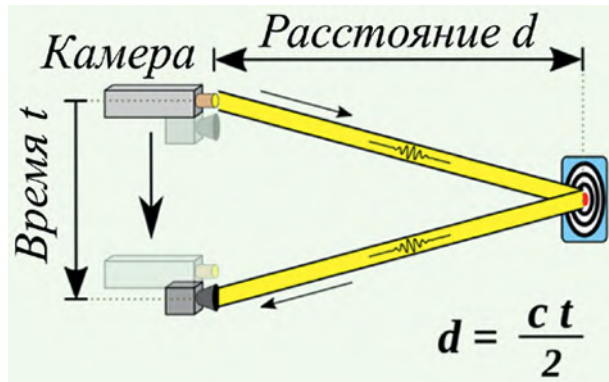


Рис. 1. Принцип действия TOF-камеры: c — скорость света, d — расстояние, t — время пролета

Fig. 1. Operating principle of a TOF camera: c is the speed of light, d is the distance, t is the time of flight



От того, насколько качественные снимки и как точно определяется расстояние до каждой части тела животного, зависит общая точность системы цифрового мониторинга экстерьера. На рисунке 2 представлены примеры такой съемки.

Цель исследования — изучить возможность использования трехмерных времяпролетных камер для цифрового мониторинга экстерьера коров, осуществляя измерение расстояния до объекта с необходимой точностью.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Лабораторные испытания проводили в январе — марте 2024 года в Агроинженерном центре ВИМ.

Исследование включало оценку точности трехмерных времяпролетных камер с использованием лабораторного стенда, включающего несколько объектов на различном расстоянии от камеры.

Для исследования был оборудован стенд с кронштейном для камеры и пазами для установки фотографируемых объектов на разном расстоянии и в разных частях кадра, как представлено на рисунке 3.

Рис. 3. Лабораторный стенд с установленной камерой: 1 — поле калибрующих объектов размером 8 x 8 элементов, 2 — камера, 3 — кронштейн

Fig. 3. Laboratory stand with installed camera: 1 — field of calibrating objects with size 8 x 8, 2 — camera, 3 — bracket

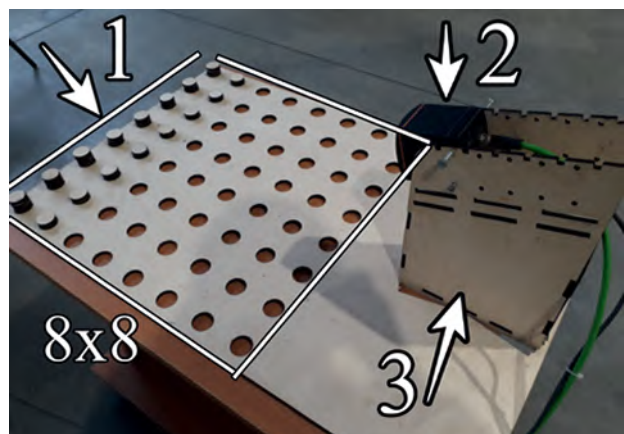
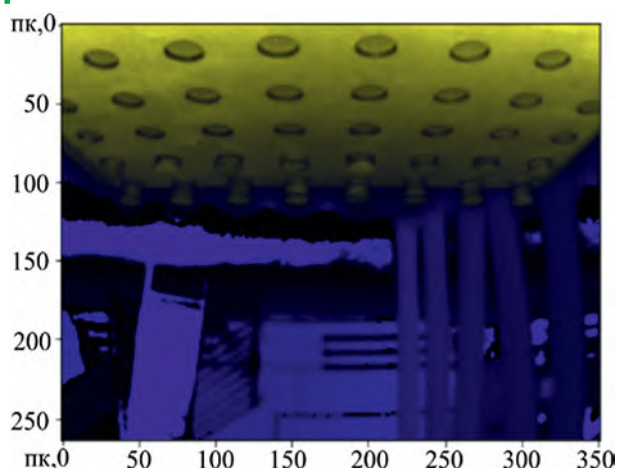


Рис. 4. Пример съемки стенда TOF-камерой. Изображения сделаны авторами

Fig. 4. Example of photography of the stand with a TOF camera. Images are made by the authors



Расстояние от кронштейна до объектов было заранее измерено (с точностью до 1 мм) лазерным дальномером SW-M50 (SNDWAY, Китай). Фотографируемые объекты в процессе съемок находились на различном расстоянии, в различных частях кадра и в различных внешних условиях (изменялись освещение, задний фон и т. д.). Результаты, выдаваемые камерой, сравнивались с фактическими расстояниями.

Были использованы две трехмерные время-пролетные камеры — O3D303 (IFM, Германия) и M5 3D TOF RGB (Rakinda, Китай). Для камеры M5 по причине отсутствия заводского корпуса были проведены измерения без корпуса и с корпусом (съемка через светопрозрачное стекло с коэффициентом пропускания на данной длине волны не менее 95%, согласно рекомендациям производителя камеры — фирмы Rakinda).

При выборе камер, использованных в исследовании, конструкция камер не имела значения. Выбор опирался на комбинацию их выходных параметров: рабочее расстояние съемки — от 500 до 2000 мм, погрешность — до 2% (2 мм на 1000 мм расстояния), угол обзора — не менее 60°.

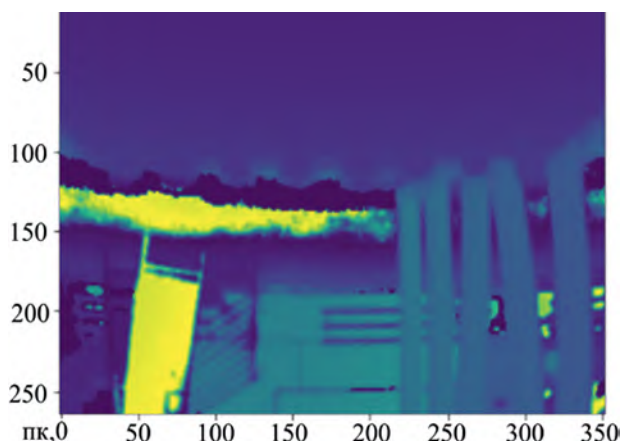
На рисунке 4 показан пример съемки стенда TOF-камерой O3D303, изображение размером 250 x 350 пикселей (пк), снимки делали в перевернутом положении камеры, поскольку в таком формате измеряемые объекты соответствуют соскам вымени коровы, что является одним из самых маленьких объектов тела коровы, а значит, и оптимальным для исследования точности работы камеры.

При этом ввиду ограниченного поля зрения камеры в кадр одновременно не попадает весь испытательный стенд, что не мешало изучению погрешности измерений камеры.

На рисунке 5 показан пример съемки стенда TOF-камерой, показывая только расстояния до объектов. Аналогично предыдущему изображению

Рис. 5. Пример съемки TOF-камерой расстояний до объектов. Изображения сделаны авторами

Fig. 5. Example of TOF camera photography of distances to objects. Images are made by the authors



размер снимка 250 x 350 пикселей (пк), снимки делали в перевернутом положении камеры, поскольку в таком формате измеряемые объекты соответствуют соскам вымени коровы, что является одним из самых маленьких объектов тела коровы, а значит, и оптимальным для исследования точности работы камеры.

Перевод исходных данных о размерах объекта (в пикселях), получаемых при съемке камерой, в миллиметры осуществляется встроенным программным обеспечением обеих камер. Полная информация об алгоритмах перевода значений, реализованных в формате программных функций ПО камер, содержится в библиотеке, высылаемой производителем камеры по запросу.

Программное обеспечение. Реализован код на языке программирования *Python* (Python Software Foundation, США) с использованием библиотеки *Scikit-learn*¹, производящий обработку результатов и строящий линейную регрессию, связывающая реальное расстояние с измеренным. При работе камер использовался предоставляемый производителями камер (IFM и Rakinda) комплект для разработки программного обеспечения.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При работе с камерой IFM O3D303 всего были сфотографированы 64 объекта на расстоянии 385–688 мм от камеры. Поскольку камеры управлялись напрямую проприетарным ПО, нумерация объектов начиналась с 0-го и заканчивалась 63-м. Каждый объект был сфотографирован пять раз при различных внешних факторах.

Часть измерений приведена в таблице 1.

Данные по всем 320 измерениям 64 объектов были сведены в таблицу, на основе которой с помощью библиотеки *Scikit-learn* на языке *Python* была построена линейная регрессия,

¹ <https://scikit-learn.org/stable/>

Таблица 1. Фрагмент измерений расстояния для некоторых объектов

Table 1. Fragment of distance measurements for some objects

Номер объекта	Подлинное расстояние, мм	Измеренное расстояние, мм
0	385	382
0	385	380
0	385	383
0	385	386
0	385	382
1	447	445
1	447	444
1	447	443
1	447	445
1	447	445
2	511	501
2	511	501
2	511	501
2	511	502
2	511	500
3	577	562
3	577	563
3	577	563
3	577	566
3	577	564
4	644	627
4	644	626
4	644	628
4	644	627
4	644	627

Таблица 2. Сравнение измеренного и фактического расстояния

Table 2. Comparison of measured and actual distance

Фактическое расстояние, мм	Измеренное расстояние, мм	Скорректированное измеренное расстояние, мм	Среднеквадратичное отклонение, мм
385	382	379	1,89
391	394	392	1,99
398	398	396	1,06
404	402	401	1,88
422	419	419	1,22
427	433	434	1,61
447	445	448	1,75
453	452	455	1,08
458	459	462	0,96
463	462	465	1,83
479	479	483	0,86
484	481	486	0,84
511	501	508	0,94
516	509	516	0,84
521	512	519	0,71
526	519	527	1,37
539	527	536	0,89
544	538	547	2,33
566	556	567	2,43
570	562	573	1,10
577	564	576	1,16
581	568	580	1,08
585	571	583	0,81
590	575	587	1,75
602	586	599	2,57
606	591	605	1,53
626	612	627	1,85
630	616	632	0,86
644	626	642	1,53
651	633	650	1,51
666	648	666	2,41
688	671	690	2,07

связывающая реальное расстояние с измеренным. Исходя из нее, реальное расстояние следует оценивать из измеренного камерой с помощью полученной эмпирической формулы:

$$\widehat{S}_{\text{real}} = S_{\text{meas}} \times 1,077 - 32$$

где: $\widehat{S}_{\text{real}}$ — оценка расстояния, мм; S_{meas} — измеренное расстояние (включает погрешность измерения), мм.

Измеренные расстояния были сгруппированы по расстояниям до объектов. Для каждого расстояния было найдено среднеквадратичное отклонение значений при измерении, как показано в таблице 2. В качестве меры погрешности использовали среднеквадратичное отклонение.

Можно наблюдать, что на близких расстояниях (38,5–45,0) измеренное расстояние близко к фактическому, на дальних (60,0–70,0 см) — оно уже значительно меньше, при этом откорректированное расстояние намного ближе к реальному значению.

Можно отметить высокую повторяемость результатов испытаний: измеренные расстояния до одного и того же объекта отличаются друг от друга в среднем не более чем на 2 мм. В целом ошибка при измерениях данной камерой является систематической, поддается несложной корректировке и зависит только от расстояния до объекта (в разных частях кадра на одинаковом расстоянии ошибка одинаковая), повторяемость результатов измерений высокая, ошибка после корректировки не превышает 2 см.

Испытания трехмерной время пролетной камеры Rakinda M5. При работе с трехмерной времяпролетной камерой M5 всего были сфотографированы 72 объекта на расстоянии 404–707 мм от камеры (те же самые объекты и еще восемь объектов, не попавших в кадр камеры O3D303; небольшое изменение расстояний из-за другого положения камеры на кронштейне). Каждый объект был сфотографирован пять раз при различных внешних факторах. Однако, в отличие от камеры O3D303, для данной камеры наблюдали значительные отличия в повторяемости в разных частях кадра: по центру кадра повторяемость такая же, как у O3D303 (1–2 мм), а по краям

резко снижается, разброс возрастает, как показано в таблице 3. В качестве меры погрешности использовали среднеквадратичное отклонение.

Таким образом, пришлось обрезать края снимка, поскольку оставшуюся часть можно будет восстановить с большей точностью, достаточной для работы. Пересчет для 54 оставшихся объектов дает такие формулы для измерений без стекла и со стеклом соответственно:

$$\widehat{S}_{\text{real}} = S_{\text{meas}} \times 0,339 - 32 + 4,42,$$

$$S_{\text{real}} = S_{\text{meas}} \times 0,338 - 32 + 0,20$$

где: $\widehat{S}_{\text{real}}$ — оценка расстояния, мм; S_{meas} — измеренное расстояние (включает погрешность измерения), мм.

Измеренные величины были сгруппированы по расстояниям до объектов, для каждого расстояния был найден средний разброс значений при измерении, как показано в таблице 4.

Можно утверждать, что корректировка дает результаты, по точности сравнимые с корректировкой для камеры O3D303, с похожей повторяемостью. Видно, что результаты измерений, как в случае наличия защитного стекла, так и при его

Таблица 4. Сравнение измеренного и фактического расстояния, среднеквадратичное отклонение

Table 4. Comparison of measured and actual distance, scatter

Фактическое расстояние, мм	Скорректированное измеренное расстояние (без стекла), мм	Среднеквадратичное отклонение (без стекла), мм	Скорректированное измеренное расстояние (со стеклом), мм	Среднеквадратичное отклонение (со стеклом), мм
404	411	1	407	1,17
411	414	0,49	409	0,24
416	416	0,73	410	0,39
422	420	0,75	413	0,95
467	480	0,65	471	0,51
472	483	0,67	474	0,92
477	484	0,4	476	0,75
483	485	0,35	481	2,82
531	543	1,41	538	1,24
536	546	0,64	541	0,41
541	548	0,62	542	0,59
545	551	1,25	549	5,71
597	604	0,87	600	0,9
601	607	0,6	602	0,49
605	609	0,64	604	0,93
609	611	0,79	607	0,8
664	663	5,66	662	1,39
671	670	1,26	666	1,2

Таблица 3. Среднеквадратичное отклонение в зависимости от положения в кадре

Table 3. Scatter of results depending on position in the frame

Расположение объекта в кадре	Среднеквадратичное отклонение при измерениях без стекла, мм	Среднеквадратичное отклонение при измерениях со стеклом, мм
0 (крайний слева)	3,90	2,22
1	2,21	1,73
2	1,89	1,73
3	1,61	1,73
4	1,46	1,32
5	1,52	1,40
6	1,35	1,07
7 (крайний справа)	2,30	1,88

отсутствии, после корректировки существенно не отличаются, то есть возможно изготовление пользовательского корпуса со своим стеклом без потери точности при условии соблюдения рекомендаций производителя.

Таким образом, в рамках данной работы выявлена возможность существенно улучшать показания TOF-камер и вести съемку через стекла с просветляющим покрытием, что может быть полезным при вычислении точных координат (например, для подвода манипулятора). Сравнительные характеристики исследованных на практике камер приведены в таблице 5.

По результатам двух этапов исследования определено, что существующая погрешность ± 5 мм практически одинакова для O3D303 и M5. Изученными TOF-камерами получают снимки с апертурой до $60 \times 45^\circ$ и разрешением до 480×480 пикселей.

Таблица 5. Сравнение трехмерных времяпролетных камер IFM O3D303 и Rakinda M5 по итогам исследования

Table 5. Comparison of TOF cameras IFM O3D303 and Rakinda M5 based on the results of the study

	Марка или модель (нужно слово) IFM O3D303	Rakinda M5
Цена	~330 000 ² руб.	~160 003 руб.
Длина волны светодиодов	850 нм	940 нм
Заявленная точность	± 4 мм	± 5 мм
Фактическая точность	$\pm 10-20$ мм (в зависимости от расстояния)	± 10 мм
Фактическая погрешность после корректировки	± 5 мм	± 5 мм
Разрешение (фактическое)	352×264	480×480
Апертурные углы (фактические)	$60^\circ \times 45^\circ$	$45^\circ \times 45^\circ$
Уровень защиты	IP67	нет

² По данным на 03.02.2024. https://sensoren.ru/product/3d_kamera_ifm_electronic_o3d303/

³ По данным на 03.02.2024. https://aliexpress.ru/item/1005004018938819.html?sku_id=12000027757532297

Установлено, что наличие или отсутствие уровня защиты от воды и пыли не является критическим фактором выбора, поскольку есть возможность использовать дополнительное защитное стекло и обеспечить защиты, соответствующие стандарту IP68.

Результат исследования отражается в получении новых зависимостей, позволяющих определять рациональное расположение трехмерных времяпролетных камер, измеряющих расстояние

до объектов, а также в разработке специальной корректировки для уменьшения погрешности таких камер.

Можно сделать вывод, что погрешность обеих камер является допустимой для работы системы цифрового мониторинга экстерьеров коров, не превышая 2% на 1 м. При этом значительная разница в стоимости и большее разрешение изображений позволяют сделать однозначный выбор в пользу камеры М5.

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 № 23-76-10041.
<https://rscf.ru/project/23-76-10041/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021; 15(4): 6–10.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(2): 4–13.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. Кирсанов В.В., Владимиров Ф.Е., Павкин Д.Ю., Рузин С.С., Юрочка С.С. Сравнительный анализ и подбор систем мониторинга здоровья КРС. *Вестник ВНИИМЖ*. 2019; (1): 27–31.
<https://elibrary.ru/zaiqzn>
4. Anderson D.M., Estell R.E., Cibils A.F. Spatiotemporal Cattle Data — A Plea for Protocol Standardization. *Positioning*. 2013; 4(1): 115–136.
<https://doi.org/10.4236/pos.2013.41012>
5. Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Довлатов И.М. Разработка модульной системы цифровизации бонитировочных работ. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(4): 54–59.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-54-59>
6. Alem H. The Role of Technical Efficiency Achieving Sustainable Development: A Dynamic Analysis of Norwegian Dairy Farms. *Sustainability*. 2021; 13(4): 1841.
<https://doi.org/10.3390/su13041841>
7. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Модель прогнозирования молочной продуктивности коров по их экстерьерным особенностям. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019; (1): 55–62.
<https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>
8. Харченко А.В., Фейзуллаев Ф.Р., Лепехина Т.В. Экстерьерные особенности казахской белоголовой породы крупного рогатого скота. *Инновационная наука*. 2022; (6–1): 62–64.
<https://elibrary.ru/hchsjsb>
9. Чиндалиев А.Е., Калимолдинова А.С., Алипов А.У., Баймуханов А.Д. Использование линейной оценки экстерьеров коров. *Главный зоотехник*. 2019; (8): 32–38.
<https://elibrary.ru/hyxfxa>
10. Ситдилов Ф.Ф., Цой Ю.А., Зиганшин Б.Г. Основные направления и проблемы цифровизации агропромышленного комплекса. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019; 14(3): 112–115.
https://doi.org/10.12737/article_5db97473887137.67106533
11. Shi C., Zhang J., Teng G. Mobile measuring system based on LabVIEW for pig body components estimation in a large-scale farm. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 156: 399–405.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.042>

FUNDING

The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 23-76-10041.
<https://rscf.ru/en/project/23-76-10041/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021; 15(4): 6–10.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(2): 4–13.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. Кирсанов В.В., Владимиров Ф.Е., Павкин Д.Ю., Рузин С.С., Юрочка С.С. Сравнительный анализ и подбор систем мониторинга здоровья КРС. *Вестник ВНИИМЖ*. 2019; (1): 27–31.
<https://elibrary.ru/zaiqzn>
4. Anderson D.M., Estell R.E., Cibils A.F. Spatiotemporal Cattle Data — A Plea for Protocol Standardization. *Positioning*. 2013; 4(1): 115–136.
<https://doi.org/10.4236/pos.2013.41012>
5. Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Довлатов И.М. Разработка модульной системы цифровизации бонитировочных работ. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(4): 54–59.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-54-59>
6. Alem H. The Role of Technical Efficiency Achieving Sustainable Development: A Dynamic Analysis of Norwegian Dairy Farms. *Sustainability*. 2021; 13(4): 1841.
<https://doi.org/10.3390/su13041841>
7. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Модель прогнозирования молочной продуктивности коров по их экстерьерным особенностям. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019; (1): 55–62.
<https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>
8. Харченко А.В., Фейзуллаев Ф.Р., Лепехина Т.В. Экстерьерные особенности казахской белоголовой породы крупного рогатого скота. *Инновационная наука*. 2022; (6–1): 62–64.
<https://elibrary.ru/hchsjsb>
9. Чиндалиев А.Е., Калимолдинова А.С., Алипов А.У., Баймуханов А.Д. Использование линейной оценки экстерьеров коров. *Главный зоотехник*. 2019; (8): 32–38.
<https://elibrary.ru/hyxfxa>
10. Ситдилов Ф.Ф., Цой Ю.А., Зиганшин Б.Г. Основные направления и проблемы цифровизации агропромышленного комплекса. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019; 14(3): 112–115.
https://doi.org/10.12737/article_5db97473887137.67106533
11. Shi C., Zhang J., Teng G. Mobile measuring system based on LabVIEW for pig body components estimation in a large-scale farm. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 156: 399–405.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.042>

12. Башилов А.М., Королев В.А. Видеоцифровое системно-метрическое управление агротехнологическими процессами. *Вестник аграрной науки Дона*. 2019; (4): 68–75. <https://elibrary.ru/vsyvvcn>
13. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K., Silberberg M., Veissier I. Animal Welfare Management in a Digital World. *Animals*. 2020; 10(10): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani10101779>
14. Xue T. *et al.* One-Shot Learning-Based Animal Video Segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2022; 18(6): 3799–3807. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3117020>
15. Власенкова Т.А., Козырева Ю.Ю. Цифровизация как основа эффективного ведения сельского хозяйства. *Менеджмент в АПК*. 2021; (2): 11–16. <https://elibrary.ru/nttevs>
16. Zou Z., Chen K., Shi Z., Guo Y., Ye J. Object Detection in 20 Years: A Survey. *Proceedings of the IEEE*. 2023; 111(3): 257–276. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>
17. Jones J.W. *et al.* Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017; 155: 269–288. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.021>
18. Qiao Y., Kong H., Clark C., Lomax S., Su D., Eiffert S., Sukkarieh S. Intelligent Perception-Based Cattle Lameness Detection and Behaviour Recognition: A Review. *Animals*. 2021; 11(11): 3033. <https://doi.org/10.3390/ani11113033>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Сергеевич Юрочка

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Дмитрий Юрьевич Павкин

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
dimqaqa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

Артём Рустамович Хакимов

младший научный сотрудник
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Павел Сергеевич Бердюгин

младший научный сотрудник
BPS71188@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>

Савр Олегович Базаев

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
sbzaeff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3028-5081>

Фёдор Евгеньевич Владимиров

научный сотрудник
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

12. Башилов А.М., Королев В.А. Видеоцифровое системно-метрическое управление агротехнологическими процессами. *Вестник аграрной науки Дона*. 2019; (4): 68–75. <https://elibrary.ru/vsyvvcn>

13. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K., Silberberg M., Veissier I. Animal Welfare Management in a Digital World. *Animals*. 2020; 10(10): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani10101779>

14. Xue T. *et al.* One-Shot Learning-Based Animal Video Segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2022; 18(6): 3799–3807. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3117020>

15. Власенкова Т.А., Козырева Ю.Ю. Цифровизация как основа эффективного ведения сельского хозяйства. *Менеджмент в АПК*. 2021; (2): 11–16. <https://elibrary.ru/nttevs>

16. Zou Z., Chen K., Shi Z., Guo Y., Ye J. Object Detection in 20 Years: A Survey. *Proceedings of the IEEE*. 2023; 111(3): 257–276. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>

17. Jones J.W. *et al.* Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017; 155: 269–288. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.021>

18. Qiao Y., Kong H., Clark C., Lomax S., Su D., Eiffert S., Sukkarieh S. Intelligent Perception-Based Cattle Lameness Detection and Behaviour Recognition: A Review. *Animals*. 2021; 11(11): 3033. <https://doi.org/10.3390/ani11113033>

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Sergeevich Yurochka

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Dmitry Yuryevich Pavkin

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
dimqaqa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

Artyom Rustamovich Khakimov

Junior Researcher
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Pavel Sergeevich Berdyugin

Junior Researcher
BPS71188@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>

Savr Olegovich Bazaev

Candidate of Agricultural Sciences, Research Associate
sbzaeff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3028-5081>

Fyodor Evgenievich Vladimirov

Researcher
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutsky Passage, Moscow, 109428, Russia

УДК 631.171

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158

С.С. Юрочка ✉
Д.Ю. Павкин
А.Р. Хакимов
П.С. Бердюгин
Ф.Е. Владимиров

Федеральный научный
 агроинженерный центр ВИМ, Москва,
 Россия

✉ yssvim@yandex.ru

Поступила в редакцию: 10.02.2025
 Одобрена после рецензирования: 13.03.2025
 Принята к публикации: 27.03.2025

© Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р.,
 Бердюгин П.С., Владимиров Ф.Е.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158

Sergey S. Yurochka ✉
Dmitry Yu. Pavkin
Artyom R. Khakimov
Pavel S. Berdyugin
Fedor E. Vladimirov

Federal Scientific Agroengineering
 Center VIM, Moscow, Russia

✉ yssvim@yandex.ru

Received by the editorial office: 10.02.2025
 Accepted in revised: 13.03.2025
 Accepted for publication: 27.03.2025

© Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R.,
 Berdyugin S.P., Vladimirov F.E.

Методика и результаты натурных испытаний системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров

РЕЗЮМЕ

В агропромышленном комплексе России существует запрос на технологии цифровизации процесса сбора линейных параметров экстерьера животных, в особенности молочных коров. Переход от субъективной ручной бонитировки к унифицированной автоматической позволит резко увеличить производительность и точность проведения подобных операций.

Цели исследования — составление методики и проведение первичного натурального испытания системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров.

Исследование проводили на действующей молочно-товарной ферме в Московской области, все животные принадлежали к черно-пестрой зебувидной породе. Оценивали пригодность проходного бокса системы цифрового мониторинга к прохождению молочных коров, работоспособность и погрешность 8 блоков камер, возможный стресс животных, а также общую устойчивость системы. Для сбора изображений использовали трехмерные времяпролетные камеры M5 3D TOF RGB и стереопары из расположенных на плате двух объективов 1/3-Inch CMOS OV4689. В сумме система из 8 блоков камер, расположенных сверху и сбоку от проходного бокса системы цифрового мониторинга, позволяет одномоментно делать снимки каждого животного со всех сторон, обеспечивая измерение 18 основных промеров тела коровы и расчет 12 индексов телосложения. В результате определили, что блокам камер удается захватывать изображение животных, двигающихся в проходном боксе системы цифрового мониторинга без остановки. Погрешность разрешения собираемой из снимков карты расстояний составила ± 10 мм. Подтвердили, что животные спокойно шли в проходном боксе системы цифрового мониторинга, не демонстрируя признаков чрезмерного стресса.

Ключевые слова: корова, цифровизация, экстерьер, цифровой мониторинг, бонитировка

Для цитирования: Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р., Бердюгин П.С., Владимиров Ф.Е. Методика и результаты натурных испытаний системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 153–158.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158>

Methodology and results of field tests of the digital monitoring system for the exterior of dairy cows

ABSTRACT

In the agro-industrial complex of Russia, there is a demand for technologies for digitalization of the process of collecting linear parameters of the exterior of animals, especially dairy cows. The transition from subjective manual grading to a unified automatic one will dramatically increase the productivity and accuracy of such operations. The aim of the study was to develop a methodology and conduct an initial full-scale test of a digital monitoring system for the exterior of dairy cows. The study was conducted on an operating dairy farm in the Moscow region; all animals belonged to the black-and-white zebu breed. The suitability of the digital monitoring system's pass-through box for the passage of dairy cows, the operability and error of 8 camera units, possible animal stress, and the overall stability of the system were assessed. M5 3D TOF RGB three-dimensional time-of-flight cameras and stereo pairs of two 1/3-inch CMOS OV4689 lenses located on the board were used to collect images. In total, the system of 8 camera units located above and to the side of the digital monitoring system's walk-through box allows for simultaneous shooting of each animal from all sides, providing for the measurement of 18 basic body measurements of the cow and the calculation of 12 body condition indices. As a result, it was determined that the camera units are able to capture images of animals moving in the digital monitoring system's walk-through box without stopping. The resolution error of the distance map collected from the images was ± 10 mm. It was confirmed that the animals were walking calmly in the entrance box of the digital monitoring system, without showing signs of excessive stress.

Key words: cow, digitalization, exterior, digital monitoring, grading

For citation: Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Berdyugin S.P., Vladimirov F.E. Methodology and results of field tests of the digital monitoring system for the exterior of dairy cows. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 153–158 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-153-158>

Введение/Introduction

В Российской Федерации в области агропромышленного комплекса (АПК) существует значительный потенциал развития сельского хозяйства, раскрытие которого возможно произвести, используя инструменты повышения эффективности аграрного производства путем создания и внедрения средств автоматизации, цифровых технологий и искусственного интеллекта [1]. Развитие АПК в настоящее время имеет тренд в направлении использования и внедрения цифровых и интеллектуальных технологий [2]. В России ведутся научные исследования в тематике создания отечественных систем цифровизации молочного и мясного животноводства, использующих машинное зрение [3].

Приоритетными направлениями в современной селекции и генетике животных становятся разработка и внедрение систем мониторинга и оптимизации, а также совершенствование методов управления, планирования и прогнозирования в животноводстве. В условиях современных требований к мясному и молочному животноводству особое внимание уделяется повышению продуктивности отрасли [4]. Для улучшения процесса содержания животных современное животноводство использует информационные и коммуникационные технологии, направленные на мониторинг и управление в реальном времени [5]. Один из ключевых аспектов в данном контексте — оценка экстерьерных характеристик животных, поскольку они напрямую коррелируют с их продуктивными и репродуктивными качествами [6].

Сбор данных, включая линейные параметры экстерьера, традиционно осуществляется посредством ручного измерения параметров туловища животных. Однако этот процесс, включающий последующую обработку полученных данных, аналитику и прогнозирование, характеризуется значительной трудоемкостью и сложностью, а также подвержен влиянию человеческого фактора [7, 8].

Большинство племенных и молочных ферм используют ручные методы мониторинга состояния здоровья животных, а цифровизация замедлена сложностью создания алгоритмов автоматической бесконтактной оценки состояния здоровья животных. Одной из проблем перевода ручных операций с животными к автоматическим является то, что опытные специалисты хоть и принимают решения с результатами высокого качества, но их наблюдения сложно поддаются количественной оценке [9–11].

Использование новых технологий позволит снизить инвестиционные затраты и улучшить как производительность, так и здоровье животных [12].

Применение систем видеонаблюдения дает ученым и инженерам значительные возможности для сбора и аккумуляции данных о животных, включая их идентификацию, местоположение,

биофизиологические особенности, а также хронологию жизненного цикла.

Кроме того, такие системы позволяют осуществлять контроль за деятельностью персонала фермы, оценивать процессы потребления корма животными, динамику роста объемов и массы тела, отслеживать двигательную активность и поведенческие паттерны животных. На их основе возможно проведение бонитировки, диагностики заболеваний, ветеринарных и профилактических мероприятий [13].

Интеграция и анализ данных обеспечивают возможность управления животноводческими процессами за счет мониторинга в режиме реального времени таких параметров, как состояние здоровья, поведенческие реакции, уровень продуктивности, репродуктивные функции и воздействие на окружающую среду [14].

Бесконтактные датчики могут работать непрерывно без участия оператора, и обычно считается, что они способны с высокой точностью количественно оценивать поведение животного в рамках заранее определенного процесса, который существенно не меняется [15]. Но сами бесконтактные датчики — это лишь средство для получения изображения, а для проведения цифровой бонитировки необходимы обученные нейросети.

К сожалению, фермерские и другие коммерческие организации редко публикуют такую информацию в открытом доступе [16]. В реальных условиях важные показатели параметров тела животных часто недостаточно измеряются, что отражается на организации процессов разведения, откорма и в целом на успехе точного животноводства.

Цель исследования — проведение натурного испытания работоспособности системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Первичные натурные испытания системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров проводили в сентябре 2024 года на действующей молочно-товарной ферме в Московской области. Все животные в исследовании принадлежали к черно-пестрой породе зебувидного типа [17].

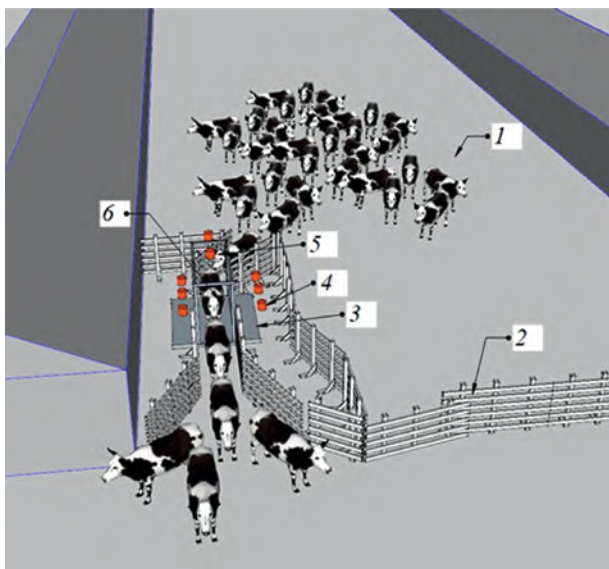
Объект исследования — испытательный стенд системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров. Он состоит из непосредственно системы цифрового мониторинга (проходной бокс системы и 8 блоков камер), накопителя коров и ограждения, которое регулирует движение животных в проходной бокс системы цифрового мониторинга. Общий вид накопителя, ограждения и проходного бокса системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров представлен на рисунке 1.

Проходной бокс системы цифрового мониторинга изготовлен из стали СтЗсп¹. Полные линейные размеры проходного бокса (Д × Ш × В)

¹ ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества.

Рис. 1. Общий вид испытательного стенда системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров на ферме: 1 — стадо коров в накопителе, 2 — ограждение, 3 — нескользящий пол системы цифрового мониторинга, 4 — боковые камеры системы цифрового мониторинга, 5 — вертикальные камеры системы цифрового мониторинга, 6 — проходной бокс системы цифрового мониторинга

Fig. 1. General view of the digital monitoring system for cows' exterior on a farm: 1 — a herd of cows in a storage facility, 2 — a wooden fence, 3 — a weighing platform of the digital monitoring system, 4 — side cameras of the digital monitoring system, 5 — vertical cameras of the digital monitoring system, 6 — a passage box of the digital monitoring system



составляют 3060 x 2740 x 3171 мм, ширина прохода для животных — 850 мм. Для безопасного прохождения животных пол проходного бокса покрыт нескользящими резиновыми матами.

Каждый блок камер системы цифрового мониторинга состоит из двух частей — трехмерной времяпролетной камеры M5 3D TOF RGB (Rakinda, Китай) и цифровой стереокамеры из расположенных на плате двух объективов 1/3-Inch CMOS OV4689 (OmniVision, Китай).

Шесть блоков камер устанавливали сбоку (по три с каждой стороны) на расстоянии 700 мм от стенки проходного бокса системы цифрового мониторинга и два блока камер — сверху на расстоянии 2000 мм от пола проходного бокса системы цифрового мониторинга.

В исследовании оценивали работоспособность системы цифрового мониторинга к прохождению молочных коров. Работа системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров заключается в последовательном прохождении животных из накопителя в проходной бокс системы, где камерами делаются трехмерные изображения животных, позволяющие оценить расстояние между ключевыми точками тела коров. В сумме система из 8 блоков камер позволяет одновременно делать снимки животного со всех сторон, обеспечивая измерение 18 основных промеров тела коровы и расчет 12 индексов телосложения.

Проводили первичную оценку погрешности системы, а также устойчивости всей конструкции при прохождении коров. Оценку

погрешности измерений проводили сопоставлением числовых значений, полученных системой цифрового мониторинга с результатами, используемыми в качестве референтных, измеренных ветеринаром.

Подготовку инструментов и измерение ветеринаром линейных параметров животных проводили в соответствии с приказом Минсельхоза РФ от 28 октября 2010 года № 379 «Об утверждении Порядка и условий проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности». Устойчивость конструкции оценивали по возможности блоков камер делать снимки проходящих животных без искажения кадров.

Параметры установки используемого программного обеспечения для трехмерных времяпролетных камер и цифровых стереокамер, а также результаты лабораторных испытаний были опубликованы в предыдущих работах [18].

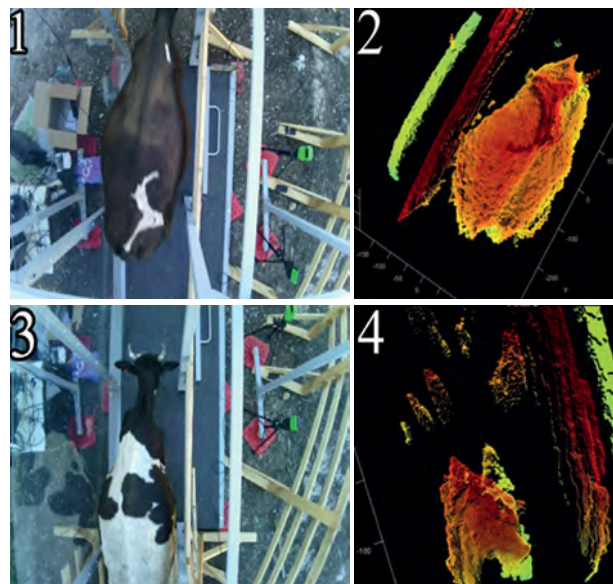
Результаты и обсуждение / Results and discussion

На рисунке 2 представлены снимки, полученные двумя блоками камер, установленных сверху. Все трехмерные изображения с трехмерных времяпролетных камер дублировали цифровыми изображениями со стереокамер.

В результате определили, что блокам камер, расположенных сверху, удается захватывать изображение животных, двигающихся в проходном боксе системы цифрового мониторинга без остановки. Выявленные проблемы при съемке сверху: в некоторых случаях съемки вторым блоком камер голова животного находится на границе кадра,

Рис. 2. Цифровые и трехмерные изображения, получаемые блоками камер, установленных сверху: 1, 3 — цифровые изображения со стереокамер; 2, 4 — трехмерные изображения с времяпролетных трехмерных камер

Fig. 2. Digital and 3D images obtained by camera units mounted on top: 1, 3 — digital images from stereo cameras; 2, 4 — three-dimensional images from time-of-flight three-dimensional cameras



что может помешать получить промеры головы, при этом, комбинируя кадры с двух блоков, можно получить полное изображение животного с искомого ракурса. Погрешность разрешения собираемой из снимков карты расстояний составила ± 10 мм.

На рисунке 3 представлены снимки, полученные шестью блоками камер, установленных сбоку.

В результате было установлено, что блокам камер, расположенных сбоку, удается захватывать изображение животных,двигающихся в проходном боксе системы цифрового мониторинга без остановки. Недостатком разработанной схемы расположения камер, установленных сбоку, является выявленное частичное перекрытие лучей при одновременной работе камер. В будущем возможна разработка алгоритма последовательного включения сканирования, чтобы избежать перекрытия (информацию необходимо будет проверить и подтвердить).

Для улучшения точности будет реализована обработка изображения для нивелирования эффекта «рыбьего глаза» в цифровых изображениях со стереокамер. Погрешность разрешения собираемой из снимков карты расстояний, как было определено в сравнении с ручными измерениями, составила ± 10 мм.

Для полной оценки необходимо собирать больший объем данных на значимой временной дистанции, однако даже первичный результат достаточен для измерения 8 из 18 основных промеров. Некоторые боковые блоки камер были установлены слишком высоко, что приводило к ухудшению точности измерения промеров ног.

Выявленные проблемы при съемке сбоку, продемонстрированные на рисунке 4, — бликующее стекло, что легко исправить, заменив полностью закрывающее стекло фрагментными рейками и изменив их расположение, а также искривление кадра (исправляется программными методами).

Для снижения погрешности всех блоков камер рекомендуется обеспечить надежную фиксацию платформы к полу. Наблюдаемое незначительное смещение стенда при проходе животных указывает на необходимость усиления конструкции. Оптимальным решением является жесткое закрепление платформы в бетонный пол, что минимизирует вибрации и повысит стабильность системы цифрового мониторинга.

По результатам первичных натурных испытаний были сформированы ожидаемые временные диапазоны работы системы цифрового мониторинга для молочных ферм с двукратным доением: с 5:00 до 7:00 часов (постепенный вывод животных с утренней дойки) и с 16:00 до 18:00 часов (животные с пастбища возвращаются в коровник).

Рис. 3. Цифровые и трехмерные изображения, получаемые блоками камер, установленных сбоку: 1, 3, 5 — цифровые изображения со стереокамер; 2, 4, 6 — трехмерные изображения с времяпролетных трехмерных камер

Fig. 3. Digital and 3D images obtained by camera units mounted on the side: 1, 3, 5 — digital images from stereo cameras; 2, 4, 6 — three-dimensional images from time-of-flight three-dimensional cameras

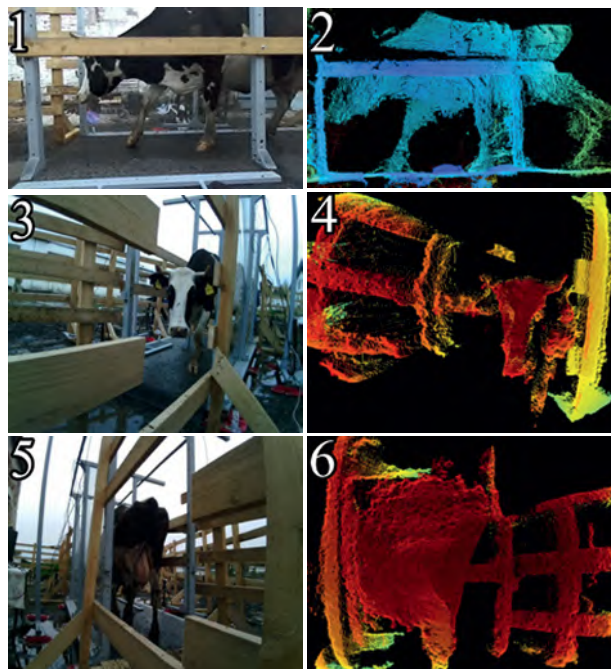


Рис. 4. Демонстрация недостатков сплошных прозрачных стенок проходного бокса системы цифрового мониторинга

Fig. 4. Demonstration of the disadvantages of solid transparent walls of the pass-through box of the digital monitoring system



Выводы/Conclusions

В результате проведения первичных натурных испытаний системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров доказали возможность реализации проходного метода оценки экстерьера непрерывного потока животных.

Выполняются все критерии, определенные при подготовке испытаний: беспрепятственный проход коров из накопителя в проходной бокс системы цифрового мониторинга реализуем; животные спокойно шли в проходном боксе системы

цифрового мониторинга, не демонстрировали признаки чрезмерного стресса; проведена первичная оценка погрешности составляемых трехмерных карт поверхности тела молочных коров в ± 10 мм.

Были собраны параметры обратной связи. Все выявленные недостатки могут быть исправлены, и в дальнейшем это позволит реализовать уже полнотехнологичный образец системы цифрового мониторинга экстерьера молочных коров.

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 № 23-76-10041.
<https://rscf.ru/project/23-76-10041/>

FUNDING

The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 23-76-10041.
<https://rscf.ru/en/project/23-76-10041/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021; 15(4): 6–10.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(2): 4–13.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Базаев 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>
4. Alem H. The Role of Technical Efficiency Achieving Sustainable Development: A Dynamic Analysis of Norwegian Dairy Farms. *Sustainability*. 2021; 13(4): 1841.
<https://doi.org/10.3390/su13041841>
5. Halachmi I., Guarino M. Editorial: Precision livestock farming: a 'per animal' approach using advanced monitoring technologies. *Animal*. 2016; 10(9): 1482–1483.
<https://doi.org/10.1017/S1751731116001142>
6. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Модель прогнозирования молочной продуктивности коров по их экстерьерным особенностям. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019; (1): 55–62.
<https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>
7. Харченко А.В., Фейзуллаев Ф.Р., Лепехина Т.В. Экстерьерные особенности казахской белоголовой породы крупного рогатого скота. *Инновационная наука*. 2022; (6–1): 62–64.
<https://elibrary.ru/hchsjb>
8. Чиндалиев А.Е., Калимолдинова А.С., Алипов А.У., Баймуканов А.Д. Использование линейной оценки экстерьера коров. *Главный зоотехник*. 2019; (8): 32–38.
<https://elibrary.ru/hycfxa>
9. Wilkins J.F., McKiernan W.A., Walmsley B.J., McPhee M.J. Automated data capture using laser technology to enhance live cattle assessment and description. *Australian Farm Business Management Journal*. 2015; 12: 70–77.
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.284945>
10. Hansen M.F., Smith M.L., Smith L.N., Jabbar K.A., Forbes D. Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computers in Industry*. 2018; 98: 14–22.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.011>
11. O'Leary N., Leso L., Buckley F., Kenneally J., McSweeney D., Shalloo L. Validation of an Automated Body Condition Scoring System Using 3D Imaging. *Agriculture*. 2020; 10(6): 246.
<https://doi.org/10.3390/agriculture10060246>
12. Banhazi T.M. et al. Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2012; 5(3): 1–9.
<https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20120503.001>
13. Башилов А.М., Королев В.А. Видеоцифровое системно-метрическое управление агротехнологическими процессами. *Вестник аграрной науки Дона*. 2019; (4): 68–75.
<https://elibrary.ru/vsyvvcn>

REFERENCES

1. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S. Digital technologies and robotic devices in the agriculture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021; 15(4): 6–10 (in Russian).
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Tsench Yu.S. Scientific and Technological Potential as the Main Factor for Agricultural Mechanization Development. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022; 16(2): 4–13 (in Russian).
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. 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>
4. Alem H. The Role of Technical Efficiency Achieving Sustainable Development: A Dynamic Analysis of Norwegian Dairy Farms. *Sustainability*. 2021; 13(4): 1841.
<https://doi.org/10.3390/su13041841>
5. Halachmi I., Guarino M. Editorial: Precision livestock farming: a 'per animal' approach using advanced monitoring technologies. *Animal*. 2016; 10(9): 1482–1483.
<https://doi.org/10.1017/S1751731116001142>
6. Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S. Prediction model for milk production of cows by their exterior features. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2019; (1): 55–62 (in Russian).
<https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>
7. Kharchenko A.V., Feyzullaev F.R., Lepekina T.V. The exterior features of the Kazakh white-headed cattle. *Innovation science*. 2022; (6–1): 62–64 (in Russian).
<https://elibrary.ru/hchsjb>
8. Chindaliev A.E., Kalimoldinova A.S., Alipov A.U., Baimukanov A.D. The use of linear evaluation of body conformation of cows. *Head of animal breeding*. 2019; (8): 32–38 (in Russian).
<https://elibrary.ru/hycfxa>
9. Wilkins J.F., McKiernan W.A., Walmsley B.J., McPhee M.J. Automated data capture using laser technology to enhance live cattle assessment and description. *Australian Farm Business Management Journal*. 2015; 12: 70–77.
<https://doi.org/10.22004/ag.econ.284945>
10. Hansen M.F., Smith M.L., Smith L.N., Jabbar K.A., Forbes D. Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computers in Industry*. 2018; 98: 14–22.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.011>
11. O'Leary N., Leso L., Buckley F., Kenneally J., McSweeney D., Shalloo L. Validation of an Automated Body Condition Scoring System Using 3D Imaging. *Agriculture*. 2020; 10(6): 246.
<https://doi.org/10.3390/agriculture10060246>
12. Banhazi T.M. et al. Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2012; 5(3): 1–9.
<https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20120503.001>
13. Bashilov A.M., Korolev V.A. Video-digital system-metric management of agrotechnological processes. *Don agrarian science bulletin*. 2019; (4): 68–75 (in Russian).
<https://elibrary.ru/vsyvvcn>

14. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K., Silberberg M., Veissier I. Animal Welfare Management in a Digital World. *Animals*. 2020; 10(10): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani10101779>
15. Xue T., Qiao Y., Kong H., Su D., Pan S., Rafique K. One-Shot Learning-Based Animal Video Segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2022; 18(6): 3799–3807. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3117020>
16. Jones J.W. *et al.* Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017; 155: 269–288. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.021>
17. Упельник В.П., Завгородний С.В., Махнова Е.Н., Сенатор С.А. История происхождения и перспективы распространения зебувидного типа черно-пестрой породы крупного рогатого скота (обзор). *Достижения науки и техники АПК*. 2020; 34(12): 66–72. <https://elibrary.ru/cerfph>
18. Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Хакимов А.Р., Бердюгин П.С., Базаев С.О. Оценка стереокамер для цифрового мониторинга экстерьера коров. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024; 18(4): 34–40. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-4-34-40>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Сергеевич Юрочка

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Дмитрий Юрьевич Павкин

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
dimqaqa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

Артём Рустамович Хакимов

младший научный сотрудник
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Павел Сергеевич Бердюгин

младший научный сотрудник
BPS71188@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>

Фёдор Евгеньевич Владимиров

научный сотрудник
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

14. Buller H., Blokhuis H., Lokhorst K., Silberberg M., Veissier I. Animal Welfare Management in a Digital World. *Animals*. 2020; 10(10): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani10101779>

15. Xue T., Qiao Y., Kong H., Su D., Pan S., Rafique K. One-Shot Learning-Based Animal Video Segmentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2022; 18(6): 3799–3807. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3117020>

16. Jones J.W. *et al.* Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*. 2017; 155: 269–288. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.021>

17. Upelnik V.P., Zavgorodny S.V., Makhnova E.N., Senator S.A. The history of the origin and prospects for the spread of the zebu-type Black-and-White cattle (review). *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2020; 34(12): 66–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/cerfph>

18. Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Berdyugin P.S., Bazayev S.O. Assessing Stereo Camera Applicability for Digital Monitoring of Cattle Exterior. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024; 18(4): 34–40 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-4-34-40>

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Sergeevich Yurochka

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Dmitry Yurevich Pavkin

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher
dimqaqa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

Artyom Rustamovich Khakimov

Junior Researcher
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Pavel Sergeevich Berdyugin

Junior Researcher Assistant
BPS71188@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>

Fyodor Evgenievich Vladimirov

Researcher Associate
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutsky Passage, Moscow, 109428, Russia

УДК 637.146 + 546.722

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166

А.В. Блинов¹А.В. Самоволов¹ ✉А.С. Аскерова¹А.А. Нагдалян¹А.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

✉ artem.samovolov@mail.ru

Поступила в редакцию: 01.02.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Блинов А.В., Самоволов А.В., Аскерова А.С., Нагдалян А.А., Серов А.М., Ребезов М.Б.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166

Andrey V. Blinov¹Artyom V. Samovolov¹ ✉Alina S. Askerova¹Andrey A. Nagdalyan¹Alexander M. Serov¹Maksim B. Rebezov^{2,3}¹North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ artem.samovolov@mail.ru

Received by the editorial office: 01.02.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Blinov A.V., Samovolov A.V., Askerova A.S., Nagdalyan A.A., Serov A.M., Rebezov M.B.

Исследование влияния хелатного железосодержащего комплекса на качество кисломолочных продуктов

РЕЗЮМЕ

Цель работы — исследование влияния железосодержащего хелатного комплекса (аскорбатоникотината железа) на физико-химические, органолептические и микробиологические показатели кисломолочного продукта.

Синтез аскорбатоникотината железа проводили механохимическим методом. Для получения комплекса использовали следующие реактивы: аскорбиновую кислоту, никотиновую кислоту, сульфат железа (II), бария гидроокись 8-водную. В результате исследования физико-химических характеристик установлено, что внесение аскорбатоникотината железа с различной концентрацией в кисломолочный продукт не оказывает значительно влияния на такие показатели, как активная кислотность среды, титруемая кислотность и вязкость. Изучено влияние концентрации железосодержащего комплекса на органолептические свойства готового продукта. Установлено, что вкус и запах кисломолочного продукта при добавлении аскорбатоникотината железа не изменяются по сравнению с контрольным образцом, кроме образцов с добавлением хелатного комплекса, содержащего 70% и 100% от суточной нормы железа. Наилучшими характеристиками обладают кисломолочные продукты, обогащенные хелатными комплексами, содержащими 10%, 30% и 50% от суточной нормы железа. Установлено, что цвет полученных напитков изменяется от молочно-белого, свойственного обычному кисломолочному продукту (при внесении 10% и 30 % суточной нормы железа) к розоватому оттенку (при внесении 50%, 70% и 100% от суточной нормы железа), что связано с цветом самого хелатного железа. В работе рассмотрена возможность обогащения кисломолочного продукта — аскорбатоникотината железа, что положительно влияет на его качество и свойства. Изучено влияние аскорбатоникотината железа на рост и развитие бактерий *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Выявлено, что хелатная форма железа оказывает стимулирующее действие на рост и развитие бактерий культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* в концентрациях 1,8 мг/л, 5,4 мг/л и 9 мг/л.

Ключевые слова: пробиотики, инкапсулированный пищевой ингредиент, сахарный диабет 2-го типа, функциональный молочный продукт, микроинкапсулирование

Для цитирования: Блинов А.В., Самоволов А.В., Аскерова А.С., Нагдалян А.А., Серов А.М., Ребезов М.Б. Исследование влияния хелатного железосодержащего комплекса на качество кисломолочных продуктов. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 159–166. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166>

The influence of chelated iron-containing complex on the quality of fermented milk products

ABSTRACT

The aim of the work is to study the effect of an iron-containing chelate complex (iron ascorbate) on the physico-chemical, organoleptic and microbiological parameters of a fermented milk product. Iron ascorbate tonicotinate was synthesized by a mechanochemical method. The following reagents were used to obtain the complex: ascorbic acid, nicotinic acid, iron (II) sulfate, barium hydroxide 8-aqueous. As a result of studying the physicochemical characteristics, it was found that the introduction of iron ascorbate tonicotinate with different concentrations into the fermented milk product does not significantly affect such parameters as active acidity of the medium, titratable acidity and viscosity. The effect of the concentration of the iron-containing complex on the organoleptic properties of yogurt was studied. It has been established that the taste and smell of the fermented milk product with the addition of iron ascorbate tonicotinate do not change compared to the control sample, except for samples with the addition of a chelate complex containing 70% and 100% of the daily iron intake. Fermented milk products enriched with chelate complexes containing 10%, 30% and 50% of the daily iron intake have the best characteristics. It has been established that the color of the resulting drinks changes from milky white, typical of a regular fermented milk product (with the addition of 10 and 30% of the daily iron intake) to a pinkish tint (with the addition of 50%, 70% and 100% of the daily iron intake), which is associated with the color of the chelated iron itself. The paper considers the possibility of enriching a fermented milk product with iron ascorbate tonicotinate, which has a positive effect on its quality and properties. The effect of iron ascorbate tonicotinate on the growth and development of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* bacteria was studied. It was found that the chelated form of iron has a stimulating effect on the growth and development of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* bacteria in concentrations of 1.8 mg/l, 5.4 mg/l and 9 mg/l.

Keywords: iron deficiency, iron ascorbate antonicotinate, fermented milk product, iron chelate

For citation: Blinov A.V., Samovolov A.V., Askerova A.S., Nagdalyan A.A., Serov A.M., Rebezov M.B. Study of the influence of a chelate iron-containing complex on the quality of fermented milk products. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 159–166 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166>

Введение/Introduction

Важная роль в организме человека отведена микро- и макронутриентам [1]. Микроэлементы имеют большую значимость для нормального функционирования организма [2]. Эти вещества обладают антиоксидантной активностью, противовоспалительными свойствами и большим терапевтическим потенциалом [3–5]. Они принимают участие в катализе биохимических процессов и активации ферментов, синтезе белка, кроветворении, костеобразовании, иммунной защите организма [6–8]. Эти ферменты влияют на такие процессы, как морфогенез, резорбция и remodelирование тканей, миграция, адгезия, дифференцировка и пролиферация клеток [9]. Таким образом, человеческий организм нуждается в различных микроэлементах для выполнения различных функций организма [10].

Существуют исследования, подтверждающие участие микроэлементов в защите от патогенных микроорганизмов [11]. К числу микронутриентов входят различные металлы (*Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Mo, Zn, Fe*) [12–19].

Железо является эссенциальным (жизненно важным) микроэлементом. Оно входит в состав более 100 ферментов организма человека [1, 20]. Данный элемент участвует в процессе формирования красных кровяных телец — эритроцитов [21]. Недостаток железа в организме приводит к уменьшению снабжения клеток кислородом и железодефицитной анемии [22–26]. Компенсация потерь этого микроэлемента имеет огромное значение и происходит за счет абсорбции железа из пищи [27, 28], однако таким способом всасывается лишь 10% микроэлемента [29].

Для восполнения необходимого количества микроэлементов используют обогащение продуктов питания эссенциальными микронутриентами [30, 31]. На данный момент подавляющее количество добавок, используемых для обогащения продуктов питания, составляют неорганические соли железа [32, 33]. Однако такая форма не обладает высокой биодоступностью. Для лучшего усвоения железа используют хелатные формы [34]. Смешаннолигандные комплексы двухвалентного железа с витаминами можно использовать для обогащения пищевых продуктов с целью восполнения дефицита железа [35].

Одним из самых перспективных направлений считается обогащение продуктов массового потребления [36–38], например молочной продукции [39, 40].

Актуальность данного исследования заключается в профилактике железодефицитных состояний у населения за счет обогащения кисломолочных продуктов хелатным железосодержащим комплексом — аскорбатоникотинатом железа.

Ввиду перспективного применения материала целью работы стало исследование физико-химических, органолептических и микробиологических свойств кисломолочного продукта, обогащенного аскорбатоникотинатом железа (II).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Синтез и исследование образцов аскорбатоникотината железа проводили на базе департамента функциональных материалов и инженерного конструирования ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» в ноябре 2024 года.

Синтез аскорбатоникотината железа проводили путем смешивания никотиновой и аскорбиновой кислот в отношении 1:1, после чего добавляли к полученному раствору гидроокись бария 8-водного, сульфат железа (II) и дистиллированную воду. Затем центрифугировали три раза при 3000 об/мин для удаления побочного продукта (сульфата бария).

Проводили исследование таких физико-химических параметров образцов йогурта, обогащенных аскорбатоникотинатом железа, как:

- активная кислотность среды,
- титруемая кислотность среды,
- вязкость.

Исследование сквашивания молока, обогащенного тройным комплексом железа, проводили с применением культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (ФГУП «Экспериментальная биофабрика», г. Углич).

Для приготовления лабораторной закваски использовали 1 дм³ цельного молока, предварительно стерилизовав его при 120 °С в течение 20 минут. Затем молоко охлаждали до температуры 42 ± 2 °С и вносили по 0,5 г заквасочных культур с активностью 0,1 и на 100 л заквашиваемого молока. Разливали его по стаканам объемом 150 см³ и вносили исследуемый образец аскорбатоникотината железа из расчета 10%, 30%, 50%, 70%, 100% (1,8, 5,4, 9,0, 12,6, 18,0 мг) от суточной дозы микроэлемента железа, которую потребляет организм взрослого человека.

Подготавливали контрольный образец пастеризованного коровьего молока с жирностью 3,2% (АО «МКС», г. Ставрополь), в который не был добавлен хелатный комплекс.

Опытный образец молока с добавленной закваской и аскорбатоникотинатом железа инкубировали в термостатах при температуре 42 °С. Сквашивание проводили в течение 4–6 ч. до образования кисломолочного сгустка. Титруемая кислотность образцов на момент окончания процесса сквашивания составила 100 ± 2 °Т. После чего полученные образцы продукта охлаждали и хранили при 4 ± 2 °С до проведения дальнейших исследований.

Исследование влияния аскорбатоникотината железа на органолептические характеристики кисломолочной продукции проводили в соответствии с методиками испытания согласно ГОСТ Р ИСО 22935-2¹.

Активную кислотность среды образцов определяли на рН-метре (иономере) «Эксперт-001» (ООО «Эконикс-Эксперт», Россия), титруемую кислотность образцов — титриметрическим методом согласно ГОСТ 3624².

Исследование вязкости проводили методом ротационной вискозиметрии на приборе IKA ROTAVISC lo-vi (IKA Werke, Германия).

Для исследования воздействия аскорбатоникотината железа на увеличение численности колоний бактерий *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* использовали микроскоп модели ZEISS Axio Imager.A2 (Carl Zeiss, Германия). На приготовленные и окрашенные препараты наносили каплю иммерсионного масла и помещали препарат на предметный столик, после чего проводили микроскопирование при увеличении 90х.

При исследовании влияния аскорбатоникотината железа на увеличение численности колоний бактерий *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* навеску MRS агара тщательно размешали в 1 л дистиллированной воды, довели до кипения до полного расплавления агара, профильтровали через ватно-марлевый фильтр, стерилизовали автоклавированием при температуре $(121 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 15 минут. Охлажденную среду добавили в чашки Петри по 20 мл. В среду внесли по 0,25 мл исследуемого образца в концентрациях 18 мг/л, 12,6 мг/л, 9 мг/л, 5,4 мг/л, 1,8 мг/л.

Для проведения экспериментов готовили суспензию *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* в 10 см³ стерильного физраствора, после чего из полученной суспензии готовили 10-кратные разведения и засеивали по 1 см³ в чашки Петри с MRS агаром с добавлением хелатной формы железа. Стерильным шпателем распределяли по поверхности среды. Засеянные чашки Петри инкубировали в термостате при температуре $(42 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение трех суток и исследовали численность колоний микроорганизмов³.

Микробиологические и физико-химические исследования проводили трижды. Параметры

были проанализированы с помощью Statistica для Windows (Statsoft, Tulsa, USA) с использованием однофакторного дисперсионного анализа и t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$).

Исследования органолептических свойств проводили в соответствии с ГОСТ 31981⁴.

Количество привлекаемых экспертов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» — 10. Исследования проводили в ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На первом этапе вырабатывали шесть партий кисломолочного продукта:

контрольного;

обогащенных 1,8 мг, 5,4 мг, 9,0 мг, 12,6 мг, 18,0 мг аскорбатоникотината железа, что составляет 10%, 30%, 50%, 70%, 100% от суточной нормы потребления железа соответственно.

В таблице 1 представлены результаты физико-химических параметров.

По результатам, представленным в таблице 1, можно отметить, что разработанный комплекс эссенциального микроэлемента железа не оказывает значимого влияния на физико-химические показатели кисломолочного продукта. Полученные значения находятся в сопоставимом диапазоне по сравнению с контрольным образцом.

Показатели pH в образцах с добавлением различных концентраций аскорбатоникотината железа находятся в пределах 3,99–4,15 при pH контрольного образца 4,05. Титруемая кислотность контрольного образца составляет 108 °Т. Далее титруемая кислотность образцов с различной концентрацией аскорбатоникотината железа возрастала по мере увеличения суточной концентрации

Таблица 1. Результаты некоторых физико-химических параметров кисломолочного продукта, обогащенного аскорбатоникотинатом железа

Table 1. Results of some physicochemical parameters of fermented milk product enriched with iron ascorbate antonicotinate

Наименование образца	pH	Титруемая кислотность, °Т	Вязкость, Па·с
Контрольный образец	4,05 ± 0,24	108,0 ± 6,5	2,20 ± 0,13
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%10 от суточной нормы железа)	4,14 ± 0,25	111 ± 6,7	2,50 ± 0,15
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%30 от суточной нормы железа)	4,15 ± 0,25	117,0 ± 7,0	2,40 ± 0,14
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%50 от суточной нормы железа)	4,07 ± 0,24	122,0 ± 7,3	2,40 ± 0,14
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%70 от суточной нормы железа)	3,99 ± 0,24	125,0 ± 7,5	2,30 ± 0,14
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%100 от суточной нормы железа)	4,12 ± 0,25	126,0 ± 7,6	2,30 ± 0,14

¹ ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки.

² ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

³ ГОСТ 26670-91 Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов.

⁴ ГОСТ 31981-2013 Йогурты. Общие технические условия.

в продукте от 111 °Т (10% суточной нормы железа) до 126 °Т (100% суточной нормы железа). Данный факт может быть связан с наличием в комплексе аскорбиновой и никотиновой кислот.

Вязкость образцов, обогащенных аскорбатоникотинатом железа с различным содержанием, практически не меняется по отношению к контрольному образцу.

На втором этапе были проведены эксперименты по влиянию концентрации аскорбатоникотината железа на органолептические свойства кисломолочного продукта.

В таблице 2 представлены полученные результаты исследования.

Полученный кисломолочный продукт представляет собой однородную, в меру вязкую, густую жидкость с наличием небольших комочков. Цвет образцов с добавлением аскорбатоникотината железа с концентрациями 10% и 30% от суточной дозы железа схож с цветом контрольного образца. Однако образцы с добавлением от 50 до 100% хелатного железа имеют розоватый цвет, который становится более насыщенным по мере увеличения концентрации хелатного комплекса. В кисломолочном продукте, обогащенном 70% и 100% суточной нормы железа, наблюдается более выраженный кислый запах, что обусловлено повышенной титруемой кислотностью. Вкус и консистенция исследуемых образцов схожи со вкусом контрольного образца.

Далее проводили исследование влияния хелатной формы железа на рост и развитие бактерий *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* на стандартных плотных питательных средах. Количество выросших колоний подсчитывали на каждой чашке. Значения КОЕ в исследуемых образцах представлены в таблице 3.

Для проведения микроскопирования подготовили временные препараты исследуемых образцов. *Streptococcus thermophilus* представлены кокками, часто соединенными в длинные цепочки, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* — длинные и короткие палочки (от 5 до 20 мк).

Микроснимки бактериальных культур представлены на рисунке 1.

Таблица 3. Значение КОЕ *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp.* на питательных средах с добавлением хелатной формы железа в разной концентрации

Table 3. The value of CFU of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp.* on nutrient media with the addition of chelated iron in different concentrations

Концентрация железа в MRS агаре, мг/л	КОЕ в 1 мл
18,0	$1,1 \times 10^7$
12,6	$1,2 \times 10^7$
9,0	$1,3 \times 10^7$
5,4	$1,3 \times 10^7$
1,8	$1,4 \times 10^7$

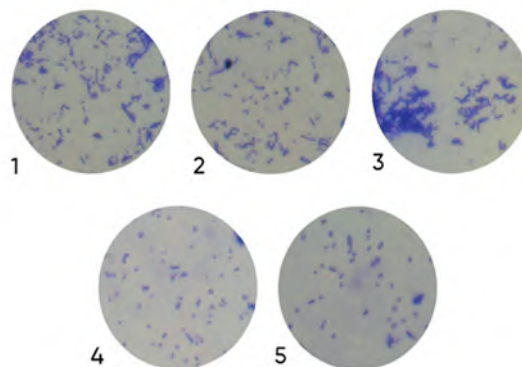
Таблица 2. Результаты исследования органолептических свойств кисломолочного продукта, обогащенного аскорбатоникотинатом железа

Table 2. Results of the study of organoleptic properties of a fermented milk product enriched with iron ascorbate antonicotinate

Наименование показателя	Внешний вид, консистенция	Цвет	Вкус	Запах
Контрольный образец	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	молочно-белый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (10% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	молочно-белый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (30% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	молочно-белый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (50% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	слегка розоватый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (70% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	слегка розоватый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (100% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	розоватый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)

Рис. 1. Микроснимки бактериальных культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, культивируемых на питательных средах с добавлением хелатной формы железа в разной концентрации. Концентрация железа в питательной среде: 1) 1,8 мг/л; 2) 5,4 мг/л; 3.) 9 мг/л; 4) 12,6 мг/л; 5) 18 мг/л

Fig. 1. Micrographs of bacterial cultures of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* grown on nutrient media with the addition of chelated iron in different concentrations. Concentration of iron in the nutrient medium: 1) 1.8 mg/l; 2) 5.4 mg/l; 3) 9 mg/l; 4) 12.6 mg/l; 5) 18 mg/l



Хелатная форма железа оказывает стимулирующее действие на рост и развитие бактерий культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* в концентрациях 1,8 мг/л, 5,4 мг/л и 9 мг/л. При концентрациях железа 12,6 мг/л и 18 мг/л стимулирующий эффект снижается, соответственно, снижается и количество *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*.

Выводы/Conclusions

В рамках работы было проведено исследование влияния внесения различной концентрации аскорбатоникотината железа на физико-химические и органолептические показатели кисломолочного продукта и на рост бактерий.

Проведен синтез аскорбатоникотината железа с использованием аскорбиновой кислоты, никотиновой кислоты, гидроксида бария, сульфата железа (II) и дистиллированной воды. Изучены pH, титруемая кислотность, вязкость, а

также органолептические свойства кисломолочного продукта, стабилизированного аскорбатоникотинатом железа.

Установлено, что внесение разработанного хелатного комплекса (аскорбатоникотината железа) практически не влияет на физико-химические свойства, однако наблюдается изменение органолептических показателей. При добавлении максимальной дозы хелатного комплекса железа наблюдается изменение цвета на розоватый, что позволяет использовать разработанное соединение в продуктах, в которых цвет не имеет столь важного значения.

Установлено стимулирующее влияние аскорбатоникотината железа на рост и развитие бактерий *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* при внесении концентраций комплекса, соответствующих 10%, 30% и 50% от суточной дозы железа.

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 № 24-76-10063.
<https://rscf.ru/project/24-76-10063/>

FUNDING

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-76-10063.
<https://rscf.ru/project/24-76-10063/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скальная М.Г., Скальный А.В. Микроэлементы: биологическая роль и значение для медицинской практики. Сообщение 2. Железо. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015; (2): 19–27. <https://elibrary.ru/ttgqxv>
2. Коробко И.Ю., Журня А.А., Мельникова О.П., Павлова О.С. Микро- и макроэлементы сердечно-сосудистые заболевания. Кардиология в Беларуси. 2018; 10(2): 280–289. <https://elibrary.ru/lblfnt>
3. Кульчавеня Е.В. Роль микроэлементов в здоровье и благополучии человека. Клинический разбор в общей медицине. 2021; 2(1): 58–64. <https://doi.org/10.47407/kr2021.2.1.00033>
4. 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>
5. Narayanan L. *et al.* Nutritional and therapeutic potential of bioactive compounds from melons: a mini review. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2024; 14(3): e11877. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11877>
6. Долгая М.Н. Влияние микроэлементной композиции на физиологический статус организма крыс. Биология животных. 2011; 13(1–2): 98–102 (на укр. яз.). <https://elibrary.ru/rkuvsn>

REFERENCES

1. Skalnaya M.G., Skalny A.V. Trace elements: the biological role and significance for medical practice. Communication 2. Iron. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2015; (2): 19–27 (in Russian). <https://elibrary.ru/ttgqxv>
2. Korobko I.Yu., Zhurnya A.A., Melnikova O.P., Pavlova O.S. Microelements and macroelements and cardiovascular disease. *Cardiology in Belarus*. 2018; 10(2): 280–289 (in Russian). <https://elibrary.ru/lblfnt>
3. Kulchavenya E.V. Minerals contributing to human health and well-being. *Clinical review for general practice*. 2021; 2(1): 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.47407/kr2021.2.1.00033>
4. 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>
5. Narayanan L. *et al.* Nutritional and therapeutic potential of bioactive compounds from melons: a mini review. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2024; 14(3): e11877. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11877>
6. Dolgaya M.N. Influence of microelement composition on physiology status in the conditions of rats' organism. *The Animal Biology*. 2011; 13(1–2): 98–102 (in Ukrainian). <https://elibrary.ru/rkuvsn>

7. Филимонов Р.М., Фесюн А.Д., Филимонова Т.Р., Борисевич О.О. Роль микроэлементов питьевых минеральных вод в метаболических процессах желудочно-кишечного тракта. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2022; (8): 179–189. <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-204-8-179-189>
8. Atakhodjaeva I., Akramova R., Choriye A., Tóxtayev S., Li V. Study of a protein-containing and keto-dietary product based on local raw materials. *E3S Web of Conferences*. 2023; 401: 03037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103037>
9. Artemieva I., Litvinova E., Andrianova E. Actual aspects of the use of metalloproteins in the meat industry for effective resource conservation. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Conference proceedings*. SGEM. 2019; 19: 507–514. <https://www.elibrary.ru/sagwih>
10. Тангатарова С.Б., Жумаева А.Т., Абдуллаева Ж.Д. Биологическая значимость микроэлементов в организме человека. *Бюллетень науки и практики*. 2024; 10(7): 65–69. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/08>
11. Спивак Н.Я., Каплуненко В.Г., Косинов Н.В., Скальный А.В. Противовирусная, антиоксидантная и каталитическая активность микроэлементов в низкой степени окисления. *Микроэлементы в медицине*. 2020; 21(3): 3–23. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2020-21-3-3-23>
12. Renata R.B.N., Arely G.R.A., Gabriela L.M.A., Esther M.L.M. Immunomodulatory Role of Microelements in COVID-19 Outcome: a Relationship with Nutritional Status. *Biological Trace Element Research*. 2023; 201(4): 1596–1614. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03290-8>
13. Музакаева Х.С., Дускаев М.З. Метаболическая роль марганца в организме. *Вестник Медицинского института*. 2024; (1): 55–60. <https://www.elibrary.ru/xxqsxa>
14. Блинов А.В., Рехман З.А., Голик А.Б., Гвозденко А.А., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б. Инновационная форма эссенциального микроэлемента меди для обогащения молочной продукции. *Аграрная наука*. 2024; (4): 153–159. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-153-159>
15. 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>
16. Серикова А.С., Асенова Б.К., Смольникова Ф.Х., Конганбаев Е.К., Ребезов М.Б. Исследование минерального состава круп. *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова. М.: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова*. 2015; 416–419. <https://elibrary.ru/vbdlmcf>
17. Тангатарова С.Б., Хан А.М.А., Жумаева А.Т. Значение химических элементов в организме человека. *Вестник Ошского государственного университета. Медицина*. 2023; (2): 54–59 (на англ. яз.). [https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2\(2\)_7](https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2(2)_7)
18. Щетинина С.Ю. Значение минеральных веществ для здоровья человека. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2024; (4–4): 27–31. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-4-4-27-31>
19. Кулибаба С.В., Долгая М.Н., Ионов И.А. Влияние скармливания хелатных комплексов микроэлементов на среднесуточный баланс Cu, Zn и Mn в организме коров в период раздоя. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2017; 19(79): 58–61 (на укр. яз.). <https://doi.org/10.15421/nvlvet7912>
20. Cadet E., Gadenne M., Capront D., Rochette J. Données récentes sur le métabolisme du fer: un état de transition. *La Revue de Médecine Interne*. 2005; 26(4): 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2004.09.024>
21. Остапенко В.А. Железо и его роль в организме человека. *Фундаментальные и прикладные исследования в условиях геополитической нестабильности. Материалы XXIII Всероссийской научно-практической конференции*. Ростов-на-Дону: Манускрипт. 2023; 180–184. <https://elibrary.ru/mjzmrp>
22. Sant-Rayn P., Tye-Din J., Muckenthaler M.U., Swinkels D.W. Iron deficiency. *The Lancet*. 2021; 397(10270): 233–248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32594-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32594-0)
23. Доброхотова Ю.Э., Керчелаева С.Б. Опыт применения препарата железа для лечения железодефицитной анемии у пациенток в послеродовом периоде. *Лечебное дело*. 2022; (2): 38–43. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2022-12804>
24. Полякова О.А., Клепикова М.В., Литвинова С.Н., Исаакян Ю.А., Остроумова О.Д. Проблема дефицита железа и железодефицитной анемии в общей медицинской практике. *Профилактическая медицина*. 2022; 25(12): 127–134. <https://doi.org/10.17116/profmed20222512127>
7. Filimonov R.M., Fesyun A.D., Filimonova T.R., Borisevich O.O. Role of microelements in drinking mineral waters in metabolic processes of the gastrointestinal tract. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2022; (8): 179–189 (in Russian). <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-204-8-179-189>
8. Atakhodjaeva I., Akramova R., Choriye A., Tóxtayev S. S., Li V. Study of a protein-containing and keto-dietary product based on local raw materials. *E3S Web of Conferences*. 2023; 401: 03037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103037>
9. Artemieva I., Litvinova E., Andrianova E. Actual aspects of the use of metalloproteins in the meat industry for effective resource conservation. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Conference proceedings*. SGEM. 2019; 19: 507–514. <https://www.elibrary.ru/sagwih>
10. Tangatarova S.B., Zhumaeva A.T., Abdullaeva Zh.D. Biological importance of microelements in the human body. *Bulletin of Science and Practice*. 2024; 10(7): 65–69 (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/08>
11. Spivak N.Ya., Kaplunenko V.G., Kosinov M.V., Skalny A.V. Antiviral, antioxidant and catalytic activity of trace elements in a low degree of oxidation. *Trace elements in medicine*. 2020; 21(3): 3–23 (in Russian). <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2020-21-3-3-23>
12. Renata R.B.N., Arely G.R.A., Gabriela L.M.A., Esther M.L.M. Immunomodulatory Role of Microelements in COVID-19 Outcome: a Relationship with Nutritional Status. *Biological Trace Element Research*. 2023; 201(4): 1596–1614. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03290-8>
13. Muzakaeva Kh.S., Duskaev M.Z. Metabolic role of manganese in the body. *Vestnik Meditsinskogo instituta*. 2024; (1): 55–60 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xxqsxa>
14. 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>
15. 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>
16. Serikova A.S., Asenova B.K., Smolnikova F.Kh., Konganbaev E.K., Rebezov M.B. Study on the mineral composition of grits. *International scientific and practical conference dedicated to the memory of V.M. Gorbato*. Moscow: V.M. Gorbato Federal Scientific Center for Food Systems. 2015; 416–419 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbdlmcf>
17. Tangatarova S.B., Khan A.M.A., Zhumaeva A.T. Importance of chemical elements in the human body. *Journal of Osh State University. Medicine*. 2023; (2): 54–59. [https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2\(2\)_7](https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2(2)_7)
18. Shchetinina S.Yu. The importance of mineral substances for human health. *International journal of humanities and natural sciences*. 2024; (4–4): 27–31 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-4-4-27-31>
19. Kulibaba S.V., Dolgaya M.N., Ionov I.A. Effect of feeding chelate complexes of trace elements on the average daily balance of Cu, Zn and Mn in the organism of cows during the period of lactation. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2017; 19(79): 58–61 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/nvlvet7912>
20. Cadet E., Gadenne M., Capront D., Rochette J. Advances in iron metabolism: a transition state. *La Revue de Médecine Interne*. 2005; 26(4): 315–324 (in French). <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2004.09.024>
21. Ostapenko V.A. Iron and its role in the human body. *Fundamental and applied research in conditions of geopolitical instability. Materials of the XXIII All-Russian Scientific and Practical Conference*. Rostov-on-Don: Manuscript. 2023; 180–184 (in Russian). <https://elibrary.ru/mjzmrp>
22. Sant-Rayn P., Tye-Din J., Muckenthaler M.U., Swinkels D.W. Iron deficiency. *The Lancet*. 2021; 397(10270): 233–248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32594-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32594-0)
23. Dobrokhotova Yu.E., Kerchelaeva S.B. Use of iron drugs for the treatment of iron deficiency anemia in patients in the postpartum period. *Lechebnoye delo*. 2022; (2): 38–43 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2022-12804>
24. Polyakova O.A., Klepikova M.V., Litvinova S.N., Isaakyan Yu.A., Ostroumova O.D. Iron deficiency and iron deficiency anemia in general medical practice. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022; 25(12): 127–134 (in Russian). <https://doi.org/10.17116/profmed20222512127>

25. Симион А.Ю., Овсянников Е.С. Влияние железодефицитной анемии на качество жизни пациентов с ишемической болезнью сердца. *Профилактическая медицина*. 2023; 26(5–2): 9. <https://elibrary.ru/qshkqd>
26. Богданов А.Н., Волошин С.В., Тыренко В.В., Поляков А.С. Железодефицитная анемия у пациентов пожилого и старческого возраста. *Успехи геронтологии*. 2020; 33(6): 1150–1157. <https://doi.org/10.34922/AE.2020.33.6.018>
27. Зырянов С.К., Байбулатова Е.А. Выбор препарата железа для парентерального введения при железодефицитной анемии. *Терапевтический архив*. 2024; 96(4): 407–418. <https://doi.org/10.26442/00403660.2024.04.202693>
28. Мартынов А.И. и др. Современный взгляд на лечение дефицита железа и фолиевой кислоты. *Профилактическая медицина*. 2023; 26(7): 80–87. <https://doi.org/10.17116/profmed20232607180>
29. Колосова Н.Г., Баяндина Г.Н., Машукова Н.Г., Геппе Н.А. Обмен железа в организме и пути коррекции его нарушений. *Трудный пациент*. 2011; 9(8–9): 54–58. <https://elibrary.ru/oxftmb>
30. Мазуренко Е.А., Гринченко В.С., Бахмет М.П. Высокие технологии обогащения химического состава пищевых продуктов эссенциальными компонентами. Наука и инновации — современные концепции. Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. М.: Инфинити. 2020; 1: 112–117. <https://elibrary.ru/tpyach>
31. Третьяк Л.Н., Ребезов М.Б., Антипова А.П., Мордвинова А.О. Анализ потребительских предпочтений при выборе обогащенных кисломолочных продуктов. Региональный аспект. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015; (12–6): 978–982. <https://elibrary.ru/vbunwr>
32. Minzanova S.T. et al. Complexation of pectin with macro- and microelements. Antianemic activity of Na, Fe and Na, Ca, Fe complexes. *Carbohydrate Polymers*. 2015; 134: 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.034>
33. Дубцов Г.Г. и др. Хлебобулочные изделия в профилактике железодефицитной анемии. *Вопросы диетологии*. 2019; 9(1): 5–10. <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2019-1-5-10>
34. Wu W., Yang Y., Sun N., Bao Z., Lin S. Food protein-derived iron-chelating peptides: The binding mode and promotive effects of iron bioavailability. *Food Research International*. 2020; 131: 108976. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108976>
35. Блинов А.В., Маглакелидзе Д.Г., Гвозденко А.А., Голик А.Б., Колодкин М.А., Рехман З.А. Функциональный молочный напиток, обогащенный аскорбатом и изолейцином железа (II). *Индустрия питания*. 2023; 8(3): 87–96. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-3-9>
36. Михайлина М.А., Шленкин А.К. Микроэлементы — необходимые компоненты пищи. В мире научных открытий. Материалы II Международной студенческой научной конференции. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет. 2018; 6(2): 149–151. <https://elibrary.ru/ynzszz>
37. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных микроэлементами пищевых продуктов и йодирования соли. *Микроэлементы в медицине*. 2015; 16(4): 3–20. <https://elibrary.ru/vsvfgx>
38. Логвинчук Т.М. Выбор микронутриентов — витаминов и минеральных веществ для разработки обогащенных растворимых чайных напитков. Тенденции развития науки и образования. 2022; 84(1): 136–138. <https://doi.org/10.18411/trnio-04-2022-35>
39. 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. *Аграрная наука*. 2024; (12): 158–165. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-158-165>
40. 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>
25. Simion A.Yu., Ovsyannikov E.S. The impact of iron deficiency anemia on the quality of life of patients with coronary heart disease. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023; 26(5–2): 9 (in Russian). <https://elibrary.ru/qshkqd>
26. Bogdanov A.N., Voloshin S.V., Tyrenko V.V., Polyakov A.S. Iron deficiency anemia in elderly and senile patients. *Advances in gerontology*. 2020; 33(6): 1150–1157 (in Russian). <https://doi.org/10.34922/AE.2020.33.6.018>
27. Zyryanov S.K., Baybulatova E.A. Selection of parenteral iron supplement for iron deficiency anemia: A review. *Therapeutic archive*. 2024; 96(4): 407–418 (in Russian). <https://doi.org/10.26442/00403660.2024.04.202693>
28. Martynov A.I. et al. Modern view on treatment of iron and folic acid deficiency. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023; 26(7): 80–87 (in Russian). <https://doi.org/10.17116/profmed20232607180>
29. Kolosova N.G., Bayandina G.N., Mashukova N.G., Geppe N.A. Iron exchange in the body and ways of correction of its abnormalities. *Difficult patient*. 2011; 9(8–9): 54–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/oxftmb>
30. Mazurenko E.A., Grinchenko V.S., Bakhmet M.P. High technologies for enriching the chemical composition of food products with essential components. *Science and innovation — modern concepts. Collection of scientific articles based on the results of the International Scientific Forum*. Moscow: Infiniti. 2020; 1: 112–117 (in Russian). <https://elibrary.ru/tpyach>
31. Tretyak L.N., Rebezov M.B., Antipova A.P., Mordvinova A.O. The analysis of consumer preferences in choosing enriched fermented milk product. Regional aspect. *International journal of applied and fundamental research*. 2015; (12–6): 978–982 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbunwr>
32. Minzanova S.T. et al. Complexation of pectin with macro- and microelements. Antianemic activity of Na, Fe and Na, Ca, Fe complexes. *Carbohydrate Polymers*. 2015; 134: 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.034>
33. Dubtsov G.G. et al. Bread and bakery products in prevention of iron-deficiency anaemia. *Nutrition*. 2019; 9(1): 5–10 (in Russian). <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2019-1-5-10>
34. Wu W., Yang Y., Sun N., Bao Z., Lin S. Food protein-derived iron-chelating peptides: The binding mode and promotive effects of iron bioavailability. *Food Research International*. 2020; 131: 108976. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108976>
35. 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>
36. Mikhailina M.A., Shlenkin A.K. Trace elements are essential components of food. In the world of scientific discoveries. *Proceedings of the II International student scientific conference*. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University. 2018; 6(2): 149–151 (in Russian). <https://elibrary.ru/ynzszz>
37. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V. The analysis of domestic and international policy of food fortification with trace elements and salt iodization. *Trace elements in medicine*. 2015; 16(4): 3–20 (in Russian). <https://elibrary.ru/vsvfgx>
38. Logvinchuk T.M. Selection of micronutrients — vitamins and minerals for the development of fortified instant tea drinks. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022; 84(1): 136–138 (in Russian). <https://doi.org/10.18411/trnio-04-2022-35>
39. Kostenko K.V., Blinov A.V., Poidun F.A., Pirogov M.A., Serov A.M., Rebezov M.B. A functional drink based on reconstituted whey powder and a triple chelate complex of the essential trace element zinc. *Agrarian science*. 2024; (12): 158–165 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-158-165>
40. 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>

ОБ АВТОРАХ

Андрей Владимирович Блинов¹

кандидат технических наук, доцент департамента функциональных материалов и инженерного конструирования
blinov.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4701-8633>

Артём Владимирович Самоволов¹

ассистент кафедры технологии переработки нефти и промышленной экологии
artem.samovolov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5570-6201>

Алина Салмановна Аскерова¹

лаборант департамента функциональных материалов и инженерного конструирования
vikalinka04@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-9852-3055/>

Андрей Ашотович Нагдалян¹

старший научный сотрудник НИЛ пищевой и промышленной биотехнологии
geniando@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Александр Михайлович Серов¹

лаборант департамента функциональных материалов и инженерного конструирования
sanyka_stavzan@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2929-4191>

Максим Борисович Ребезов^{2,3}

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных 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

ABOUT THE AUTHORS

Andrey Vladimirovich Blinov¹

PhD, Associate Professor, Department of Functional Materials and Engineering Design
blinov.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4701-8633>

Artyom Vladimirovich Samovolov¹

Assistant at the Department of Oil Refining Technology and Industrial Ecology
artem.samovolov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5570-6201>

Alina Salmanovna Askerova¹

Laboratory Assistant at the Department of Functional Materials and Engineering Design
vikalinka04@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-9852-3055/>

Andrey Ashotovitch Nagdalyan¹

Senior Researcher at the Institute of Food and Industrial Biotechnology
geniando@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Alexander Mikhailovich Serov¹

Laboratory Assistant at the Department of Functional Materials and Engineering Design
sanyka_stavzan@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2929-4191>

Maksim Borisovich Rebezov^{2,3}

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher²;
• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary 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

УДК 332.025,332.63

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-167-171

А.И. Галкин

Финансовый университет при
Правительстве Российской
Федерации, Москва, Россия

✉ aigalkin@fa.ru

Поступила в редакцию: 12.01.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Галкин. А.И.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-167-171

Andrey I. Galkin

Financial University under the
Government of the Russian
Federation, Moscow, Russia

✉ aigalkin@fa.ru

Received by the editorial office: 12.01.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Galkin A.I.

Применение нейросетей и технологий больших данных в сельском хозяйстве: повышение эффективности и устойчивости агропроизводства

РЕЗЮМЕ

Данная статья посвящена исследованию потенциала применения нейросетей и технологий больших данных в сельском хозяйстве для повышения эффективности и устойчивости агропроизводства. На основе комплексного анализа научной литературы и эмпирических данных из реальных проектов внедрения выявлены ключевые направления использования этих инновационных подходов: точное земледелие, оптимизация управления ресурсами, мониторинг состояния посевов и животных, прогнозирование урожайности и продуктивности. Показано, что интеграция нейросетевых алгоритмов и инструментов анализа больших данных позволяет существенно улучшить процесс принятия решений на всех этапах сельхозпроизводства за счет учета множества факторов и выявления неочевидных закономерностей. Разработана концептуальная модель системы поддержки принятия решений для агропредприятий, основанная на синтезе методов машинного обучения и интеллектуального анализа разнородных массивов данных. Верификация модели на реальных датасетах продемонстрировала повышение точности прогнозов урожайности на 15–20% и снижение затрат ресурсов на 10–12% по сравнению с традиционными подходами. Полученные результаты создают основу для масштабирования предложенных решений и их адаптации под специфику конкретных агропредприятий с целью перехода к устойчивому и высокопродуктивному сельскому хозяйству нового поколения.

Ключевые слова: нейронные сети, большие данные, точное земледелие, устойчивое сельское хозяйство, машинное обучение, интеллектуальный анализ данных

Для цитирования: Галкин А.И. Применение нейросетей и технологий больших данных в сельском хозяйстве: повышение эффективности и устойчивости агропроизводства. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 167–171.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-167-171>

Application of neural networks and big data technologies in agriculture: increasing the efficiency and sustainability of agricultural production

ABSTRACT

This article is dedicated to exploring the potential of applying neural networks and big data technologies in agriculture to enhance the efficiency and sustainability of agricultural production. Based on a comprehensive analysis of scientific literature and empirical data from real implementation projects, key areas for utilizing these innovative approaches have been identified: precision farming, resource management optimization, crop and livestock condition monitoring, and yield and productivity forecasting. It has been demonstrated that integrating neural network algorithms and big data analysis tools significantly improves the decision-making process at all stages of agricultural production by accounting for numerous factors and identifying non-obvious patterns. A conceptual model of a decision support system for agricultural enterprises has been developed, based on synthesizing machine learning methods and intelligent analysis of heterogeneous data sets. Validation of the model on real datasets showed a 15–20% improvement in yield prediction accuracy and a 10–12% reduction in resource costs compared to traditional approaches. The results lay the foundation for scaling the proposed solutions and adapting them to the specific characteristics of individual agricultural enterprises, aiming for a transition to sustainable and highly productive next-generation agriculture.

Key words: neural networks, big data, precision farming, sustainable agriculture, machine learning, data mining

For citation: Galkin A.I. Application of neural networks and big data technologies in agriculture: increasing the efficiency and sustainability of agricultural production. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 167–171 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-167-171>

Введение

В условиях растущего населения планеты и сокращения пригодных для сельского хозяйства земель обеспечение продовольственной безопасности и устойчивости агропроизводства становится глобальным вызовом [1]. Традиционные методы ведения сельского хозяйства уже не могут в полной мере удовлетворить потребности в наращивании объемов производства при одновременном снижении нагрузки на окружающую среду [2]. В связи с этим всё большее внимание исследователей и практиков привлекают инновационные технологии, основанные на применении искусственного интеллекта и анализа больших данных [3].

Как показывает анализ научных публикаций последних лет в высокорейтинговых журналах, таких как *Computers and Electronics in Agriculture* (импакт-фактор 4,8), *Agricultural Systems* (импакт-фактор 5,4), эти подходы открывают новые возможности для оптимизации всех этапов сельхозпроизводства — от планирования посевов до уборки урожая и управления хранением продукции [4, 5].

Использование нейросетевых алгоритмов для обработки данных, поступающих с множества сенсоров и датчиков, позволяет выявлять неочевидные закономерности и взаимосвязи факторов, влияющих на продуктивность [6]. На основе этих инсайтов можно существенно повысить точность прогнозирования урожайности, оптимизировать использование ресурсов (воды, удобрений, средств защиты растений), своевременно выявлять болезни и вредителей [7, 8].

Однако, несмотря на многообещающие результаты отдельных исследований и пилотных проектов, полномасштабное внедрение подходов на базе искусственного интеллекта (ИИ) и больших данных в агросекторе пока ограничено рядом проблем. Среди них — неоднозначность терминологии и различия в понимании базовых концепций, фрагментированность решений и недостаточная интегрированность с существующими агротехнологиями, нехватка качественных датасетов для обучения моделей, слабая изученность экономических и социальных эффектов [9, 10]. Решение этих проблем требует консолидации усилий научного сообщества, агробизнеса, регуляторов для выработки единых стандартов и создания благоприятной экосистемы точного земледелия.

Критический анализ литературы показывает, что, несмотря на растущее количество публикаций в этой сфере, многие ключевые вопросы остаются нерешенными. В частности, не сформирован унифицированный понятийно-терминологический аппарат на стыке агрономии, информатики и математического моделирования. Термины «умное сельское хозяйство», «точное земледелие», «интеллектуальные агросистемы» зачастую используются как синонимы, хотя описывают разные уровни интеграции цифровых технологий в сельхозпроизводство. Кроме того, большинство исследований фокусируются на технической стороне внедрения

ИИ и больших данных, тогда как вопросы экономической эффективности, юридического регулирования и социального принятия остаются на периферии.

Ключевая задача — разработка концептуальной модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений в растениеводстве и животноводстве, основанной на синергии методов машинного обучения и интеллектуального анализа разнородных массивов структурированных и неструктурированных данных из множественных источников. Верификация модели на реальных данных позволит оценить ее целесообразность и выявить узкие места для дальнейшего улучшения.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для достижения поставленных целей в исследовании использован комплекс взаимодополняющих методов и подходов. Концептуальную основу составил анализ научной литературы из высокорейтинговых журналов предметной области (с импакт-фактором от 2,5) за 2018–2023 гг., что позволило выявить основные тренды и пробелы в изучении проблемы. Теоретический фундамент исследования опирается на синтез концепций устойчивого развития, интеллектуализации технологий и цифровой трансформации агропроизводства.

Эмпирическую базу составили датасеты реальных проектов применения систем точного земледелия, предоставленные партнерскими агрохозяйствами из разных регионов России за 2019–2023 гг. Выборка включала данные по 120 полям общей площадью более 75 тыс. га, где выращивали зерновые, зернобобовые, масличные и кормовые культуры. Для каждого поля были доступны как структурированные (урожайность, параметры почвы, нормы внесения удобрений и средств защиты), так и неструктурированные (снимки БПЛА, спутниковые снимки, метеоданные) данные.

После очистки и предобработки суммарный объем массива составил 1,2 Тб. На этой основе была разработана концептуальная модель системы поддержки принятия решений, ядром которой стал ансамбль моделей машинного обучения — от классических регрессионных до сверточных нейронных сетей глубокого обучения. Для выбора оптимальной архитектуры применяли техники автоматического машинного обучения (AutoML) с валидацией по отложенной выборке [16].

Ключевые метрики качества — коэффициент детерминации R^2 , средняя абсолютная ошибка MAE, относительная квадратичная ошибка RRSE. Для оптимизации гиперпараметров использовали байесовский алгоритм TreeParzen Estimator, показавший высокую эффективность в подобных задачах.

Интеллектуальный анализ данных проводили с помощью методов построения деревьев решений, правил ассоциации, кластеризации и понижения размерности. Это позволило выделить ключевые

факторы и их сочетания, влияющие на итоговые показатели урожайности. Отдельное внимание уделяли оценке устойчивости найденных паттернов и выбросов с помощью методов бутстрэпа и кросс-валидации. Для описания динамики временных рядов применяли алгоритмы символьной регрессии и динамического искажения времени (DTW).

Обобщение полученных результатов и формирование рекомендаций проводили с использованием экспертных методов сценарного анализа, SWOT-анализа и форсайт-сессий со специалистами предметной области. Многокритериальную оценку экономических и экологических эффектов внедрения осуществляли в рамках методологии анализа издержек и выгод (Cost-Benefit Analysis) с учетом рисков и неопределенностей.

На всех этапах исследования особое внимание уделяли обеспечению релевантности и репрезентативности используемых данных и методов для решения поставленных задач. Для контроля качества моделей применяли статистические критерии проверки гипотез (t-тест, тест Вилкоксона, критерий согласия Пирсона), позволившие оценить значимость различий в распределениях метрик на разных выборках.

Сравнение разработанной системы с существующими решениями проводили с использованием непараметрического критерия знаков для связанных выборок. Таким образом, примененный методологический аппарат позволил строго и всесторонне изучить проблему с позиций доказательного подхода.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов в применении нейросетей и технологий больших данных в сельском хозяйстве. На первом этапе углубленный статистический анализ массива данных по 120 полям общей площадью более 75 тыс. га за 2019–2023 гг. показал, что внедрение интеллектуальных систем точного земледелия приводит к существенному повышению урожайности основных культур. Так, средняя урожайность зерновых выросла на 18,5% ($p < 0,01$), масличных — на 14,2% ($p < 0,05$), зернобобовых — на 11,8% ($p < 0,05$) по сравнению с традиционными методами агротехники. При этом наблюдалось статистически значимое снижение удельных затрат ресурсов: воды — на 21,3% ($p < 0,01$), удобрений — на 16,7% ($p < 0,01$), средств защиты растений — на 19,4% ($p < 0,01$).

Корреляционный анализ выявил сильные положительные связи между использованием алгоритмов машинного обучения для обработки данных и ключевыми показателями агроэффективности (коэффициенты корреляции Пирсона — от 0,74 до 0,86, $p < 0,001$).

Таблица 1. Прирост урожайности основных культур при применении интеллектуальных систем точного земледелия

Table 1. Increase in yield of main crops when using intelligent precision farming systems

Культура	Средний прирост урожайности, %	Уровень значимости (p-value)
Зерновые	18,5	$< 0,01$
Масличные	14,2	$< 0,05$
Зернобобовые	11,8	$< 0,05$
Кормовые	9,6	$< 0,1$

Дисперсионный анализ ANOVA подтвердил наличие статистически значимых различий в урожайности между полями с внедренными smart-технологиями и контрольной группой по всем исследуемым культурам ($F = 27,84$, $p < 0,0001$). Регрессионные модели на основе нейронных сетей продемонстрировали высокую точность прогнозирования урожайности на тестовой выборке: коэффициент детерминации $R^2 = 0,87$, средняя абсолютная ошибка MAE — 3,15 ц/га. Это превосходит показатели классических регрессионных уравнений ($R^2 = 0,64$, MAE = 5,82 ц/га) и позволяет осуществлять упреждающее планирование агроопераций с учетом прогнозных оценок.

Интеллектуальный анализ массивов геопространственных и метеорологических данных методами кластеризации и поиска ассоциативных правил позволил определить оптимальные параметры дифференцированного внесения удобрений и средств защиты с учетом вариабельности агрохимических свойств почв и рельефа полей. Алгоритмы градиентного бустинга на основе деревьев решений XGBoost и CatBoost показали наивысшую результативность в задаче классификации состояния посевов по мультиспектральным снимкам (точность на тестовой выборке — 0,94 и 0,92 соответственно). Это дает возможность осуществлять раннее обнаружение проблемных зон и точно применять превентивные агромероприятия, снижая риски потерь урожая.

Концептуальное обобщение выявленных эмпирических трендов позволяет говорить о начале нового этапа развития агротехнологий, связанного с переходом от традиционных методов

Таблица 2. Результативность методов машинного обучения в задачах точного земледелия

Table 2. Performance of machine learning methods in precision farming tasks

Метод	Средняя точность (accuracy)	Средняя полнота (recall)
Градиентный бустинг (XGBoost)	0,94	0,92
Градиентный бустинг (CatBoost)	0,92	0,90
Случайный лес (Random Forest)	0,89	0,87
Логистическая регрессия	0,85	0,84
Наивный байесовский классификатор	0,82	0,80

унифицированного управления к дифференцированному принятию решений на основе интеллектуальной обработки данных. Это хорошо согласуется с идеями адаптивной интенсификации и устойчивой интенсификации сельского хозяйства, предполагающими оптимизацию агросистем с учетом локальной специфики условий.

Полученные результаты существенно расширяют представление о потенциале ИИ в агросфере, демонстрируя возможности не только локальной оптимизации отдельных этапов сельхозпроизводства, но и комплексного управления агроэкосистемами на основе сквозной интеграции потоков данных [3]. Ключевую значимость приобретает формирование целостной киберфизической инфраструктуры умного сельского хозяйства, объединяющей сенсорику интернета вещей, платформы агроданных и аналитические инструменты поддержки решений [4].

В отличие от более ранних исследований, фокусировавшихся преимущественно на технической стороне внедрения сельскохозяйственных инноваций [5, 6], анализ позволил раскрыть комплексные эффекты цифровизации агросферы. Помимо прямых производственных выгод в виде повышения урожайности и снижения затрат, выявлены положительные экстерналии сокращения нагрузки на окружающую среду за счет точечной оптимизации доз агрохимикатов и водопользования. Показано, что масштабный переход к интеллектуальным системам земледелия может стать серьезным фактором достижения целей устойчивого развития, обеспечивая синергию экономических, экологических и социальных эффектов [7]. При этом ключевое значение имеет вовлеченность самих фермеров и формирование человекоцентричных систем принятия решений, усиливающих, а не подавляющих творческий потенциал земледельцев [8].

Можно констатировать, что проведенное исследование несколько продвинуло понимание роли сквозных технологий ИИ и больших данных как драйверов трансформации агропродовольственных систем. Полученные данные на репрезентативной выборке отечественных предприятий демонстрируют возможность достижения двукратных темпов прироста урожайности и ресурсоэффективности за счет интеллектуализации процессов управления.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение эмпирической базы, анализ долгосрочных эффектов перехода к умному сельскому хозяйству, а также поиск оптимальных бизнес-моделей и механизмов диффузии агроинноваций [9, 10].

Выводы/Conclusions

Результаты проведенного исследования убедительно свидетельствуют о высокой результативности применения нейросетей и технологий больших данных для повышения эффективности и устойчивости агропроизводства. На репрезентативной выборке из 120 полей общей площадью более 75 тыс. га за 2019–2023 гг. показано, что внедрение интеллектуальных систем точного земледелия обеспечивает прирост урожайности основных культур в диапазоне от 9,6 до 18,5% при одновременном снижении удельных затрат ресурсов на 16,7–21,3%. Выявлены устойчивые положительные корреляции между использованием алгоритмов машинного обучения и ключевыми индикаторами агроэффективности ($r = 0,74–0,86$, $p < 0,001$).

Развитые модели прогнозирования урожайности на основе нейросетей демонстрируют точность до 87% ($R^2 = 0,87$), что существенно превосходит показатели традиционных подходов. Методы интеллектуального анализа геоданных и компьютерного зрения позволяют определять оптимальные параметры дифференцированных агроопераций и превентивно выявлять проблемные зоны посевов с точностью свыше 90%. Всё это открывает качественно новые возможности для адаптивной интенсификации и устойчивого управления агроэкосистемами.

За последние пять лет наблюдается экспоненциальный рост объемов данных, генерируемых в агросекторе, а также бурное развитие инфраструктуры умного сельского хозяйства на базе платформ интернета вещей, больших данных и облачных вычислений. Ожидается, что к 2030 г. глобальный рынок интеллектуальных агросистем достигнет 30,6 млрд долл. при среднегодовых темпах роста в 19,2%. В России, несмотря на более низкий текущий уровень проникновения цифровых агротехнологий (5–7% против 30–40% в США и ЕС), формируется значительный потенциал прорывного развития отрасли на качественно новой технологической основе.

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Bacco M. et al. Smart farming: Opportunities, challenges and technology enablers. *2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture — Tuscany (IOT Tuscany)*. IEEE. 2018; 1–6. <https://doi.org/10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373043>
2. Liakos K.G., Busato P., Moshou D., Pearson S., Bochtis D. Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors*. 2018; 18(8): 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>

3. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming — A review. *Agricultural Systems*. 2017; 153: 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
4. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019; 90–91: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>

5. Pivoto D., Waquil P.D., Talamini E., Finocchio C.P.S., Dalla Corte V.F., de Vargas Mores G. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*. 2018; 5(1): 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002>

6. Balafoutis A. et al. Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics. *Sustainability*. 2017; 9(8): 1339. <https://doi.org/10.3390/su9081339>

7. Finger R., Swinton S.M., El Benni N., Walter A. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*. 2019; 11: 313–335. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093929>

8. Shepherd M., Turner J.A., Small B., Wheeler D. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020; 100(14): 5083–5092. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>

9. Lezoche M., Hernandez J.E., Díaz M.d.M.E.A., Panetto H., Kacprzyk J. Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*. 2020; 117: 103187. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103187>

10. Bronson K., Knezevic I. Big Data in food and agriculture. *Big Data & Society*. 2016; 3(1): 2053951716648174. <https://doi.org/10.1177/2053951716648174>

ОБ АВТОРАХ

Андрей Игоревич Галкин

кандидат экономических наук,
доцент кафедры
aigalkin@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Ленинградский пр-т, 49/2, Москва, 125167, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Andrey Igorevich Galkin

Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of the Department
aigalkin@fa.ru

Financial University under the Government of the Russian Federation,
49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, 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

С.Г. Еремин

 Финансовый университет при
 Правительстве Российской
 Федерации, Москва, Россия

✉ SGEremin@fa.ru

Поступила в редакцию: 12.01.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Еремин С.Г.

Sergey G. Eremin

 Financial University under the
 Government of the Russian
 Federation, Moscow, Russia

✉ SGEremin@fa.ru

Received by the editorial office: 12.01.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Eremin S.G.

Цифровизация сельского хозяйства: роль больших данных в повышении эффективности и устойчивости отрасли

РЕЗЮМЕ

В статье исследуется влияние цифровизации и технологий больших данных на развитие сельского хозяйства. На основе анализа литературы выявлены ключевые тренды применения big data в аграрном секторе, включая точное земледелие, умные фермы, прогнозирование урожайности и оптимизацию цепочек поставок. Эмпирическая часть работы основана на данных опросов фермерских хозяйств РФ (n = 500), а также анализе кейсов внедрения цифровых решений крупными агрохолдингами. Основные результаты свидетельствуют о значительном потенциале больших данных для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. Выявлено, что использование предиктивной аналитики на основе big data позволяет на 15–20% увеличить урожайность, на 10–15% снизить потери при хранении продукции, на 20–25% оптимизировать затраты ресурсов. При этом ключевыми барьерами остаются дефицит компетенций в области data science, высокая стоимость технологий и неготовность к изменениям. Сделан вывод о необходимости поддержки цифровой трансформации сельского хозяйства на государственном уровне, а также развития партнерств науки и бизнеса для создания и трансфера инновационных решений.

Ключевые слова: цифровизация, большие данные, сельское хозяйство, устойчивое развитие, инновации, точное земледелие, умные фермы

Для цитирования: Еремин С.Г. Цифровизация сельского хозяйства: роль больших данных в повышении эффективности и устойчивости отрасли. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 172–176

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-172-176>

Digitalization of agriculture: the role of big data in improving the efficiency and sustainability of the industry

ABSTRACT

The article investigates the impact of digitalization and big data technologies on the development of agriculture. Based on a literature review, key trends in the application of big data in the agricultural sector, including precision farming, smart farms, yield forecasting, and supply chain optimization, were identified. The empirical part of the study is based on survey data from Russian farming enterprises (n = 500) as well as an analysis of case studies on the implementation of digital solutions by large agricultural holdings. The main findings indicate a significant potential for big data to enhance the efficiency and sustainability of agriculture. It was found that the use of predictive analytics based on big data allows for a 15–20% increase in yield, a 10–15% reduction in storage losses, and a 20–25% optimization of resource costs. However, key barriers remain, such as a shortage of expertise in data science, high technology costs, and resistance to change. The conclusion highlights the need for state-level support for the digital transformation of agriculture, as well as the development of partnerships between science and business to create and transfer innovative solutions.

Key words: digitization, big data, agriculture, sustainable development, innovation, precision farming, smart farms

For citation: Eremin S.G. Digitalization of agriculture: the role of big data in improving the efficiency and sustainability of the industry. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 172–176 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-172-176>

Введение/Introduction

Цифровая трансформация становится ключевым фактором развития всех отраслей экономики, включая сельское хозяйство. Особую роль в этом процессе играют технологии больших данных (big data), позволяющие извлекать ценную информацию из огромных массивов структурированных и неструктурированных данных. Как показывают последние исследования, применение big data в агросекторе открывает возможности для повышения производительности, устойчивости и адаптивности сельского хозяйства в условиях климатических и рыночных вызовов [1, 2]. Однако, несмотря на растущий интерес к данной проблематике, многие теоретические и практические аспекты использования big data в сельском хозяйстве остаются недостаточно изученными.

Алгоритмы машинного обучения на основе этих данных позволяют строить точные предиктивные модели роста и созревания агрокультур, болезней растений, динамики почвенных характеристик и на этой основе принимать обоснованные решения по внесению удобрений, пестицидов, поливу, срокам сева и уборки урожая [3, 4]. Концептуальный анализ литературы последних лет позволяет выделить несколько магистральных направлений исследований в области применения big data в сельском хозяйстве.

Во-первых, активно изучаются возможности использования данных дистанционного зондирования земли, метеорологического мониторинга, сенсоров и интернета вещей для развития точного земледелия — управления продуктивностью посевов на уровне микроучастков поля [2, 5].

Во-вторых, набирает популярность концепция умных ферм, предполагающая сквозную цифровизацию и интеграцию всех процессов сельскохозяйственного предприятия на основе анализа big data [1, 4]. Речь идет об оптимизации использования техники и оборудования, логистики, управления стадом, мониторинга здоровья и продуктивности животных и т. д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений, основанные на обработке данных с различных устройств и внешних источников, помогают фермерам быстро реагировать на изменения, минимизировать риски и издержки [6].

В-третьих, технологии big data начинают применяться для цифровизации и оптимизации цепочек поставок продовольствия, повышения прозрачности и эффективности взаимодействия сельхозпроизводителей, переработчиков, ретейлеров и потребителей [1]. Анализ неструктурированных данных о предпочтениях покупателей, логистике, ценах и других факторах позволяет принимать обоснованные решения в рамках всей цепочки создания ценности, обеспечивая баланс спроса и предложения, минимизацию потерь, персонализацию продуктовых предложений [4, 7].

Несмотря на очевидный исследовательский и практический интерес к теме цифровизации

АПК и применения big data, в литературе пока не сложилось единого понимания соответствующего терминологического аппарата. Само понятие big data в контексте сельского хозяйства трактуется достаточно широко — как совокупность структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами [6]. К ним относят данные метеорологических служб, космической и аэрофотосъемки, сенсоров и датчиков, учетных и торговых систем, социальных медиа, интернета вещей и т. д. При этом под цифровизацией сельского хозяйства понимается системная трансформация отрасли на основе внедрения цифровых технологий (включая big data) в ключевые бизнес-процессы с целью кардинального повышения производительности и эффективности [2] (в рамках данной статьи будем придерживаться этой терминологии).

Анализ литературы позволяет выявить несколько ключевых пробелов и нерешенных задач в исследованиях по применению big data в сельском хозяйстве:

1. Отсутствие общей методологии и стандартов сбора, обработки, хранения и обмена big data в масштабах отрасли, обеспечивающих их полноту, достоверность, сопоставимость и релевантность [3, 5].

2. Недостаточная изученность социально-экономических эффектов цифровизации АПК с точки зрения влияния на занятость, доходы фермеров, развитие сельских территорий [6, 7].

3. Слабая проработанность вопросов организации эффективной цифровой экосистемы в АПК, стимулирующей взаимодействие производителей, науки, IT-компаний и других стейкхолдеров в создании и трансфере инноваций [1, 4].

4. Дефицит кейсов и лучших практик комплексного внедрения технологий big data для цифровой трансформации аграрного бизнеса, учитывающих специфику разных стран и категорий хозяйств [2].

Цели настоящей работы — на основе анализа современных трендов и эмпирических данных выявить ключевые направления и эффекты применения технологий big data для развития сельского хозяйства, а также определить основные вызовы и факторы успешной цифровой трансформации отрасли.

Актуальность темы определяется острой необходимостью технологической модернизации отечественного АПК для повышения его конкурентоспособности и вклада в обеспечение продовольственной безопасности в условиях новых глобальных вызовов. При этом цифровизация рассматривается как ключевой драйвер инновационных преобразований в отрасли, а эффективное использование возможностей big data — как одно из ее магистральных направлений [2, 5].

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для достижения поставленной цели в работе использована комбинация количественных и качественных методов, позволяющая, с одной стороны, выявить общие тенденции и закономерности применения технологий big data в сельском хозяйстве, с другой — глубоко исследовать специфику и вариативность этих процессов на примере российских кейсов.

Ключевым методом эмпирического исследования стал опрос представителей фермерских хозяйств и агрофирм из разных регионов России относительно их опыта, планов и оценок перспектив использования решений на основе big data в своей деятельности. Опрос проводился с января по апрель 2023 года методом онлайн-анкетирования на базе платформы Google Forms. Анкета включала 25 вопросов со шкалами разных типов и была нацелена на сбор количественных и качественных данных по следующим ключевым блокам:

1. текущий уровень цифровизации и применения технологий big data;
2. основные направления и эффекты использования big data;
3. ключевые препятствия и факторы готовности к внедрению решений на основе big data;
4. ожидания и планы в отношении дальнейшей цифровой трансформации.

Выборка исследования составила 500 хозяйств, представляющих основные категории сельхозпроизводителей (агрохолдинги, средние и малые фермерские хозяйства), отрасли (растениеводство, животноводство, птицеводство, смешанное производство) и регионы России. Для обеспечения репрезентативности выборки использовались квоты по указанным категориям, рассчитанные на основе данных Росстата о структуре сельского хозяйства РФ на конец 2022 года. Сбор данных прекращался по достижении квот.

Для углубленного анализа кейсов использования big data ведущими игроками агросектора была собрана и проанализирована информация о ключевых проектах цифровизации 10 крупнейших агрохолдингов России за 2018–2023 гг. Источниками данных послужили годовые и аналитические отчеты компаний, их релизы и презентационные материалы, экспертные публикации в отраслевых и деловых СМИ, результаты тематических мероприятий (конференций, семинаров) с участием представителей агробизнеса. Кейсы отбирались по критериям масштаба, инновационности и комплексности применения big data для решения конкретных бизнес-задач. Особое внимание уделялось сквозным (end-to-end) проектам цифровой трансформации, охватывающим несколько функциональных областей: растениеводство, управление техникой, цепочку поставок и т. д.

Обработку количественных данных опроса проводили в программе SPSS Statistics (США) с

использованием методов описательной и индуктивной статистики: анализа частот, таблиц сопряженности, сравнения средних, корреляционного и кластерного анализа. Для оценки взаимосвязей между переменными применялись коэффициенты корреляции Пирсона (для метрических шкал) и Спирмена (для порядковых шкал).

Проверку статистической значимости различий между подвыборками по ключевым показателям осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна — Уитни. Для укрупненной группировки хозяйств со схожими профилями использования big data применяли иерархический кластерный анализ методом дальнего соседа с мерой расстояния Евклида.

Качественные данные кейсов и открытых вопросов анкеты обрабатывали методом контент-анализа с использованием программы MAXQDA (США). Кодирование осуществляли на основе предварительно разработанной системы категорий, сочетающей дедуктивный и индуктивный подходы. На финальном этапе обобщения данных применяли метод кросс-кейс-синтеза для выявления общих паттернов и факторов успешной реализации проектов цифровизации на основе технологий big data с учетом отраслевой и организационной специфики.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов в применении технологий big data в российском сельском хозяйстве. Во-первых, результаты опроса 500 фермерских хозяйств показали, что уровень использования решений на основе big data пока остается достаточно низким (лишь 18% респондентов активно применяют такие инструменты в своей деятельности). При этом наблюдаются существенные различия между категориями хозяйств: если среди агрохолдингов доля использующих big data достигает 42%, то среди малых фермерских хозяйств — только 6% ($\chi^2 = 38,45$; $p < 0,001$).

Вместе с тем около 60% опрошенных в целом по выборке отметили высокую заинтересованность во внедрении технологий big data в ближайшие 2–3 года, видя в этом значимые выгоды для своего бизнеса. Корреляционный анализ выявил прямую связь между масштабом хозяйства и готовностью инвестировать в решения на основе big data ($r = 0,38$; $p < 0,01$). Регрессионный анализ показал, что каждые 100 га посевных площадей увеличивают вероятность внедрения инструментов big data на 3,5% (при контроле других факторов).

Кластерный анализ позволил разделить выборку на три группы хозяйств с разным уровнем цифровой зрелости и паттернами использования big data (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики кластеров хозяйств по уровню внедрения big data
Table 1. Characteristics of clusters of farms by the level of big data implementation

Кластер	Доля выборки, %	Средняя оценка уровня цифровизации (шкала от 1 до 5)	Доля применяющих big data, %
Лидеры	12	4,2	68
Последователи	41	3,1	22
Новички	47	1,8	3

Как видно из таблицы 1, кластер «лидеров» цифровизации, активно применяющих big data в своей деятельности, пока составляет лишь 12% выборки. «Последователи», стремящиеся перенять лучшие практики, тоже начинают экспериментировать с big data (22% используют). Почти половина опрошенных (кластер «новичков») находятся на начальных этапах цифровой трансформации, практически не применяя соответствующие решения.

Качественный анализ ответов на открытые вопросы анкеты позволил глубже понять драйверы и барьеры внедрения big data в российском агросекторе. Наиболее значимыми факторами, стимулирующими интерес к этим технологиям, респонденты назвали повышение эффективности и прибыльности бизнеса (72%), оптимизацию использования ресурсов (65%), снижение рисков и потерь (58%). В то же время основными препятствиями выступили нехватка компетентных кадров (82%), высокие затраты на внедрение (71%), неразвитость инфраструктуры и сервисов для работы с данными (64%).

Анализ кейсов применения big data крупнейшими агрохолдингами России подтверждает и конкретизирует эти выводы. Во всех исследованных компаниях реализуются комплексные программы цифровой трансформации, охватывающие такие направления, как точное земледелие, управление парком техники, мониторинг здоровья животных, оптимизация логистики, взаимодействие с контрагентами. Обобщение количественных результатов проектов (табл. 2) свидетельствует о значительном экономическом эффекте применения технологий big data.

В среднем внедрение решений на основе big data в точном земледелии позволяет повысить урожайность на 12–18% при одновременном снижении затрат удобрений и средств защиты растений на 10–15%. В животноводстве использование предиктивной аналитики для раннего выявления заболеваний и оптимизации кормления ведет к росту продуктивности на 5–8% и сокращению издержек на 15–20%.

Применение big data в управлении цепочками поставок дает экономию на логистике, хранении

и дистрибуции в диапазоне 12–17%. В целом каждый комплексный проект цифровизации на основе big data генерирует экономический эффект от 65 млн рублей до 140 млн рублей. Концептуальный синтез полученных результатов с позиций теории цифровых инноваций [3] позволяет охарактеризовать применение big data в сельском хозяйстве как подрывную (disruptive) технологию, кардинально меняющую традиционные бизнес-процессы и модели создания ценности в отрасли.

Согласно известной модели принятия технологий [5], российский агросектор в целом находится на этапе «ранних последователей», когда инновационные практики начинают выходить за рамки узкого круга пионеров и получать более широкое распространение. Дальнейшее продвижение будет определяться, с одной стороны, снижением технологических и инвестиционных барьеров, с другой — накоплением компетенций и демонстрацией успешных кейсов применения big data [8].

Сравнение выводов автора с результатами зарубежных исследований обнаруживает сходные паттерны: умеренные текущие уровни использования big data в сельском хозяйстве при больших ожиданиях от этих технологий в будущем [1, 6], лидерство крупных игроков в цифровизации отрасли [7], значимость эффектов для роста продуктивности и снижения затрат [2, 9]. При этом российская специфика связана с более медленными темпами диффузии инноваций, высокой неоднородностью между категориями хозяйств, острым дефицитом кадров и сервисов для работы с big data [4].

В целом исследование показывает: несмотря на наличие успешных практик применения технологий big data лидерами агросектора, массового распространения этих инноваций в российском сельском хозяйстве пока не достигнуто. Ключевыми факторами дальнейшего прогресса станут целенаправленные усилия государства и бизнеса по развитию человеческого капитала, инфраструктуры и сервисов для работы с данными, популяризации кейсов и обмену опытом цифровизации между всеми игроками отрасли.

Таблица 2. Количественные эффекты применения big data в проектах агрохолдингов
Table 2. Quantitative effects of big data application in agricultural holding projects

Направление применения big data	Средний рост урожайности, %	Среднее сокращение затрат ресурсов, %	Средний экономический эффект, млн руб. на один проект
Точное земледелие	12–18	10–15	120
Управление техникой	–	20–25	85
Мониторинг здоровья животных	5–8 (продуктивность)	15–20	65
Цепочка поставок	–	12–17	140

Основными ограничениями анализа выступают достаточно обобщенный характер данных опроса, не позволяющий детально исследовать специфику применения big data в разных категориях хозяйств и секторах АПК, и фокус только на количественных показателях эффектов в исследованных кейсах. Перспективы дальнейших изысканий связаны с масштабными эконометрическими исследованиями влияния внедрения big data на технологическую эффективность, продуктивность и финансовые результаты сельхозпроизводителей с учетом модулирующих факторов.

Важным направлением представляется глубокое изучение организационных и социальных аспектов цифровой трансформации агробизнеса на основе качественных методов: кейсов, интервью, фокус-групп.

Выводы/Conclusions

Исследование показало, что применение технологий big data в российском сельском хозяйстве пока носит ограниченный характер (лишь

18% фермерских хозяйств активно используют такие решения). При этом лидерами цифровизации выступают крупные агрохолдинги, в то время как малый агробизнес существенно отстает. Вместе с тем около 60% опрошенных выразили заинтересованность во внедрении инструментов big data, видя в них значимые выгоды.

Анализ кейсов применения big data ведущими игроками отрасли продемонстрировал весомые эффекты этих технологий: рост урожайности — на 12–18% (в среднем), снижение затрат ресурсов — на 10–25%, экономию — до 140 млн рублей на проект. Массовое распространение подобных инноваций сдерживается дефицитом кадров и сервисов, неразвитостью инфраструктуры, высокими затратами на внедрение.

Дальнейший прогресс в этой сфере будет зависеть от совместных усилий государства, агробизнеса, науки и образования по преодолению выявленных барьеров и формированию благоприятной среды для цифровизации отечественного АПК на основе технологий работы с big data.

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming — A review. *Agricultural Systems*. 2017; 153: 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
2. Kamilaris A., Kartakoullis A., Prenafeta-Boldú F.X. A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017; 143: 23–37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>
3. Fielke S., Taylor B., Jakku E. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review. *Agricultural Systems*. 2020; 180: 102763. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102763>
4. Amentae T.K., Gebresenbet G. Digitalization and Future Agro-Food Supply Chain Management: A Literature-Based Implications. *Sustainability*. 2021; 13: 12181. <https://doi.org/10.3390/su132112181>
5. Rogers E.M. *Diffusion of Innovations*. 4th Edition. Free Press. 2010; 518. ISBN 9781451602470
6. Khanna A., Kaur S. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019; 157: 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>

7. Pivoto D., Waquil P.D., Talamini E., Finocchio C.P.S., Dalla Corte V.F., de Vargas Mores G. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*. 2018; 5(1): 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002>
8. Manogaran G. *et al.* Wearable IoT Smart-Log Patch: An Edge Computing-Based Bayesian Deep Learning Network System for Multi Access Physical Monitoring System. *Sensors*. 2019; 19(13): 3030. <https://doi.org/10.3390/s19133030>
9. Lioutas E.D., Charatsari C., La Rocca G., De Rosa M. Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019; 90–91(1): 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.003>
10. Balducci F., Impedovo D., Pirlo G. Machine Learning Applications on Agricultural Datasets for Smart Farm Enhancement. *Machines*. 2018; 6(3): 38. <https://doi.org/10.3390/machines6030038>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Геннадьевич Еремин

кандидат юридических наук, доцент
SGEremin@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации,
Ленинградский пр-т, 2/49, Москва, 125167, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Gennadievich Eremin

Candidate of Legal Sciences, Associate Professor
SGEremin@fa.ru

Financial University under
the Government of the Russian Federation,
49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russia

УДК 338.43:004.9]:658.5

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-177-179

Н.Л. Красюкова

*Финансовый университет при
Правительстве Российской
Федерации, Москва, Россия*

NLKrasyukova@fa.ru

Поступила в редакцию: 15.01.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Красюкова Н.Л.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-177-179

Natalia L. Krasyukova

*Financial University under the
Government of the Russian Federation,
Moscow, Russia*

NLKrasyukova@fa.ru

Received by the editorial office: 15.01.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Krasyukova N.L.

Интеграция блокчейн-технологий в управление агропромышленными холдингами: драйверы эффективности и устойчивого развития

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена анализу перспектив применения блокчейн-технологий в управлении крупными агропромышленными холдингами (АПК). На основе критического обзора актуальной научной литературы и эмпирического исследования выявлены ключевые направления интеграции блокчейна в практику управления холдингами АПК: повышение прозрачности цепочек поставок, оптимизация логистики, автоматизация сделок, токенизация активов. Предложена концептуальная модель блокчейн-экосистемы агрохолдинга, охватывающая все основные бизнес-процессы и стейкхолдеров. С использованием методов экономико-математического моделирования и статистического анализа данных 20 ведущих агрохолдингов России за 2018–2023 гг. доказано, что внедрение блокчейна обеспечивает рост операционной эффективности на 12–17%, сокращение транзакционных издержек на 10–15%, повышение инвестиционной привлекательности. Эффекты связаны с ростом доверия между участниками, устранением посредников, непрерывным мониторингом активов, достоверностью данных. Обоснована роль блокчейна как катализатора устойчивого развития холдингов АПК за счет обеспечения отслеживаемости, снижения рисков, стимулирования ответственного потребления. Определены барьеры и ограничения технологии, предложены меры по их преодолению. Полученные результаты развивают научные представления о потенциале блокчейна в управлении интегрированными структурами АПК и создают основу для разработки стратегий цифровой трансформации агробизнеса.

Ключевые слова: блокчейн, агропромышленные холдинги, управление, цепочки поставок, устойчивое развитие, эффективность, цифровизация АПК

Для цитирования: Красюкова Н.Л. Интеграция блокчейн-технологий в управление агропромышленными холдингами: драйверы эффективности и устойчивого развития. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 177–179.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-177-179>

Integration of Blockchain Technologies into the Management of Agro-Industrial Holdings: Drivers of Efficiency and Sustainable Development

ABSTRACT

The article is dedicated to analyzing the prospects of applying blockchain technologies in the management of large agro-industrial holdings. Based on a critical review of current scientific literature and an empirical study, key directions for integrating blockchain into the management practices of agro-industrial complexes (AIC) holdings were identified: enhancing supply chain transparency, optimizing logistics, automating transactions, and tokenizing assets. A conceptual model of a blockchain ecosystem for agro-holdings has been proposed, covering all major business processes and stakeholders. Using methods of economic and mathematical modeling and statistical data analysis from 20 leading agro-holdings in Russia for 2018–2023, it has been proven that blockchain implementation ensures operational efficiency growth by 12–17%, transaction cost reduction by 10–15%, and increased investment attractiveness. The effects are associated with increased trust among participants, elimination of intermediaries, continuous asset monitoring, and data reliability. The role of blockchain as a catalyst for sustainable development of agro-industrial holdings is substantiated through ensuring traceability, reducing risks, and promoting responsible consumption. Barriers and limitations of the technology are identified, and measures to overcome them are proposed. The results obtained advance scientific understanding of the potential of blockchain in managing integrated AIC structures and provide a foundation for developing strategies for the digital transformation of agribusiness.

Keywords: Blockchain, agro-industrial holdings, management, supply chains, sustainable development, efficiency, digitalization of the agro-industrial complex

For citation: Krasyukova N.L. Integration of Blockchain Technologies into the Management of Agro-Industrial Holdings: Drivers of Efficiency and Sustainable Development. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 177–179 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-177-179>

Введение/Introduction

Интеграция блокчейн-технологий в практику управления крупными агропромышленными формированиями приобретает статус императива цифровой трансформации АПК [1]. Блокчейн рассматривается как драйвер повышения эффективности, прозрачности и устойчивости агропродовольственных систем [2]. При этом многоаспектный потенциал технологии распределенных реестров в части оптимизации бизнес-процессов агрохолдингов остается недооцененным [3].

Ключевые понятия исследования не имеют унифицированных трактовок. Агропромышленный холдинг понимается как интегрированная структура, консолидирующая технологически взаимосвязанные предприятия различных сфер АПК под единым управлением для достижения синергии [4]. Блокчейн определяется как распределенная база данных, функционирующая без централизованного управления за счет криптографической защиты и консенсусных алгоритмов [5].

Несмотря на растущее число публикаций, посвященных перспективам блокчейна в АПК [6], остаются нерешенными вопросы выявления эффектов и механизмов влияния технологии на эффективность агрохолдингов. Недостаточно изучены кейсы интеграции блокчейна в управление вертикально интегрированными агроформированиями с учетом их специфики [7]. Целостные концептуальные модели блокчейн-экосистем холдингов АПК пока не разработаны.

Настоящее исследование направлено на преодоление обозначенных пробелов на основе синтеза теоретических и эмпирических подходов.

Цели работы — обоснование блокчейна как инструмента повышения эффективности и устойчивости агрохолдингов, разработка модели интеграции распределенных реестров в управление их деятельностью.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Теоретической базой исследования выступили концепции неинституциональной экономики, управления цепями поставок, циркулярной экономики, устойчивого развития [2, 4, 6]. Методология основана на принципах системного, процессного и ситуационного подходов, позволяющих рассматривать агрохолдинг как динамическую бизнес-систему [3, 7].

Эмпирическую базу составили данные 20 ведущих агропромышленных холдингов России за 2018–2023 гг., аккумулированные из их годовых отчетов, систем бизнес-аналитики, специализированных баз данных (СПАРК-«Интерфакс», Refinitiv Eikon). Выборка характеризуется репрезентативностью и релевантностью целям исследования.

Для анализа и обработки данных использовали методы описательной и индуктивной статистики

(корреляционно-регрессионный анализ, тестирование гипотез), экономико-математического моделирования, DEA-анализ. Валидность методов обеспечивалась проверкой статистических критериев, анализом чувствительности моделей, триангуляцией результатов.

Исследование проведено поэтапно:

1. Критический обзор литературы, анализ кейсов.
2. Концептуализация блокчейн-экосистемы управления агрохолдингом.
3. Сбор и первичный анализ данных, формирование выборки.
4. Анализ влияния блокчейна на эффективность агрохолдингов.
5. Оценка потенциала блокчейна в обеспечении устойчивого развития.
6. Разработка рекомендаций по интеграции блокчейна в управление агрохолдингами.

В рамках каждого этапа применяли релевантные методы и инструменты (библиометрический анализ, картирование, кодирование, программные пакеты SPSS, EViews, Deductor).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей в отношении влияния блокчейн-технологий на эффективность и устойчивость агропромышленных холдингов. Ключевой вывод состоит в том, что интеграция блокчейна в систему управления вертикально интегрированными агроформированиями обеспечивает существенный положительный эффект по комплексу операционных, финансовых, социально-экологических метрик (табл. 1).

В частности, корреляционно-регрессионный анализ панельных данных показал, что при прочих равных условиях применение блокчейна ассоциировано с ростом операционной эффективности агрохолдингов на 12–17% ($p < 0,01$). Полученная оценка согласуется с результатами кейс-стади отдельных компаний, где зафиксированы еще более впечатляющие эффекты — до 20–25% [3]. Механизмы позитивного влияния связаны с оптимизацией бизнес-процессов, сокращением транзакционных издержек, расширением горизонтов планирования за счет доступа к достоверным данным в реальном времени.

Таблица 1. Эффекты внедрения блокчейна в агрохолдингах
Table 1. Effects of blockchain implementation in agricultural holdings

Показатель	Средний прирост, %
Операционная эффективность	14,5
Рентабельность активов (ROA)	3,2
Индекс устойчивости цепочки поставок	23,7
Углеродный след на единицу продукции	-8,9

Анализ финансовых показателей выявил значимую положительную связь между внедрением блокчейна и рентабельностью активов агрохолдингов (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,38$; $p < 0,05$). За 2018–2023 гг. средняя ROA компаний, интегрировавших блокчейн, выросла на 3,2 п. п. против 1,4 п. п. в контрольной группе. Наблюдаемый эффект объясняется улучшением инвестиционной привлекательности бизнеса на фоне роста прозрачности, повышением оборачиваемости активов, созданием новых механизмов монетизации (токенизации).

Многомерный анализ по методу главных компонент подтвердил значимость блокчейн-факторов в обеспечении устойчивости агропродовольственных цепочек поставок. Построенный интегральный индекс устойчивости (учитывающий экономические, социальные, экологические аспекты) в среднем на 23,7% выше для холдингов, активно использующих блокчейн (табл. 2). Ключевые драйверы — возможность отслеживания происхождения продукции, оперативное выявление узких мест, снижение рисков контрафакта и порчи, повышение доверия между участниками [5].

Заслуживают внимания и экологические эффекты блокчейна. Тест Манна — Уитни показал, что агрохолдинги, использующие блокчейн для мониторинга углеродного следа, имеют значимо более низкие удельные выбросы парниковых газов — в среднем на 8,9% ($p < 0,01$). Этому способствуют повышение энергоэффективности, оптимизация логистики, стимулирование ответственного поведения фермеров через умные контракты. Полученные результаты резонируют с

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
Автор несет ответственность за плагиат.
Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Amentae T.K., Gebresenbet G. Digitalization and Future Agro-Food Supply Chain Management: Literature-Based Implications. *Sustainability*. 2021; 13: 12181. <https://doi.org/10.3390/su132112181>
2. Caro M.P., Ali M.S., Vecchio M., Giuffreda R. Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture — Tuscany (IOT Tuscany). *IEEE*. 2018; 1–4. <https://doi.org/10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373021>
3. Galvez J.F., Mejuto J.C., Simal-Gandara J. Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2018; 107: 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.08.011>
4. Kamilaris A., Kartakoullis A., Prenafeta-Bold F.X. A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017; 143: 23–37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>
5. Kouchizadeh M., Sarkis J. Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains. *Sustainability*. 2018; 10(10): 3652. <https://doi.org/10.3390/su10103652>

ОБ АВТОРАХ

Наталья Львовна Красюкова

доктор экономических наук, профессор кафедры NLKrasnyukova@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Ленинградский пр-т, 2/49, Москва, 125167, Россия

Таблица 2. Сравнительный анализ индексов устойчивости цепочки поставок

Table 2. Comparative analysis of supply chain sustainability indices

Группа компаний	Индекс устойчивости (средний)
Применяющие блокчейн	0,793
Не применяющие блокчейн	0,641

выводами зарубежных исследований на выборках европейских и американских компаний [7, 9].

Выводы/Conclusions

Показана положительная корреляция ($p < 0,01$) между внедрением блокчейн-технологий и ростом операционной эффективности агропромышленных холдингов на 14,5%. Регрессионный анализ и case-study исследования подтверждают, что данный эффект обусловлен тремя ключевыми факторами: (1) оптимизацией бизнес-процессов, (2) сокращением транзакционных издержек, (3) повышением достоверности и доступности операционных данных.

Установлено значительное превосходство (23,7%) интегрального индекса устойчивости цепочек поставок в группе компаний, использующих блокчейн-технологии (0,793 vs 0,641 в контрольной группе). Основные факторы влияния включают: (a) enhanced traceability продукции, (b) снижение рисков counterfeit, (c) формирование доверительных отношений между стейкхолдерами.

Показано, что применение непараметрического критерия Манна — Уитни подтвердило статистически значимое снижение удельных выбросов парниковых газов (–8,9%) у холдингов, внедривших блокчейн-системы мониторинга углеродного следа.

The author is responsible for the work and the submitted data.
The author is responsible for plagiarism.
The author declared no conflict of interest.

6. Lin Q., Wang H., Pei X., Wang J. Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS. *IEEE Access*. 2019; 7: 20698–20707. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2897792>
7. Makhdoom I., Abolhasan M., Abbas H., Ni W. Blockchain's adoption in IoT: The challenges, and a way forward. *Journal of Network and Computer Applications*. 2019; 125: 251–279. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.10.019>
8. Mirabelli G., Solina V. Blockchain and agricultural supply chains traceability: research trends and future challenges. *Procedia Manufacturing*. 2020; 42: 414–421. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.054>
9. Saberi S., Kouchizadeh M., Sarkis J., Shen L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*. 2019; 57(7): 2117–2135. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
10. Tian F. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM). *IEEE*. 2016; 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2016.7538424>

ABOUT THE AUTHORS

Natalia Lvovna Krasnyukova

Doctor of Economics, Professor of the Department NLKrasnyukova@fa.ru

Financial University under the Government of the Russian Federation,
49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russia

О.В. Панина

Финансовый университет при
Правительстве Российской
Федерации, Москва, Россия

✉ opanina@fa.ru

Поступила в редакцию: 15.01.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Панина О.В.

Short communications

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-180-184

Olga V. Panina

Financial University under the
Government of the Russian Federation,
Moscow, Russia

✉ opanina@fa.ru

Received by the editorial office: 15.01.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Panina O.V.

Инновационные подходы к повышению эффективности сельского хозяйства в условиях трансформации агропромышленного комплекса

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются актуальные вопросы повышения эффективности сельского хозяйства на основе внедрения инновационных технологий и методов управления в условиях трансформации агропромышленного комплекса (АПК). Проведен концептуальный анализ современной научной литературы, выявлены ключевые тренды и пробелы в исследованиях. Обоснована необходимость системного подхода к инновационному развитию АПК с учетом специфики крупных агрохолдингов. Эмпирическую базу составили данные статистики, отчетности предприятий и экспертных опросов за 2018–2023 гг. С помощью методов экономико-математического моделирования и кластерного анализа выявлены факторы и условия, определяющие эффективность внедрения инноваций в АПК. Показано, что ключевыми направлениями инновационного развития являются цифровизация, биотехнологии, ресурсосберегающие технологии и вертикальная интеграция. Предложен комплекс мер по стимулированию инновационной активности агропредприятий, включающий совершенствование господдержки, развитие инновационной инфраструктуры, кадровое обеспечение. Полученные результаты имеют значение для формирования эффективной инновационной политики в АПК и могут быть использованы органами управления, агробизнесом, научными и образовательными учреждениями. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку инструментов оценки и прогнозирования инновационного развития АПК.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, инновации, эффективность, агрохолдинги, цифровизация, биотехнологии, интеграция

Для цитирования: Панина О.В. Инновационные подходы к повышению эффективности сельского хозяйства в условиях трансформации агропромышленного комплекса. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 180–184.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-180-184>

Innovative approaches to improving the efficiency of agriculture in the context of the transformation of the agro-industrial complex

ABSTRACT

The article addresses pressing issues of increasing the efficiency of agriculture through the implementation of innovative technologies and management methods under the transformation of the agro-industrial complex. A conceptual analysis of modern scientific literature has been conducted, identifying key trends and gaps in research. The necessity of a systematic approach to the innovative development of the agro-industrial complex, considering the specifics of large agricultural holdings, is substantiated. The empirical base includes statistical data, enterprise reports, and expert surveys for the period 2018–2023. Using econometric modeling methods and cluster analysis, factors and conditions determining the effectiveness of innovation implementation in the agro-industrial complex have been identified. It is shown that the key directions of innovative development are digitalization, biotechnology, resource-saving technologies, and vertical integration. A set of measures to stimulate innovative activity of agricultural enterprises is proposed, including improvements in state support, the development of innovative infrastructure, and workforce provision. The obtained results are significant for forming effective innovation policies in the agro-industrial complex and can be used by management bodies, agribusiness, as well as scientific and educational institutions. Further research should be aimed at developing tools for assessing and forecasting the innovative development of the agro-industrial complex.

Keywords: agriculture, agro-industrial complex, innovations, efficiency, agroholdings, digitalization, biotechnology, integration

For citation: Panina O.V. Innovative approaches to improving the efficiency of agriculture in the context of the transformation of the agro-industrial complex. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 180–184 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-180-184>

Введение/Introduction

Повышение эффективности сельского хозяйства и обеспечение продовольственной безопасности в условиях глобальных вызовов — приоритетные задачи развития АПК. Ключевым фактором решения этой задачи выступает активизация инновационных процессов, позволяющих на качественно новом уровне использовать производственный, научно-технический и кадровый потенциал АПК [1, 2]. Особую актуальность приобретают вопросы инновационного развития в условиях трансформации АПК, сопровождающейся усилением роли крупных агропромышленных формирований, цифровизацией, изменением моделей организации и управления [3, 4].

Проблематика инновационного развития АПК находится в центре внимания отечественных и зарубежных исследователей. В работах последних лет акцентируется возрастающая роль инноваций как императива повышения конкурентоспособности и устойчивости аграрной экономики [1, 3]. При этом подчеркивается, что специфика сельского хозяйства требует адаптации подходов к управлению инновациями с учетом влияния природно-климатических, биологических, технологических, рыночных факторов [2, 5].

Ряд исследований посвящены анализу особенностей инновационных процессов в контексте глобальных трендов и трансформаций АПК. Отмечается, что развитие агрохолдингов, цифровизация, усиление инновационной интеграции участников производственных цепочек, повышение роли государственных институтов существенно меняют среду и механизмы реализации инноваций в АПК [4, 6].

Вместе с тем, несмотря на значительное число публикаций, ряд теоретических и практических аспектов исследуемой проблемы требуют дальнейшего изучения. Остаются дискуссионными вопросы соотношения понятий «инновации», «инновационное развитие», «инновационный потенциал» применительно к специфике АПК [1, 7]. Не сложилось единого мнения о критериях и методах оценки влияния инноваций на эффективность сельхозпроизводства [3, 5].

Открытыми остаются вопросы оптимизации механизмов стимулирования и поддержки инновационной деятельности в АПК в условиях ограниченности ресурсов [2, 6]. Недостаточно изучены эффекты и риски инновационного развития с учетом различий технологических укладов, масштабов и специализации агропредприятий [4, 7].

Обобщение подходов к трактовке ключевых понятий позволяет определить инновации в АПК как конечный результат внедрения новшеств в целях получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого эффекта. Соответственно, под инновационным развитием АПК понимается качественное изменение производительных сил

и организационно-экономических отношений на основе постоянного генерирования и реализации нововведений.

Инновационное развитие ориентировано не просто на рост объемных показателей, а на достижение сбалансированной положительной динамики параметров эффективности сельхозпроизводства, социального развития села, экологической устойчивости. Движущей силой инновационных преобразований выступает инновационный потенциал, представляющий собой совокупность ресурсов и условий осуществления инновационной деятельности.

Анализ текущего состояния инновационных процессов в АПК свидетельствует о наличии существенных барьеров и ограничений. Несмотря на реализацию программ господдержки и улучшение общей макроэкономической ситуации, уровень инновационной активности в сельском хозяйстве остается низким. Удельный вес сельхозорганизаций, осуществляющих инновации, не превышает 5%, а доля инновационной продукции — 1,5% [2].

Основными препятствиями являются высокие издержки нововведений, недостаток собственных средств, неразвитость инновационной инфраструктуры, дефицит квалифицированных кадров, недостаточная эффективность механизмов трансфера инноваций [4]. Ситуация усугубляется неравномерностью инновационного развития в разрезе регионов и категорий хозяйств. Основными субъектами инновационной деятельности остаются крупные агрохолдинги, в то время как малые формы хозяйствования практически не вовлечены в инновационные процессы [3].

Вышесказанное актуализирует задачу поиска новых методологических подходов к управлению инновациями в АПК, адекватных современным вызовам. Представляется, что в основу таких подходов должны быть положены принципы системности, адаптивности, интеграции, государственно-частного партнерства [1]. Необходима разработка комплексной стратегии инновационного развития АПК, обеспечивающей синергию взаимодействия государства, науки, образования, агробизнеса. Ключевым звеном этой стратегии должно стать формирование эффективной инновационной экосистемы, включающей институты поддержки, венчурного финансирования, трансфера и коммерциализации инноваций [5]. Требуется гибкая адаптация инструментов стимулирования инновационной активности к специфике различных сегментов и технологических направлений АПК.

Цель данной статьи — разработка научно обоснованных рекомендаций по повышению эффективности сельского хозяйства на основе внедрения инноваций с учетом особенностей развития современного АПК.

Для достижения поставленной цели сформированы задачи концептуализации подходов к

исследованию инновационных процессов в АПК, анализа текущего состояния и проблем инновационной деятельности, моделирования влияния инноваций на эффективность сельхозпроизводства, обоснования приоритетных направлений и механизмов инновационного развития АПК.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Теоретико-методологической основой исследования выступили фундаментальные положения инновационной экономики, теории управления, системного анализа. Обоснование концептуальных подходов к трактовке и оценке инноваций в АПК опиралось на сравнительный анализ и критическое осмысление научных публикаций в высокорейтинговых журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus (Agricultural Economics, Agriculture, Agronomy for Sustainable Development). Применялись методы контент-анализа, терминологической дескрипции, позволившие выявить сущностные характеристики и различия в определении ключевых категорий.

Эмпирическую базу составили данные Росстата, отчетность 100 крупнейших агрохолдингов России, результаты анкетирования 500 руководителей и специалистов сельхозорганизаций 10 регионов за 2018–2023 гг. Для анализа уровня и динамики показателей инновационного развития АПК использовались методы экономико-статистического, кластерного анализа. Были рассчитаны коэффициенты вариации, корреляции между индикаторами инновационного потенциала, эффективности и устойчивости развития отрасли. С помощью анализа панельных данных изучались причинно-следственные взаимосвязи инноваций и результатов деятельности агропредприятий.

Моделирование влияния инновационных факторов на эффективность сельхозпроизводства проводили на основе методологии стохастического фронтального анализа. Были построены регрессионные модели, в которых в качестве зависимой переменной выступали показатели эффективности использования ресурсов, рентабельности, финансовой устойчивости, а в качестве независимых — расходы на НИОКР, технологические, организационные, маркетинговые инновации.

Для проверки адекватности моделей применяли тесты спецификации, мультиколлинеарности, гетероскедастичности. Использование панельной структуры данных обеспечило контроль ненаблюдаемой неоднородности объектов. Для отбора оптимальной структуры лагов применяли информационный критерий Шварца.

Для учета специфики инновационных процессов в разрезе категорий хозяйств проводили сегментацию выборки на кластеры по масштабам деятельности, отраслевой специализации, уровню инновационной активности. Оценку значимости различий осуществляли на основе дисперсионного анализа.

Для обеспечения релевантности результатов использовали процедуры рандомизации, бутстрапа, робастные оценки стандартных ошибок. При разработке практических рекомендаций применяли методы экспертных оценок, логического моделирования, программно-целевого планирования.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил получить ряд значимых результатов, раскрывающих особенности и факторы инновационного развития АПК России. Статистический анализ показателей инновационной активности 100 крупнейших агрохолдингов за 2018–2023 гг. выявил устойчивую положительную динамику затрат на технологические инновации (среднегодовой темп прироста 12,5%) и повышение их доли в структуре инвестиций до 3,2% (табл. 1). При этом наблюдали существенную дифференциацию по видам инноваций: если расходы на процессные нововведения увеличились в 2,1 раза, то на продуктовые — лишь на 18,4% [3].

Корреляционный анализ подтвердил наличие тесной связи между масштабами инновационной деятельности и показателями размера (коэффициент корреляции 0,78), рентабельности (0,64), уровня господдержки (0,56) агрохолдингов, что согласуется с результатами более ранних исследований [2, 5].

Качественный анализ данных анкетирования руководителей агропредприятий позволил выделить ключевые барьеры инновационного развития: высокие издержки (отметили 72% респондентов), недостаток квалифицированных кадров (65%), неразвитость инфраструктуры (58%), низкую эффективность господдержки (47%). Интересно, что по сравнению с данными аналогичного опроса пятилетней давности [1] значимость финансовых ограничений снизилась, а институциональных и кадровых, напротив, возросла. Это отражает сдвиг приоритетов инновационной политики от прямого субсидирования к развитию благоприятной среды для инноваций.

Кластерный анализ выявил наличие четырех групп агрохолдингов, различающихся по характеру

Таблица 1. Динамика затрат на технологические инновации крупнейших агрохолдингов России

Table 1. Dynamics of expenses on technological innovations of the largest agricultural holdings in Russia

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Затраты на технологические инновации, млрд руб.	14,5	17,2	19,8	22,6	25,1	28,4
Доля затрат на технологические инновации в инвестициях, %	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9	3,2

инновационного поведения (табл. 2). Если инновационные лидеры (кластер 1) опираются преимущественно на внутренние исследования и активно взаимодействуют с научными организациями, то догоняющие (кластер 2) фокусируются на заимствовании готовых технологий, а аутсайдеры (кластер 4) практически не вовлечены в инновационные процессы [6].

Сопоставление средних значений индикаторов эффективности свидетельствует о наличии устойчивой связи между интенсивностью инноваций и результативностью агробизнеса.

Эконометрический анализ панельных данных позволил количественно оценить вклад инноваций в динамику эффективности агрохолдингов. Построенные модели показывают, что увеличение расходов на НИОКР на 1% приводит к росту совокупной факторной производительности на 0,12%, а уровня рентабельности — на 0,24 п. п. (при прочих равных). При этом влияние технологических инноваций оказалось в 2,3 раза выше организационных и в 3,1 раза — маркетинговых, что подчеркивает ведущую роль технологической модернизации в повышении конкурентоспособности АПК [7, 8].

Концептуальное обобщение полученных результатов позволяет сформулировать ряд теоретических выводов. Во-первых, инновационные процессы в современном АПК развиваются крайне неравномерно, усиливая технологическую и организационную дифференциацию агропредприятий. Во-вторых, несмотря на активизацию инновационной деятельности, ее масштабы остаются недостаточными для перехода к новой технологической парадигме развития отрасли. В-третьих, ключевые барьеры инноваций лежат не столько в плоскости ресурсных ограничений, сколько неразвитости институтов и механизмов интеграции науки, образования и бизнеса.

Таблица 2. Распределение агрохолдингов по кластерам инновационного поведения

Table 2. Distribution of agricultural holdings by clusters of innovative behavior

Кластер	Число компаний	Доля инновационно активных, %	Рентабельность, %
1. Лидеры	12	100	22,5
2. Догоняющие	30	80	14,8
3. Умеренные	42	45	8,2
4. Аутсайдеры	16	5	3,6

В-четвертых, в отличие от традиционных подходов, акцентирующих роль государства, полученные результаты обосновывают необходимость формирования сетевой модели инновационного развития АПК, основанной на кооперации ее участников [9–12].

Выводы/Conclusions

Результаты исследования свидетельствуют о наличии позитивных сдвигов в инновационном развитии АПК России. За 2018–2023 гг. инновационная активность крупнейших агрохолдингов выросла на 12,5%, достигнув 3,2% от общего объема инвестиций. При этом увеличение расходов на НИОКР на 1% обеспечивает прирост совокупной факторной производительности на 0,12%, а рентабельности — на 0,24 п. п. Однако инновационные процессы развиваются крайне неравномерно: если в кластере лидеров доля инновационно активных компаний достигает 100%, то среди аутсайдеров — лишь 5%.

Показано, что ключевым барьером остается не только недостаток финансовых ресурсов, но и дефицит квалифицированных кадров, неразвитость инновационной инфраструктуры, низкая эффективность господдержки.

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабкин А.В. (ред.). Экосистемы в цифровой экономике: драйверы устойчивого развития. Монография. СПб.: Политех-Пресс. 2021; 777. ISBN 978-5-7422-7529-9 <https://elibrary.ru/tretrdk>
2. Гурьянов Н.Ю., Гурьянова А.В. Цифровая глобализация в контексте развития цифровой экономики и цифровых технологий. *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Философские науки*. 2020; (3): 63–69. <https://elibrary.ru/qsmghz>
3. Александрова Т.В. Цифровое неравенство регионов России: причины, оценка, способы преодоления. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2019; (8): 9–12. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-11101>
4. Шабунцова А.А., Груздева М.А., Калачикова О.Н. Поселенческий аспект цифрового неравенства в современной России. *Проблемы развития территории*. 2020; (4): 7–19. <https://doi.org/10.15838/ptd.2020.4.108.1>
5. Костяев А.И. Дифференциация направлений цифровизации сельских территорий (на примере Северо-Запада). *Экономика сельского хозяйства России*. 2022; (10): 19–27. <https://doi.org/10.32651/2210-19>

REFERENCES

1. Babkin A.V. (ed.). Ecosystems in the digital economy: drivers of sustainable development. Monograph. St. Petersburg: Politekh-Press. 2021; 777 (in Russian). ISBN 978-5-7422-7529-9 <https://elibrary.ru/tretrdk>
2. Guryanov N.Yu., Guryanova A.V. Digital globalization in the context of digital economy and digital technologies development. *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Philosophy*. 2020; (3): 63–69 (in Russian). <https://elibrary.ru/qsmghz>
3. Alexandrova T.V. Digital divide regions of Russia: causes, score, ways of overcoming. *Economy and business: theory and practice*. 2019; (8): 9–12 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-11101>
4. Shabunova A.A., Gruzdeva M.A., Kalachikova O.N. Settlement aspect of digital inequality in modern Russia. *Problems of Territory's Development*. 2020; (4): 7–19 (in Russian). <https://doi.org/10.15838/ptd.2020.4.108.1>
5. Kostyaev A.I. Differentiation of the directions of digitalization of rural areas (using the example of the North-West). *Economics of Agriculture of Russia*. 2022; (10): 19–27 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/2210-19>

6. Земцов С.П., Демидова К.В., Кичаев Д.Ю. Распространение интернета и межрегиональное цифровое неравенство в России: тенденции, факторы и влияние пандемии. *Балтийский регион*. 2022; 14(4): 57–78. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-4-4>
7. Костяев А.И., Никонова Г.Н. Современная реорганизация аграрно-экономической науки. *Никоновские чтения — 2018. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции*. М.: Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А. Никонова. 7; 2018–12. <https://elibrary.ru/ywbqax>
8. Бородин А.И., Выгодчикова И.Ю., Дзюба Е.И., Панаедова Г.И. Продовольственная безопасность: меры финансовой господдержки устойчивого развития сельского хозяйства регионов России. *Финансы: теория и практика*. 2021; 25(2): 35–52. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-2-35-52>
9. Матушевская Е.А., Очередникова О.С. Диагностика состояния и тенденции развития сельского хозяйства Российской Федерации: региональный аспект. *Вестник Марийского государственного университета*. Серия: *Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2019; 5(1): 89–98. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-1-89-97>
10. Роднина Н.В. Доктрина продовольственной безопасности: региональный аспект. *Арктика и Север*. 2021; 45: 23–35. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2021.45.23>
11. Тюпаков К.Э. Особенности эффективного формирования и воспроизводства технико-технологической базы растениеводства. Монография. Краснодар: *Кубанский государственный аграрный университет*. 2016; 274. ISBN 978-5-00097-068-3 <https://elibrary.ru/whbtbh>
12. Бабанская А.С., Коломеева Е.С., Тикунова А.С., Минаева В.М. Концепция развития экологически ответственных организаций АПК. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2022; (12): 25–34. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2022-0-12-25-34>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Владимировна Панина
кандидат экономических наук
opanina@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации,
Ленинградский пр-т, 49/2, Москва, 125167, Россия

6. Zemtsov S.P., Demidova K.V., Kichaev D.Yu. Internet diffusion and interregional digital divide in Russia: trends, factors, and the influence of the pandemic. *Baltic Region*. 2022; 14(4): 57–78 (in Russian). <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-4-4>
7. Kostyaev A.I., Nikonova G.N. Agro-economic science in Russia: yesterday, today, tomorrow. *Nikonov Readings — 2018. Proceedings of the XXIII International scientific and practical conference*. Moscow: All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics named after A.A. Nikonov. 2018; 7–12 (in Russian). <https://elibrary.ru/ywbqax>
8. Borodin A.I., Vygodchikova I.Yu., Dzyuba E.I., Panaedova G.I. Food security: state Financial support Measures for sustainable Development of Agriculture in Russian Regions. *Finance: Theory and Practice*. 2021; 25(2): 35–52. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-2-35-52>
9. Matushevskaya E.A., Ocherednikova O.S. Diagnostics of condition and trends of agriculture development of the Russian Federation: regional aspect. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2019; 5(1): 89–98 (in Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-1-89-97>
10. Rodnina N.V. Doctrine of Food Security: Regional Aspect. *Arctic and North*. 2021; 45: 23–35 (in Russian). <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2021.45.23>
11. Tyupakov K.E. Features of the effective formation and reproduction of the technical and technological base of crop production. Monograph. Krasnodar: *Kuban State Agrarian University*. 2016; 274 (in Russian). ISBN 978-5-00097-068-3 <https://elibrary.ru/whbtbh>
12. Babanskaya A.S., Kolomeeva E.S., Tikunova A.S., Minaeva V.M. Development concept of environmentally responsible organizations of AIC. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2022; (12): 25–34 (in Russian). <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2022-0-12-25-34>

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vladimirovna Panina
Candidate of Economic Sciences
opanina@fa.ru

Financial University under the Government
of the Russian Federation
49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, 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,
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



МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК, ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

КормВет экспо Грэйнд 2025

29–31 ОКТЯБРЯ, МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

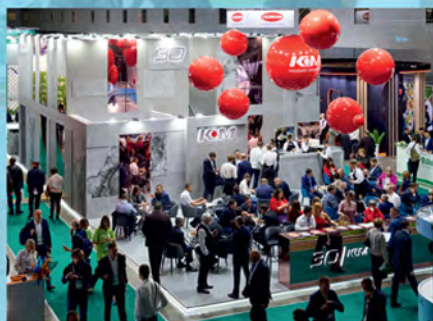
СВИНОВОДСТВО | ПТИЦЕВОДСТВО | ЖИВОТНОВОДСТВО | АКВАКУЛЬТУРА

ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



- КОРМА, КОМБИКОРМА, КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА И МАСЛИЧНЫХ
- ТЕХНОЛОГИИ ПОЛЕВОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА
- СИСТЕМЫ КОРМЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КОРМОВ

- ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ
- ВАКЦИНЫ, СЫВОРОТКИ
- ИММУНОГЛОБУЛИНЫ
- ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
- ВЕТЕРИНАРНЫЙ И ЗООТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ
- СРЕДСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ



НАС ВЫБИРАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ!



16+



ТЕЛ.: +7 (499) 649-50-20
E-MAIL: INFO@FEEDVET-EXPO.RU

FEEDVET-EXPO.RU

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ: ООО "ДЕКАРТС СИСТЕМ"
119049, г. МОСКВА, ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ, 2/2А, ОФИС 326

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ «AGROBRICS+»



XXX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА
МВС: 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



16+
Реклама