

научно-теоретический и производственный журнал

# АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN  
SCIENCE

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

8  
2024



БЕСПЛАТНО  
скачать журнал  
и подписаться



Подпишитесь  
на наш  
Telegram канал!



## СОБЫТИЕ

День ветеринарного  
работника: 10-летний юбилей  
праздника

16

## ЗООТЕХНИЯ

Влияния хряков-производителей  
различной селекции на  
экономические показатели  
использования свиноматок

96

## АГРОНОМИЯ

Применение селекционных индексов  
при оценке продуктивности озимой  
твердой пшеницы

150

# КормВет экспо Грэйн 2024

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК,  
ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

## 22-24 ОКТЯБРЯ

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2

ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



СВИНОВОДСТВО | ПТИЦЕВОДСТВО | ЖИВОТНОВОДСТВО | АКВАКУЛЬТУРА  
ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВ | ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА



FEEDVET-EXPO.RU

## НАС ВЫБИРАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ!

ТЕЛ.: +7 (499) 649-50-20  
E-MAIL: INFO@FEEDVET-EXPO.RU

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ ООО "ДЕКАРТС СИСТЕМ"  
119049, Г. МОСКВА, ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ, 2/2А, ОФИС 326



**БАЛТИЙСКИЙ ФОРУМ  
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ  
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ**

**12-13 СЕНТЯБРЯ 2024  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**



**XVIII ВСТРЕЧА СПЕЦИАЛИСТОВ КРУПНЕЙШЕГО ВЕТЕРИНАРНОГО СОБЫТИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
«БАЛТИЙСКИЙ ФОРУМ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**

Приглашаем вас на встречу ветеринарных специалистов в Санкт-Петербурге!  
Оргкомитет Балтветфорума готовит программу с самыми актуальными темами  
всего ветеринарного пространства.

**УЧАСТИЕ БЕСПЛАТНОЕ! РЕГИСТРАЦИЯ НА САЙТЕ ОБЯЗАТЕЛЬНА!**

**В РАМКАХ ФОРУМА ЗАПЛАНИРОВАНЫ РАЗЛИЧНЫЕ СЕКЦИИ, ВСТРЕЧИ И ОБУЧЕНИЯ:**

- Круглый стол с участием руководителей ветеринарных служб субъектов РФ
- Секция Болезни лошадей
- Секция Паразитология
- Секция Интеграция лабораторной диагностики в сферах клинических дисциплин
- Секция Актуальные аспекты ветеринарной медицины
- Секция Визуальная диагностика
- Секция Онкология для врача общей практики
- Практический мастер класс по остеосинтезу
- Практический мастер-класс по регионарной анестезии
- Секция Гастроэнтерология
- Секция Дерматология
- Секция Пульмонология
- Секция Анестезиология и интенсивная терапия
- Секция Актуальные вопросы ветеринарного менеджмента государственных и коммерческих клиник
- Секция Урология
- Секция Сельскохозяйственные животные. Крупный рогатый скот
- Международный форум птицеводов

В период проведения Форума будет организована **выставка современных образцов медицинского и лабораторного оборудования, лекарственных препаратов, вакцин, лечебных и диетических кормов.** Расписание программы построено с учетом десятиминутных перерывов каждый час лекции, у слушателей будет время и возможность посещать выставочную площадку, общаться с представителями компаний, знакомиться с новинками, заключать договоры о сотрудничестве.

***К нам придут поделиться своим опытом и ответить на ваши вопросы лучшие специалисты ветеринарной медицины из России и других стран.***

**Подробная информация,  
регистрация и бронирование номеров на сайте**

**WWW.BALTVETFORUM.COM**

# 8 - 2024

Agrarnaya nauka

Том 385, номер 8, 2024

Volume 385, number 8, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

# АГРАРНАЯ НАУКА

# AGRARIAN SCIENCE

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

© журнал «Аграрная наука»  
© авторы

DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

**Журнал «Аграрная наука» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Полные тексты статей доступны на сайте eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>**

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

**Шеф-редактор** Костромичева И.В.  
**Научный редактор** Долгая М.Н.  
**Дизайн и верстка** Антонов С.Н.  
**Корректор** Кузнецова Г.М.  
**Библиограф** Нерозик Д.С.  
**Журналист** Седова Ю.Г.  
**Менеджер по работе с клиентами** Теплова А.С.

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

**Почтовый адрес:** 109147, РФ, г. Москва, ул. Марксистская, д. 3, стр. 2

**Тел. редакции** +7 (916) 616-05-31  
[agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

[www.vetpress.ru](http://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](mailto: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](http://www.elibrary.ru)

Свободная цена.

Тираж 2000 экз.

Подписано в печать 12.08.2024

Дата выхода в свет 19.08.2024

Отпечатано в типографии ООО «Объединенный полиграфический комплекс»:

115114, г. Москва, Дербеневская наб., д. 7, стр. 2, эт. 2, пом. 1, к. 3-4.

Тел. +7 (499) 130-60-19,

[info@opk.bz](mailto:info@opk.bz), <https://opk.bz>

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-Спаская, д. 20

## Главный редактор:

**Виолин Борис Викторович**, кандидат ветеринарных наук, Всероссийский 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», г. Москва, Россия

## Редколлегия:

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

**Аббас Рао Захид**, доктор, доцент, Сельскохозяйственный университет Фейсалабад, Фейсалабад, Пакистан.

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

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

**Ансори Ариф Нур Мухаммад**, доктор ветеринарных наук, Университет Эйрланга, Сурабая, Индонезия.

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

**Баймуканов Д.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

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

**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.

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

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

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

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

**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.

**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.

**Лысенко Ю.А.**, доктор биологических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

**Миколайчик И.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева — филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «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 РАН, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, г. Подольск, Московская обл., 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 (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия.

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

**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.

**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.

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

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

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

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

16+

**Топурия Л.Ю.**, доктор биологических наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, Россия.

**Уша Б.В.**, доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), 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.

**Херремов Ш.Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Союз промышленников и предпринимателей Туркменистана, г. Ашхабад, Туркменистан.

**Щербяков П.Н.**, доктор ветеринарных наук, доцент, Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, 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.

## АГРОНОМИЯ

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

**Годсвилл Нтсомбо Нтсефонг**, PhD, Университет Яунде I, г. Яунде, Камерун.

**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.

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

**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 сельскохозяйственных 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.

**Насиев Б.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан.

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

**Тирувенгадам Мутху**, PhD, Университет Конкук, г. Сеул, Южная Корея.

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

**Дарвиш Амира М. Галал**, PhD, доцент Научно-исследовательского института возделывания засушливых земель (ALCRI), Город научных исследований и технологических приложений (SRTA-City), г. Александрия, Египет.

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

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

**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.

**Кребс Каролина де Соуза**, PhD, Региональный университет Блюменау, г. Блюменау, Бразилия.

**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.

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

**Саркар Танмай**, PhD, Политехнический институт Мальды, г. Мальда, Индия.

**Смауи Слим**, PhD, Университет Сфакса, г. Сфакс, Тунис.

**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.

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

**Хан Мухаммад Усман**, PhD, Сельскохозяйственный университет Фейсалабада, г. Фейсалабад, Пакистан.

**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.

**Шехата Мохамед Гамаль Мохамед**, PhD, доцент, Исследовательский институт возделывания засушливых земель (ALCRI), Город научных исследований и технологических приложений (SRTA City), г. Каир, Египет.

**Эль-Сохайми Собхи Ахмед**, PhD, профессор пищевой биохимии, Город научных исследований и технологических приложений, г. Александрия, Египет.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

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

**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, Национальная академия наук, г. Минск, Беларусь.

**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.

**Попова Е.В.**, доктор экономических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия.

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

# 8 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 385, номер 8, 2024

Volume 385, number 8, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© journal «Agrarian science»

© authors

DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

Full version is available by the link

<http://elibrary.ru>

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

**Founder: Limited liability company "VIC Animal Health"**

**Senior editor** Kostromicheva I.V.

**Executive editor** Dolgaya M.N.

**Design and layout** Antonov S.N.

**Proofreader** Kuznetsova G.M.

**Bibliographer** Neroznic 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](http://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](http://www.elibrary.ru)

The circulation of 2000 copies.

Signed in print 12.08.2024

Release date 19.08.2024

The journal is printed in the printing house of United Printing Complex LLC:

7, building 2, fl. 2, room 1, Derbenevskaya

embankment, Moscow 115114.

Tel. +7 (499) 130-60-19,

info@opk.bz, <https://opk.bz>

## 16+

# АГРАРНАЯ АGRARIAN НАУКА SCIENCE

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

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

## Publisher:

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

## Editor-in-chief:

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

## Editorial board:

### ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

**Abbas Rao Zahid**, Dr. Associate Professor, University of Agriculture, Faisalabad, Faisalabad, Pakistan.

**Abitov A.I.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, Russia.

**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.

**Ansoni Arif Nur Muhammad**, Doctor in Veterinary Science, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.

**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.

**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.

**Dakheli Majid Javanmard**, doctor of Veterinary Medicine, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

**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, Chelyabinsk Region, Russia.

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

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

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

**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.

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

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

**Lysenko Yu.A.**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, 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, Podolsk Municipal District, Moscow Region, Russia.

**Ombaev A.M.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, 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 (ROSBIOTECH), 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.

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

**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.

**Rebezev 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.

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

**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.

**Kherremov Sh.R.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Union of Industrialists and Entrepreneurs of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan.

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

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

**Yuldashbaev Yu.A.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 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.

### AGRONOMY

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

**Godswill Ntsomboh Ntsefong**, PhD, University of Yaoundé I, Yaounde, Cameroon.

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

**Jalilov F.S.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

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

**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.

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

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

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

**Nasiev B.N.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan.

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

**Thiruvengadam Muthu**, PhD, Konkuk University, Seoul, South Korea.

### AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

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

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

**Darwish Amira M. Galal**, PhD, Associate Professor, Arid Lands Cultivation Research Institute (ALCRI), City of Scientific Research and Technological Applications (SRTA-City), Alexandria, Egypt.

**Didmanidze O.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

**Zengin Gokhan**, PhD, Professor, Selcuk University, Seljuk-Konya, Turkey.

**Ivanov Yu.G.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

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

**Krebs Caroline de Souza**, PhD, Blumenau Regional University, Blumenau, Brazil.

**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.

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

**Sarkar Tanmai**, PhD, Malda Polytechnic Institute, Malda, India.

**El-Sohaimy Sobhy Ahmed**, PhD, Professor of Food Biochemistry City of Scientific Research and Technological Applications, Alexandria, Egypt.

**Shehata Mohamed Gamal Mohamed**, PhD, Associate Professor Arid Lands Cultivation Research Institute (ALCRI) City of Scientific Research and Technological Applications (SRTA City), Cairo, Egypt.

**Smaoui Slim**, PhD, University of Sfax, Sfax, Tunisia.

**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 Chelyabinsk region, Russia.

**Khan Muhammad Usman**, PhD, Faisalabad Agricultural University, Faisalabad, Pakistan.

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

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

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

### REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

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

**Bautin V.M.**, Doctor of Economics, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 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.

**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.

**Popova E.V.**, Doctor of Economics, Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НОВОСТИ</b> .....	8	
<b>СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТRENДЫ, НОВИНКИ</b>		
3 вопроса эксперту Инсектицид Голлит, КС: надежная защита для сельскохозяйственных культур .....	9	
Российско-китайское сотрудничество в сфере АПК: состояние и перспективы .....	10	
Интернатура для ветврачей стартует в двух вузах страны.....	11	
Союз комбикормщиков: к следующему году производство комбикормов в РФ может увеличиться до 40 млн тонн .....	12	
ФКП «Щелковский биокombинат»: 100 лет на страже здоровья и благополучия человека .....	14	
День ветеринарного работника: 10-летний юбилей праздника .....	16	
Динопост: современный взгляд на область применения.....	18	
Современные методы борьбы с вредоносными насекомыми на животноводческих комплексах .....	20	
Повышение эффективности племенного животноводства в повестке ЕАЭС .....	22	
Контроль азотного питания растений: оценить и использовать .....	24	
Маргинальная культура как фактор развития агрокультурных инноваций в условиях провинциальности .....	26	
Экономическая оценка влияния агробренда на стоимость компании .....	28	
Мультикультурный образовательный ландшафт аграрного вуза .....	30	
Инновационные и цифровые подходы при обучении магистрантов сельскохозяйственного профиля .....	32	
<b>ВЕТЕРИНАРИЯ</b>		
Абрамов С.В., Балышев А.В., Головин В.В., Кочетков П.П., Виолин Б.В. Оценка биоэквивалентности ветеринарных препаратов «Холликалм» и «Серения» в форме таблеток в организме собак .....	34	
Вильмис Д.А., Меликова Ю.Н., Чечнева А.В. Ретроспективный анализ данных о распространенности злокачественных новообразований у собак и кошек .....	40	
Рузина А.В. Диагностика сальмонеллеза птиц с использованием ПЦР-наборов разных производителей .....	46	
Панкратов С.В. Использование MONTANIDE ISA 78 VG в качестве адьюванта при изготовлении противобактериальных вакцин для кур .....	51	
Ширяев Г.В., Ларкина Т.А., Никитин Г.С., Пritужалова А.О., Ширяева Н.А., Перинек О.Ю., Курочкин А.А. Концентрация кислеспитина, тестостерона и кортизола в крови коров в транзитный период при нарушениях энергообмена.....	56	
<b>ЗООТЕХНИЯ</b>		
Крупин Е.О., Шакиров Ш.К., Хашимов Р.И. Изменение качественных показателей молока коров в зависимости от скармливания кормовой добавки в различных дозах .....	61	
Головин А.В. Нормирование рационов молочных коров по нераспадаемому протеину белковыми добавками растительного происхождения .....	67	
Яшueva Е.В., Холодильникова Т.Н., Рязанцева К.В., Сизова Е.А., Климова Т.А. Оценка влияния скармливания совместно экструдированных компонентов рациона на переваримость корма, кишечный микробиом и обмен остеотропных элементов у цыплят-бройлеров .....	74	
Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Арижанова М.С., Проскурин Д.А. Изменение метаболических параметров рубцового содержимого в результате преобразования отходов масложировой промышленности в системе непрерывной ферментации .....	82	
Сизенцов А.Н., Мирошникова Е.П., Арижанов А.Е., Клякова Ю.В. Экспериментальная оценка взаимосвязи индигенного состава микрофлоры кишечника и элементного статуса карпа обыкновенного ( <i>Cyprinus carpio</i> ) на фоне применения новой кормовой добавки .....	88	
Белококов А.А., Белококова О.В., Ребезов М.Б. Влияния хряков-производителей различной селекции на экономические показатели использования свиноматок .....	96	
Лепёхина Т.В., Юрочка С.С., Владимир Ф.Е., Бойко М.Д., Соловьёва О.И. Оценка селекционно-генетических параметров показателей молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы .....	101	
Никитина М.М., Виль Л.Г. Тип телосложения и морфологические показатели вымени коров красно-пестрой породы в Республике Хакасия .....	107	
Забелина М.В., Амиан А.А. Оценка показателей убоя баранчиков эдильбаевской породы в зависимости от молочной продуктивности овцематок .....	112	
Савина А.А., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Активность каталазы в молоке и ее корреляции с молочной продуктивностью коров в зависимости от срока лактации.....	118	
Ларкина Т.А., Ширяев Г.В. GWAS как инструмент обнаружения SNPs у крупного рогатого скота для изучения их связи с воспроизводством, продуктивностью, ростом, поведением, болезнями .....	124	
Курочкин А.А., Кузьмина Т.И., Станишевская О.И. Влияние внутриклеточного пероксида водорода на качественные показатели спермы петухов в цикле замораживания/оттаивания .....	132	
Старикова Д.А., Кузьмина Т.И. Анализ морфологии ооцит-кумулясных комплексов <i>Sus scrofa domestica</i> , подвергшихся воздействию низких и сверхнизких температур .....	139	
Тыщенко В.И., Щербаков Ю.С., Николаева О.А., Терлецкий В.П. Выявление однонуклеотидных полиморфизмов в гене BMP-2 и их ассоциаций с продуктивными признаками радужной форели .....	145	
<b>АГРОНОМИЯ</b>		
Иванисова А.С., Марченко Д.М. Использование селекционных индексов при оценке продуктивности озимой твердой пшеницы .....	150	
Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Община Е.Н. Влияние погодных условий на формирование урожайности озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополя .....	155	
Кондратенко Е.П., Сергеева И.А., Константинова О.Б., Соболева О.М., Редозубова А.Е., Попова Л.В. Анализ урожайности ярового овса, возделываемого в условиях резко континентального климата .....	161	
Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Михайлов В.В. Отзывчивость льна масличного на различный уровень минерального питания в лесостепи Западной Сибири .....	168	
Воронкова И.Р., Рзаева В.В. Всхожесть, приживаемость и сохранность томата при использовании технологического приема прививки в защищенном грунте .....	173	
Чабанная Л.П. Интродукция сортов чубушика ( <i>Philadelphus L.</i> ) селекции Н.К. Вехова в Ставропольском ботаническом саду.....	177	
<b>АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>		
Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Ребезов М.Б. Влияние биоактивной пленки на хранимоспособность хлеба .....	182	
<b>РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА</b>		
Плахин А.Е., Огородникова Е.С., Ростовцев К.В. Проблемы становления цифровой модели в сельском хозяйстве .....	188	
<b>КОНКУРСНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТОВ</b>		
Слово — молодым.....	194	
Новости из ФГБНУ ЦНСХБ.....	206	

## CONTENTS

<b>NEWS</b> .....	8	
<b>INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES</b>		
3 questions to the expert Insecticide Hoplit, KS: reliable protection for agricultural crops .....	9	
Russian-Chinese cooperation in the agro-industrial complex: status and prospects .....	10	
Internship for veterinarians starts in two Russian universities .....	11	
Union of Feed Producers: by next year, feed production in Russia may increase to 40 million tons .....	12	
FKP "Shchelkovsky Biokombinat": 100 years guarding human health and well-being .....	14	
Veterinary Worker's Day: 10th Anniversary of the Holiday .....	16	
Dinoprost: a modern look at the scope of application .....	18	
Modern methods of pest control in livestock farms .....	20	
Improving the efficiency of livestock breeding is on the EAEU agenda .....	22	
Plant Nitrogen Nutrition Control: Evaluate and Use .....	24	
Marginal culture is as a factor in the development of agricultural innovations in provincial conditions .....	26	
Economic assessment of the impact of an agrobRAND on the value of a company .....	28	
Multicultural educational landscape of an agricultural university .....	30	
Innovative and digital approaches in teaching master's students in agricultural profile .....	32	
<b>VETERINARY MEDICINE</b>		
<i>Abramov S.V., Balyshev A.V., Golovin V.V., Kochetkov P.P., Violin B.V.</i> Assessment of bioequivalence of veterinary drugs "Hollicalm" and "Serenia" in the form of tablets in the body of dogs .....	34	
<i>Vilms D.A., Melikova Yu.N., Chechneva A.V.</i> Retrospective analysis of data on the prevalence of malignant neoplasms in dogs and cats .....	40	
<i>Ruzina A.V.</i> Diagnosis of avian salmonellosis using PCR kits of different manufacturers .....	46	
<i>Pankratov S.V.</i> Use of MONTANIDE ISA 78 VG as adjuvant for the manufacture of antibacterial vaccines for chickens .....	51	
<i>Shiryayev G.V., Larkina T.A., Nikitin G.S., Prituzhalova A.O., Shiryayeva N.A., Perinek O.Yu., Kurochkin A.A.</i> Concentration of kisspeptin, testosterone and cortisol in the blood of cows during the transit period with energy metabolism disorders .....	56	
<b>ZOOTECHNICS</b>		
<i>Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Khashimov R.I.</i> Changes in the quality indicators of cows' milk depending on feeding the feed additive in different doses .....	61	
<i>Golovin A.V.</i> Rationing of diets of dairy cows for non-degradable protein with protein supplements of plant origin .....	67	
<i>Yausheva E.V., Kholodilina T.N., Ryazantseva K.V., Sizova E.A., Klimova T.A.</i> Evaluation of the effect of feeding co-extruded diet components on feed digestibility, intestinal microbiome and metabolism of osteotropic elements in broiler chickens .....	74	
<i>Sheida E.V., Duskaev G.K., Miroshnikov S.A., Arinzhanova M.S., Proskurin D.A.</i> Changes in the metabolic parameters of rumen changes as a result of converting oil extraction waste into a continuous fermentation system .....	82	
<i>Sizentsov A.N., Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Kislyakova Yu.V.</i> Experimental evaluation of the relationship between the endogenous composition of the intestinal microflora and the elemental status of common carp ( <i>Cyprinus caprio</i> ) against the background of the use of new feed additive .....	88	
<i>Belookov A.A., Belookova O.V., Rebezov M.B.</i> The influence of boars of producers of various breeding on the economic indicators of the use of sows .....	96	
<i>Lepekhina T.V., Yurochka S.S., Vladimirov F.E., Boyko M.D., Solovyova O.I.</i> Assessment of breeding and genetic parameters of milk productivity indicators of zebu cows-a prominent type of blackand-white breed .....	101	
<i>Nikitina M.M., Wil L.G.</i> Body type and morphological indicators of the udder of red-motley cows in the Republic of Khakassia .....	107	
<i>Zabelina M.V., Amiyana A.A.</i> Evaluation of the slaughter indicators of the Edilbaevsky sheep breed depending on the milk productivity of sheep .....	112	
<i>Savina A.A., Voronina O.A., Zaitsev S.Yu.</i> Catalase activity in milk and its correlation with milk productivity of cows depending on the duration of lactation .....	118	
<i>Larkina T.A., Shiryayev G.V.</i> GWAS as a tool for detecting SNPs in cattle to study their relationship to reproduction, productivity, growth, behavior, diseases .....	124	
<i>Kurochkin A.A., Kuzmina T.I., Stanisheskaya O.I.</i> Intracellular hydrogen peroxide's effect on quality parameters of rooster sperm in freeze/thaw cycle .....	132	
<i>Starikova D.A., Kuzmina T.I.</i> Morphology analysis of <i>Sus scrofa domestica</i> oocyte-cumulus complexes exposed to low and ultra-low temperatures .....	139	
<i>Tyshchenko V.I., Shcherbakov Yu.S., Nikolaeva O.A., Terletsky V.P.</i> Identification of single nucleotide polymorphisms in BMP-2 gene and their associations with productive traits in Rainbow Trout .....	145	
<b>AGRONOMY</b>		
<i>Ivanisova A.S., Marchenko D.M.</i> The use of breeding indices when estimating winter durum wheat productivity .....	150	
<i>Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N.</i> The influence of weather conditions on the formation of the winter wheat harvest according to various precursors in the arid zone of Stavropol .....	155	
<i>Kondratenko E.P., Sergeeva I.A., Konstantinova O.B., Soboleva O.M., Redozubova A.E., Popova L.V.</i> Analysis of the yield of spring oats cultivated in a harsh continental climate .....	161	
<i>Timokhin A.Yu., Boyko V.S., Mikhailov V.V.</i> Response of oilseed flax to different level of mineral nutrition in the forest-steppe of Western Siberia .....	168	
<i>Voronkova I.R., Rzaeva V.V.</i> Germination, survival and preservation of tomatoes when using the technological method of grafting in protected soil .....	173	
<i>Chebannaya L.P.</i> Introduction of varieties of chubushnik ( <i>Philadelphus L.</i> ) selected by N.K. Vekhov in the Stavropol Botanical Garden .....	177	
<b>AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES</b>		
<i>Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Rebezov M.B.</i> The effect of bioactive film on the shelf life of bread .....	182	
<b>REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY</b>		
<i>Plakhin A.E., Ogorodnikova E.S., Rostovtsev K.V.</i> Problems of a digital model formation in agriculture .....	188	
<b>COMPETITIVE PUBLICATIONS OF STUDENTS</b>		
Works of young specialists .....	194	
News from the Central Scientific Agricultural Library .....	206	



**ПРЕЗИДЕНТ ПОРУЧИЛ КАБМИНУ ПРЕДСТАВИТЬ ПРЕДЛОЖЕНИЯ О ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКЕ АГРАРИЕВ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ МАЙСКИХ ЗАМОРОЗКОВ**

Президент РФ Владимир Путин поручил российскому правительству к 15.08.2024 представить предложения о дополнительных мерах поддержки сельхозтоваропроизводителей, чей урожай пострадал из-за майских заморозков 2024 года, сообщает ТАСС. Соответствующий перечень поручений опубликован на сайте Кремля, уточняет информагентство.

В сообщении отмечено, что в середине июля этого года заместитель директора департамента экономики и государственной поддержки АПК Минсельхоза России Кирилл Кондрашов в ходе круглого стола в Совете Федерации сообщил, что ведомство прорабатывает вопрос по предоставлению поддержки пострадавшим от заморозков аграриям, не успевшим застраховать семечковые и косточковые сельхозкультуры.

Ранее министр сельского хозяйства РФ Оксана Лут сообщала, что возвратные заморозки 2024 года привели к гибели более 1 млн га посевов — это около 1,2% всей площади. Еще почти 700 тыс. га пострадали, из которых 600 тыс. га — зерновых культур. Были повреждены свыше 13,5 тыс. га многолетних плодовых и ягодных насаждений.

**ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ УЧЕНЫМИ СОЗДАН СЕРВИС ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ О ПОЧВЕ И ЛАНДШАФТЕ**

Хаб почвенных данных создан учеными молекулярной лаборатории цифровых двойников агроландшафтов ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» — сервис подходит для удобного хранения и анализа больших объемов данных о почве, породах, растительности, рельефе, ландшафте и погоде.

Как пояснили в институте, в систему можно вносить количественную и качественную информацию, указывать методику описания почв или лабораторного анализа. Хаб будет полезен студентам, аспирантам и молодым ученым в повышении эффективности выполнения НИР, курсовых работ и диссертаций.

Для ученых, работа которых связана с полевыми обследованиями и лабораторными измерениями, важны удобные и простые инструменты, отметил заведующий лабораторией цифровых двойников агроландшафтов Дмитрий Фомин — руководитель этого проекта. «Мы решаем проблему хранения данных о почве и ландшафте. Хаб позволяет проще систематизировать и делиться данными внутри команды исследователей, безопасность хранения обеспечивает ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»», — рассказал он.

В ближайшее время пройдет тестирование сервиса, к которому могут присоединиться все желающие, отметили в Центре.

*(Источник: Официальный сайт РАН)*

**КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ ПЛАНИРУЕТ СУЩЕСТВЕННО НАРАСТИТЬ ОБЪЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА РИСА К 2030 ГОДУ**

В соответствии с мероприятиями дорожной карты по развитию отрасли рисоводства в РФ до 2030 года ежегодное производство риса в Краснодарском крае планируется увеличить до 1,3 млн т, сообщил заместитель губернатора Андрей Коробка.

С целью увеличения производства риса в крае рассматривается возможность наращивания площади его сева, земельные ресурсы позволяют ее увеличить до 150 тыс. га, рассказал чиновник. «Важно, чтобы для этой площади было достаточно водных ресурсов. Для этого есть необходимость расчистить Краснодарское водохранилище», — отметил он. По словам краевых рисоводов, на 1 апреля оно должно быть наполнено до 2,4 млрд куб. м, на 1 июля — до 1,9 млрд. куб. м. Водохранилище не может набрать таких объемов из-за заиленности, его нужно расчищать. Губернатор уже обратился с этим вопросом к федеральным властям, отметил спикер.

По данным чиновника, с семенами риса в регионе сложности нет — потребности местных рисоводов полностью закрывает ФНЦ риса, кроме того, кубанские сорта риса активно возделываются в Казахстане и Узбекистане. В текущем году площадь сева риса на Кубани превышает 110 тыс. га, условия для его созревания складываются благоприятно, водных ресурсов достаточно, резюмировал он.

*(Источник: Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края)*



**ЗА ПЕРВЫЕ 6 МЕСЯЦЕВ 2024 ГОДА ВЫПЛАТЫ ПО АГРОСТРАХОВАНИЮ ВЫРОСЛИ ДО РЕКОРДНЫХ 2,5 МЛРД РУБ.**

Как сообщил президент Национального союза агростраховщиков (НСА) Корней Биждов, в I полугодии 2024 года российским аграриям компенсированы застрахованные убытки на сумму порядка 2,5 млрд руб. (из них 2,1 млрд руб. были выплачены в системе страхования с господдержкой). По его словам, этот показатель — рекордный для данного периода.

По субсидируемым договорам страхования агростраховщиками выплачены 2,09 млрд руб. (из них за утрату сельхозкультур — 1,726 млрд руб., за погибшее поголовье — 363 млн руб.), тогда как за первую половину прошлого года страховые выплаты в системе с господдержкой составили 706 млн руб., отметил президент НСА. Таким образом, возмещенные убытки аграриев выросли в 3 раза, заявил он.

Показатели выплат в I полугодии — максимальные, уточнил спикер. Он пояснил, что поскольку в мае произошло крупное страховое событие — возвратные заморозки привели к объявлению режима ЧС в 11 регионах, то в большинстве из них сработала новая программа защиты на случай ЧС, на которую приходится свыше половины всех выплат за указанный период — более 1,1 млрд руб. Агростраховщики также совершали выплаты по договорам страхования сельхозрисков, заключенным без господдержки (это, как правило, касается дострахования рисков, которые не включены в стандартный субсидируемый полис), отметил Корней Биждов, добавив, что в I квартале сумма таких выплат составила 380 млн руб. «Итого общие возмещенные страховыми компаниями сельхозпроизводителям убытки в текущем году составляют не менее 2,47 миллиарда рублей», — резюмировал спикер.

*(Источник: Официальный сайт Национального союза агростраховщиков)*

**Подпишитесь на наш Telegram-канал!**



# ИНСЕКТИЦИД ГОПЛИТ, КС: НАДЕЖНАЯ ЗАЩИТА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР



Журнал «Аграрная наука» при поддержке одного из лидеров отечественного рынка средств защиты растений (СЗР) Группы компаний «Шанс» представляет рубрику «Три вопроса эксперту». Руководитель отдела по поддержке и развитию продукции ГК «Шанс» Василий Соннов — о новом инсектициде Гоплит, КС.



## 1 Расскажите о инсектициде Гоплит, КС — новом препарате на рынке средств защиты растений.

Введение новых препаратов на рынок средств защиты растений всегда вызывает большой интерес среди аграриев и специалистов по защите растений. Одним из таких продуктов является инсектицид **Гоплит, КС** — системный инсектицид широкого спектра активности, который обладает продолжительным периодом действия. Он разработан для защиты сельскохозяйственных культур от широкого круга вредителей. Основу **Гоплит, КС** составляют три действующих вещества:

лямбда-цигалотрин (115 г/л) — пиретроидное соединение, которое воздействует на нервную систему насекомых, вызывая быстрый паралич и гибель. Лямбда-цигалотрин обладает контактным и кишечным действием, что делает его

эффективным против широкого спектра вредителей;

ацетамиприд (95 г/л) — системный неоникотиноид, который проникает в растение и действует на рецепторы насекомых, вызывая нарушение нервной системы и гибель вредителей;

тиаметоксам (65 г/л) — неоникотиноид, который усиливает действие ацетамиприда и обеспечивает длительную защиту растений. Тиаметоксам быстро проникает в растение и распространяется по его сосудистой системе, обеспечивая системное действие.

**Механизм действия:** **Гоплит, КС** действует на нервную систему насекомых, вызывая их паралич и последующую гибель. Препарат проникает в растение и распространяется по его сосудистой системе, что позволяет защищать не только обработанную поверхность, но и новые приросты. Это особенно важно для обеспечения длительного защитного эффекта.

## 2 Какие основные преимущества использования Гоплит, КС?

Широкий спектр действия: **Гоплит, КС** эффективен против различных видов вредителей. Это делает его универсальным средством для различных культур.

Продолжительное действие: благодаря системному действию и устойчивости к смыву дождем **Гоплит, КС** обеспечивает длительную защиту растений, снижая частоту обработок.

## 3 Какие рекомендации от производителя важно выполнять, чтобы добиться максимальной эффективности от использования инсектицида?

Действительно, для достижения максимальной эффективности важно соблюдать рекомендации по применению препарата, включая необходимые меры безопасности, сроки и интервал между обработками. Инсектицид **Гоплит, КС** является важным инструментом в арсенале аграриев и специалистов по защите растений. Эффективность, длительное действие и широкий спектр активности делают его незаменимым средством для защиты сельскохозяйственных и декоративных культур от вредителей. При правильном применении **Гоплит, КС** обеспечивает надежную защиту урожая и помогает добиться высоких результатов в сельском хозяйстве.

Читайте в следующем номере об уникальном, не имеющем аналогов на рынке трехкомпонентном протравителе «Проазоксил, МЭ»

**ГК «Шанс»**  
Тел. 8 (800) 700-90-36  
[shans-group.com](http://shans-group.com)

ООО «Шанс Трейд» — генеральный партнер завода-производителя «Шанс Энтерпрайз» по реализации продукции на территории РФ.



На правах рекламы

ТРИ ВОПРОСА ЭКСПЕРТУ

# РОССИЙСКО-КИТАЙСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ АПК: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В ММПЦ «Россия сегодня» прошла пресс-конференция председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Александра Двойных «Реализация потенциала сотрудничества России и Китая в сфере АПК», в ходе которой состоялось обсуждение итогов рабочего визита в КНР делегации Комитета.

Рабочая поездка в Китай была плановой и крайне насыщенной. Всё больше общих тем для сотрудничества появляется у представителей отечественного АПК и экологического блока с китайскими коллегами, в том числе поставки оборудования и продукции, обмен технологиями, отметил председатель Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Александр Двойных. Так, в рамках визита российская делегация посетила Китайскую академию сельскохозяйственных наук при Минсельхозе КНР, среди главных задач которой — развитие селекционно-генетических исследований, разработка передовых инновационных технологий и внедрение их в сельхозпроизводство, сообщил он, отметив достигнутые договоренности о взаимодействии в области научно-практических наработок, перекрестного образования, обмена студентами.

Стороны обсудили вопросы соблюдения экологических стандартов в секторе свиноводства в Китае, где довольно много предприятий по производству свинины с поголовьем, превышающим 1 млн голов, расположены относительно недалеко от крупных городских агломераций, проинформировал сенатор. Для минимизации эковреда китайскими специалистами было создано оборудование для очистки стоков, воздуха, разработаны специальные технологии по работе с продуктами жизнедеятельности животных, отметил он. «Естественно, наши крупные предприятия чрезвычайно заинтересованы в этих технологиях и оборудовании», — констатировал парламентарий.

Спикер сообщил о достигнутых договоренностях с Китаем в сфере производства аграрной техники. «В связи с ограничениями, связанными с поставками западной сельхозтехники, нашим сельхозтоваропроизводителям пришлось столкнуться с некоторыми сложностями. Но теперь освободившуюся нишу начинают занимать российские, белорусские, китайские производители», — сказал он, отметив готовность китайских коллег оказать содействие по замещению вышедших с рынка западных производителей сельхозтехникой собственного производства.

Сенатор сделал акцент на заинтересованности Китая в расширении поставок российских сельхозпродуктов, в том числе органической продукции. В КНР постоянно растет сегмент дорогих качественных продуктов, при этом страна не является производителем органики, так как не обладает земельными объемами, необходимыми для ее производства, пояснил



он. «Ключевой вопрос — как будут признаваться сертификаты органического соответствия в КНР. Мы попросили коллег-парламентариев нас поддержать, рассказали о механизмах, которые могут быть использованы в работе — взаимное признание либо аккредитованная организация на территории КНР или РФ (она будет проверять предприятия, согласовывать требования), — и увидели их неподдельный интерес к данному направлению. Понятно, что такие ниши на китайском рынке нужно закрывать», — сказал спикер. Это один из векторов экономического развития нашей страны, отметил он.

«Органическая продукция обладает не только довольно высокой себестоимостью по сравнению с продукцией, произведенной традиционными способами, но и достаточно высокими продажными ценами», — напомнил сенатор. Таким образом, появление на китайском рынке российской органики — это вопрос стратегический, резюмировал Александр Двойных.

«В Китае, как и во многих странах, куда Россия экспортирует свою сельскохозяйственную продукцию, крайне благожелательно относятся к российским аграрным продуктам, зная отношение руководства Российской Федерации к теме ГМО, понимая, что обладание огромными земельными ресурсами позволяет нам производить качественную сельхозпродукцию без увеличенных доз средств защиты растений, пестицидов и агрохимикатов», — отметил спикер.

Сегодня за китайский рынок ведется серьезная конкурентная борьба, и этой конкуренции необходимо соответствовать по качеству и цене, по уровню и скорости взаимодействия, заключил он.

Ю.Г. Седова

## ИНТЕРНАТУРА ДЛЯ ВЕТВРАЧЕЙ СТАРТУЕТ В ДВУХ ВУЗАХ СТРАНЫ

Ведущие эксперты отрасли обсудили актуальные вопросы современного ветеринарного образования на круглом столе, прошедшем в гибридном формате 20.06.2024 в рамках деловой программы XXIX Международной специализированной торгово-промышленной выставки «MVC: Зерно-Комбикорма-Ветеринария» в столичном «Экспоцентре».



Круглый стол на MVC «Актуальные вопросы современного образования»

В ходе круглого стола декан факультета биоинженерии и ветеринарной медицины Донского государственного технического университета, д.б.н. Алексей Ермаков порекомендовал профильным вузам страны не только отслеживать текущее положение дел на рынке ветеринарных услуг, но и анализировать тенденции его развития, чтобы понимать, какие знания и умения нужны будут выпускникам и сегодня, и в будущем. Он указал на дефицит ответственных узкоспециализированных ветврачей, отметив важность образовательного эксперимента по организации в России интернатуры как нового уровня квалификации, — впервые в мировой вузовской практике стартовой исключительно в формате государственного регулирования, — благодаря которой ветврачи смогут освоить узкую специализацию и стать ветеринарными дерматологами, зоологами, кардиологами, онкологами и другими узкопрофильными специалистами. Спикер сообщил, что эксперимент по запуску ветеринарной интернатуры — высшей ступени в ветеринарном образовании — начнется в этом году в двух вузах: Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина и ДГТУ (согласно презентации декана, постановление об организации ветеринарной интернатуры подписано председателем правительства РФ Михаилом Мишустиним 21 июня 2023 года). Каждым вузом подготовлены свои образовательные программы, отметил он, уточнив, что обучение специалистов будет проходить как на площадках высших образовательных учреждений, так и в различных ветклиниках, лабораториях и агрохолдингах. «Таким образом, если мы сейчас дадим возможность лучшим ветеринарным врачам стать узкими специалистами, научим более эффективно спасать жизни и развивать человеческий капитал, то создадим — в перспективе нескольких лет — основу для быстрой и продуктивной трансформации всей ветеринарии в России», — резюмировал спикер.

Тренд на узкую специализацию на рынке подтвердил исполнительный директор ГК ВИК Сергей Каспарьянц. Он заострил внимание на необходимости сотрудничества образования и бизнеса, важности преодоления разрыва между текущей профессиональной подготовкой в вузах и требованиями работодателей. В числе областей, на сегодняшний день наиболее нуждающихся в квалифицированных ветеринарных кадрах, эксперт выделил сферу АПК и фармпроизводство. Так, в ближайшие три года только в Группе компаний появится 200 новых вакансий на фармацевтических и иммунобиологических производствах, отметил он.

Президент Ассоциации практикующих ветеринарных врачей, заслуженный ветеринарный врач РФ, к. вет. н. Сергей Середа предложил профильным вузам более активно привлекать к преподавательской деятельности, работе со студентами практикующих ветеринарных специалистов и рассмотреть возможность отмены заочной формы обучения ветеринарных врачей, по его мнению, недостаточно эффективной. Помимо этого, высшим учебным заведениям следует усилить взаимодействие с общественными объединениями — отраслевыми ассоциациями и союзами, заключил он.

Ректор Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, председатель ФУМО в сфере ВО по укрупненным группам специальностей и направлений подготовки 36.00.00 Ветеринария и зоотехния, профессор РАН, д. вет. н. Сергей Позябин сделал акцент на востребованности в современной России ветеринарной профессии. «Сегодня, как никогда, наша страна нуждается в ветеринарных разработках и профессиональных ветеринарных кадрах. В приоритете сейчас — аграрный сектор, но, разумеется, мы, как и всегда, будем обеспечивать качественное образование по всем отраслевым направлениям», — отметил он.

Ю.Г. Седова

# СОЮЗ КОМБИКОРМЩИКОВ: К СЛЕДУЮЩЕМУ ГОДУ ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВ В РФ МОЖЕТ УВЕЛИЧИТЬСЯ ДО 40 МЛН Т

Текущее положение дел в российской комбикормовой промышленности и перспективы ее развития обсудили участники XVIII Международной конференции «Комбикорма-2024. Безопасные и высококачественные комбикорма — решающий фактор эффективного развития отечественного животноводства и птицеводства», организованной ВНИИ комбикормовой промышленности, Международной промышленной академией (МПА) и Союзом комбикормщиков. Мероприятие прошло при поддержке Минсельхоза России, Россельхознадзора, Национального союза свиноводов, Российского птицеводческого союза и Национального союза производителей говядины в Москве на площадке МПА.

В настоящее время в РФ, особенно в течение последних 5–6 лет, идет стабильное развитие комбикормовой промышленности, отметил президент Союза комбикормщиков Валерий Афанасьев в ходе конференции. «Прирост составляет порядка 4–5% в год. В 2023 году он снизился на 2,5%, однако уже за I полугодие 2024 года мы вышли на прежние объемы и темпы роста комбикормовой продукции», — уточнил он. По мнению эксперта, сегодня отрасль почти стопроцентно удовлетворяет потребности отечественных животноводов и птицеводов.

Спикер сообщил, что, по расчетам Союза, потребность в комбикормах во всех категориях хозяйств сейчас составляет 45 млн т — при производстве 35 млн т этого вида продукции, включая корма для рыб и аквакультуры, а к 2025 году, по прогнозу, указанные показатели достигнут, соответственно, 50 и 40 млн т. Он заметил, что в ряде хозяйств (в основном в ЛПХ) животным и птице скармливают зерно до 8–10 млн т. «Купить комбикорм за 25 тысяч рублей за тонну далеко не каждый может, для некоторых это роскошь», — сказал эксперт, добавив, что таких производителей следует поддерживать льготными кредитами на приобретение комбикормов. Он отметил и дефицит квалифицированных кадров в отрасли. По словам спикера, раньше семь профильных вузов выпускали



ежегодно порядка 600 технологов, а теперь — только 70–80 специалистов, что недостаточно для сегмента, где работают около 40 тыс. сотрудников. «Налицо кадровый голод», — заявил он. В связи с этим Союз комбикормщиков обратился в Минобрнауки России и ожидает реакции ведомства, сообщил эксперт.

Согласно презентации докладчика, в России к следующему году суммарное производство комбикормов по сравнению с 2023 годом может увеличиться на 14,3% — с 35 млн т до 40 млн т. В частности, может вырасти выпуск комбикормов для птицы до 22 млн т (с 16,5 млн т), для крупного рогатого скота — до 3,8 млн т (с 3 млн т), а для свиней — снизиться до 13,7 млн т (с 15,2 млн т). Кроме того, могут значительно возрасти объемы производства рыбных комбикормов — до 700 тыс. т (с 400 тыс. т). Важность обеспечения рыбоводных хозяйств отечественными комбикормами отметила и заместитель начальника управления аквакультуры и научного обеспечения Ассоциации «Росрыбхоз» Ольга Морозова. Проинформировав о положительных результатах работы российского рыбохозяйственного комплекса в 2023 году, когда были произведены 402 тыс. т товарной продукции аквакультуры (рост к уровню 2022 года 4,8%), она заявила, что для увеличения объемов производства ценных объектов аквакультуры необходима соответствующая кормовая база.



По данным докладчика, в минувшем году на заводах РФ были выработаны не более 20–25 тыс. т высокоэнергетических комбикормов для рыб, а их импорт, по информации Россельхознадзора, составил 102,6 тыс. т (82,6 тыс. т — из ЕС, 20 тыс. т — из СНГ).

Изменить ситуацию и обеспечить промышленное рыболовство кормами в необходимом объеме поможет реализация в 2024–2026 годах инвестиционных проектов общей мощностью более 335 тыс. т готовой продукции в год. Среди них — комбикормовые производства в Смоленской (на 108 тыс. т), Новгородской (на 70 тыс. т) и Белгородской (на 44 тыс. т) областях.

Как сообщила спикер, основным компонентом для производства высокоэнергетических кормов для ценных видов рыб по-прежнему остается рыбная мука (в рецептуре корма она может составлять до 40%). В РФ в 2023 году ее было произведено более 174 тыс. т, а экспортировано 143 тыс. т (80,7%), между тем для удовлетворения потребностей отечественных производителей кормов такой муки нужно порядка 110–150 тыс. т, отметила она.

Одним из возможных решений (альтернативой этой муке) может стать создание высокотехнологичного крупномасштабного производства животного белка из личинок мух черная львинка, которое позволит выпускать 3000 т белковой муки и 300 т липидного концентрата, сообщила докладчик. Масштабирование технологии обеспечит производителей кормовым белком до 150 тыс. т ежегодно, снизит дефицит животного белка на 8–12% от общего количества, производимого в стране и заменит рыбную муку в рецептурах отечественных высокоэнергетических рыбных комбикормов, резюмировала она.

Анализ рынка зерна — основной составляющей комбикормов — уходящего сезона 2023/24 представил генеральный директор компании «ПроЗерно» Владимир Петриченко. В 2023 году были собраны почти 145 млн т зерна. Его внутреннее потребление оценивается в 85,14 млн т, что в целом соответствует уровню предыдущего сезона (84,79 млн т), когда наблюдался заметный рост относительно показателя 2021/22 сельхозгода (80,54 млн т), сообщил он.

По данным спикера, расход зерна на производство комбикормов в 2023–2024 году составит 47 млн т против 46,4 млн т в 2022–2023 году. Активно развивается экспорт зерна. Ожидается, что по итогам сезона он



приблизится к 70 млн т, включая рекордные 52 млн т пшеницы, проинформировал он.

Докладчик отметил существенное повышение в текущем сельхозсезоне объемов экспортных поставок ячменя — 6,8 млн т (сельхозсезоном ранее — 4,8 млн т) и кукурузы — 6,6 млн т (5,9 млн т), а также гороха и зернобобовых — 3,8 млн т (1,61 млн т). Что касается урожая зерновых, то, по прогнозу аналитика, он ожидается на уровне 139 млн т, включая 90 млн т пшеницы, 19,5 млн т ячменя и 15,8 млн т кукурузы.

Вопросы госконтроля в сфере безопасности кормовых добавок и лекарственных средств для животных, крайне актуальные для аудитории, осветила, выступая на мероприятии в онлайн-формате, заместитель директора ФГБУ «Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов» (ВГНКИ, подведомственного Россельхознадзору) Василина Грицюк. Она сообщила, что обращаться на рынке могут только зарегистрированные в установленном порядке кормовые добавки, предварительно прошедшие доклинические исследования с обязательным анализом их эффективности.

Когда рассматривается регистрационное досье, тщательно отслеживается, доказаны ли все пункты инструкции, в которых указано, каким образом и для чего может применяться заявленный продукт. Помимо этого, подтверждаются предрегистрационные испытания и качество образца, затем происходит регистрация, анализируются данные и продукт поступает на рынок, рассказала чиновник.

Проводится постоянный мониторинг обращающихся на рынок кормовых добавок, уточнила она. Эксперт отметила, что в 2023 году несколько изменился порядок регистрации кормовых добавок: стало обязательным проведение предрегистрационных испытаний. По данным ВГНКИ, достаточно много — до 33% (224 из 682 проб) — заявленных образцов такие испытания не прошли. Большая часть нарушений пришлось на продукты, предназначенные для обеспечения биологической полноценности кормов (и повышающие энергетическую ценность рационов), меньшая — на антиоксиданты, сорбенты, ароматические, вкусовые добавки и красители, заключила спикер.

Ю.Г. Седова



# ФКП «ЩЕЛКОВСКИЙ БИОКОМБИНАТ»: 100 ЛЕТ НА СТРАЖЕ ЗДОРОВЬЯ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

В 2024 году отмечается 100-летие одного из самых крупных российских предприятий агrobiологической промышленности. Основная цель деятельности предприятия — обеспечение производства лекарственных препаратов для ветеринарного применения в целях проведения противозoonотических мероприятий, находящихся в сфере национальных интересов Российской Федерации и обеспечивающих национальную безопасность.

Сегодня ФКП «Щёлковский биокомбинат» производит более чем 40 наименований продукции, в которые входят вакцины против болезней сельскохозяйственных и домашних животных, в том числе от особо опасных заболеваний, диагностические наборы.

Биокомбинат обладает обширной промышленной базой — более 125 тыс. кв. м производственных площадей, оснащенных новейшим биотехнологическим оборудованием. В состав предприятия входят производственные цеха, научная и испытательная лаборатории, животноводческий комплекс для содержания подопытных животных, транспортный цех, столовая, складской комплекс.

Коллектив предприятия представлен более 650 высококвалифицированными кадрами в области ветеринарии, микробиологии, биотехнологии, химии, инженерии. Высокий профессионализм сотрудников позволяет обеспечивать бесперебойную работу предприятия, сохранять и увеличивать объемы производства.

На предприятии действует система контроля качества на всех этапах производства, обеспечивающая выпуск качественных вакцин. Предприятие владеет сертификатом GMP европейского образца. Функционирует аккредитованная испытательная лаборатория.

На постоянной основе проводится работа по расширению ассортимента продукции. За последние 10 лет зарегистрированы более 10 новых лекарственных препаратов для ветеринарного применения, разработаны 9 диагностических наборов.

У предприятия 17 действующих патентов на изобретения. Осуществляются разработки более чем по 30 направлениям НИР, в том числе рекомбинантные, маркированные (в рамках реализации стратегии DIVA) и поливалентные вакцины, эффективные технологии производства, импортозамещение сырьевой базы, усовершенствование методов контроля.

Предприятие проводит мероприятия по наращиванию экспортного потенциала. Приоритетными направлениями являются поставки продукции в страны СНГ, Ближнего Востока и Африки. На текущий момент проведена регистрация препаратов и осуществляются поставки в более чем 20 стран.

100-летний юбилей — прекрасный повод вспомнить славные страницы истории биокомбината. В 20-х годах XX века перед руководством государства остро стоял вопрос обеспечения продовольствием. Для решения этой проблемы были привлечены ведущие научные ветеринарные кадры.



В 1924 году племхоз «Кашинцевская ферма», располагавшийся в бывшем имении владельца Городищенской тонкосуконной фабрики С.И. Четверикова, постановлением Наркомзема РСФСР от 22 мая 1924 года был передан в ведение Центрального ветеринарного управления с целью организации станции по выработке противочумной сыворотки для свиней. У истоков ее организации стояли сотрудники отдела по изучению болезней свиней Всероссийского института экспериментальной ветеринарии профессор А.П. Уранов, ассистенты С.Т. Щенников, Р.А. Цион, А.М. Романов.

В период с 1924 по 1930 год станция выпускала два биопрепарата — иммунную кровь и вирус чумы свиней, которые использовались для симультанной вакцинации свиней против чумы. Объем производства был небольшим, работа велась в приспособленных помещениях, без применения промышленного оборудования. Коллектив станции в 1929 году насчитывал всего 30 сотрудников.

В условиях быстроразвивающейся отрасли животноводства потребности в этих биопрепаратах возросли, особенно в связи с созданием крупных свиноводческих хозяйств вокруг промышленных центров страны. В 1930 году Наркомзем СССР и Ветснабпром приняли постановление о реконструкции и преобразовании существующих ветбакучреждений, изготавливающих биопрепараты, в крупные промышленные фабрики. Кашинцевская противочумная станция была реорганизована в Кашинцевскую противочумную биофабрику № 1. В короткие сроки была проведена работа по техническому перевооружению и реконструкции производства. В 1932 году объем производства биопрепаратов увеличился в 10 раз.

Строительство биофабрики завершилось в 1938 году. Предприятие было оснащено современным по тем временам промышленным оборудованием. Одновременно была произведена большая работа по улучшению условий труда, повышению санитарной и технологической культуры производства, созданы предпосылки для освоения новых видов продукции. Для успешного решения поставленных задач было налажено взаимодействие с ведущими научно-исследовательскими учреждениями страны: ВГНИ, ВИЭВ, Воронежским НИВИ, медицинскими институтами им. Гамалея, Мечникова и Тарасевича.

С 1939 по 1941 год на фабрике были освоены и изготавливались следующие биопрепараты: формолвакцина против болезни Эмкара, антирабическая эмульсия,

маллеин для диагностики сапа лошадей, формолвакцина на ЛД против анаэробной дизентерии ягнят, сыворотка против столбняка.

Большой вклад в организацию производства и освоение новых биопрепаратов в то время внесли первые директора биофабрики Н.П. Двиганцев, И.М. Ширшов, Ф.Н. Потапов, Ф.И. Климанов, К.А. Степанов, специалисты Е.И. Ковш, А.А. Осипенко, А.А. Потемкин, Б.С. Хайт, И.Я. Ребенков.

В военные годы биофабрика была вынуждена работать в тяжелых условиях. Сразу после объявления войны началась мобилизация. В конце июня 1941 года на фронт ушли 200 мужчин. В это же время по заданию правительства для нужд фронта был организован выпуск противостолбнячной сыворотки.

В связи с приближением фронта осенью 1941 года началась частичная эвакуация биофабрики в Омск. С октября 1941 года выпуск биопрепаратов на предприятии был прекращен, однако работа на биофабрике не прекращалась ни на один день, была организована охрана зданий и оставшегося оборудования. Сразу же после разгрома фашистов под Москвой на фабрике начались восстановительные работы. В мае 1942 года из Омска возвратились основная группа специалистов и директор биофабрики М.Т. Коротков. С июля 1942 года по март 1943-го были организованы и восстановили работу большинство цехов.

За короткий срок коллективом биофабрики была проделана большая работа по возобновлению производства биопрепаратов. В 1943 году биофабрика изготавливала уже 11 препаратов.

В послевоенные годы биофабрика неоднократно реконструировалась, строились и вводились в эксплуатацию новые производственные площади, модернизировалось и обновлялось промышленное оборудование, расширился ассортимент выпускаемой продукции.

В 1969 году Кашинцевская противочумная биофабрика № 1 на основании постановления Совмина СССР и приказа Минсельхоза СССР от 08.09.1969 была переименована в Государственный Щёлковский биокомбинат.

В 1976 году на биокомбинате по контракту с французской фирмой ИФФА-Мерье было завершено строительство крупнейшего в Европе комплекса (биоцеха) по производству противоящурной вакцины. Предприятие было оснащено новейшим оборудованием.

В 1990-х годах проведена реконструкция лабораторного комплекса, построенного в 1965 году.

В начале 1990-х гг. биокомбинат занимал первое место среди подобных предприятий отрасли по объему выпуска продукции.

Поселок Биокомбината превратился в благоустроенный поселок городского типа с современной инфраструктурой, имеющий свою среднюю школу на 960 учащихся, дом культуры на 400 мест, больницу, поликлинику, аптеку, музыкальную школу, стадион и лучшую в округе баню с русской и финской парными и бассейном.

В начале 2000 годов ассортимент выпускаемой продукции составлял 35 наименований. Был реализован проект производства антирабических вакцин за счет федерального бюджета, который начался в 1994 году. Новым проектом предусматривалось производство



антирабических вакцин суспензионным методом в реакторах с учетом требований GMP.

С 2004 по 2007 год технология изготовления противоящурных вакцин переведена на суспензионный метод в биореакторах с учетом требований GMP, получен сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2000.

В 2013 году Федеральное государственное унитарное предприятие «Щёлковский биокомбинат» распоряжением Правительства РФ № 2332-р было преобразовано в Федеральное казенное предприятие «Щёлковский биокомбинат».

С 2020 по 2023 год проведена модернизация производственных и инженерных мощностей, реконструировано более 1100 кв. м производственных площадей с учетом требований GMP и установлено более 100 единиц оборудования, закуплено новое оборудование с целью освоения и выпуска вирус-вакцины для оральной иммунизации диких плотоядных животных против бешенства «Оралрабивак». Зарегистрированы вакцины «Ресвак» (против репродуктивного-респираторного синдрома свиней) и «Аусвак» (против болезни Ауески). Открыт участок по производству вакцин против болезни свиней «Циркостоп», «Пестистоп». Выпущены 6 новых тест-систем для выявления вирусов африканской чумы свиней, лейкоза крупного рогатого скота, блютанга, гриппа А (субтипы H5-H7-H9), бактерий рода листерий методом полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Основными направлениями развития ФКП «Щёлковский биокомбинат» являются наращивание объемов и расширение ассортимента продукции с высоким качеством, развитие географии поставок в следующие страны: Таиланд, Индия, Саудовская Аравия, Кувейт, Алжир и Египет и др., модернизация производства, внедрение новых технологий и продуктов, проведение НИР, укрепление и расширение сотрудничества с ведущими научными организациями, проведение мероприятий по повышению профессионального уровня кадрового состава, привлечение молодых специалистов, социальная направленность деятельности, реализация программы импортозамещения, наращивание производственного потенциала, развитие производственной и инженерной инфраструктур.

**ФКП «Щёлковский биокомбинат»**  
141142, Московская обл.,  
г. о. Лосино-Петровский, пос. Биокомбината  
Тел. +7 (495) 134-58-85  
comerc@biocombinat.ru  
www.biocombinat.ru



## ДЕНЬ ВЕТЕРИНАРНОГО РАБОТНИКА: 10-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ ПРАЗДНИКА

Как это ни покажется странным, еще 10 лет назад в России не было своего профессионального праздника у столь древней профессии, как ветеринарный врач. Естественно, назывались представители этой профессии по-другому, но лечили животных еще в глубокой древности. Как утверждает Большая российская энциклопедия: «Элементы врачевания домашних животных появились прежде всего в пастушеских племенах» (4000–3000 лет до н. э.) [1]. При внимательном изучении статьи можно ознакомиться как с деятельностью ветеринаров в любой исторический период, так и с именами древних ветеринаров. Поэтому закономерен вопрос, как получилось, что у российских ветеринаров не было своего профессионального праздника.

Будем справедливы: в России отмечали Международный день ветеринарного врача. Ежегодно, в последнюю субботу апреля, во многих странах мира отмечается Международный день ветеринарного врача (World Veterinary Day), который был учрежден Всемирной ветеринарной ассоциацией (World Veterinary Association, WVA) в 2000 году. Информацию об этом можно легко найти и узнать, с какого года отмечается этот праздник, когда и кем он был установлен и когда празднуется. Однако практически нигде не говорится, почему именно в конце апреля. Информацию об этом удалось найти в материалах WVA [2].

В конце апреля 1863 года профессор Эдинбургского ветеринарного колледжа Джон Гэмджи (John Gamgee) организовал Первую Международную ветеринарную конференцию, на которой было принято решение об учреждении Всемирной ветеринарной ассоциации (WVA). В июле того же года в Гамбурге состоялся Первый Всемирный ветеринарный конгресс (WVC), в котором приняли участие 99 специалистов из 10 стран, в том числе из России. С тех пор представители России (СССР) постоянно участвовали в работе WVA, а в 1979 году XXI WVC состоялся в Москве, в котором участвовали уже 4300 человек из 62 стран. Международный авторитет отечественной ветеринарии был столь высок, что в 1967–1989 гг. вице-президентом WVA был Александр Дмитриевич Третьяков (1929–2016 гг.).



А.Д. Третьяков

Вице-президент Всемирной ветеринарной ассоциации (1967–1989 гг.), постоянный представитель СССР в Международном эпизоотическом бюро (МЭБ), член административной комиссии МЭБ, вице-президент региональной комиссии МЭБ для стран Азии, Дальнего Востока, Океании, член Постоянного комитета по ветеринарии стран — членов СЭВ. Лауреат Государственной премии СССР (1973 г.) и Государственной премии

Российской Федерации за разработку научных основ ликвидации и профилактики ящура в России (1996 г.). Заслуженный ветеринарный врач Российской Федерации.

Бесспорно, деятельность Александра Дмитриевича — это подтверждение высокого международного статуса советско-российской ветеринарии. Тем более удивительно, что у отечественных ветеринарных специалистов не было своего собственного российского профессионального праздника. И это было не только обидно, но и несправедливо: «Только в системе государственной ветеринарной службы трудятся более 100 тысяч ветеринарных специалистов. Они работают в: федеральных органах исполнительной власти и подведомственных им учреждениях (межрегиональных ветеринарных лабораториях, центрах, биофабриках, специальных подразделениях, территориальных управлениях, специальных подразделениях, территориальных управлениях, пограничных контрольных ветеринарных пунктах); в ветеринарных (ветеринарно-санитарных) службах федеральных органов исполнительной власти, в которых предусмотрена военная служба (Министерства обороны России, МВД России, ФСО России, ФСБ России, ФСИН России) и подведомственных им подразделений; уполномоченных в области ветеринарии органах исполнительной власти субъектов Федерации и подведомственных им учреждениях (ветеринарных станциях по борьбе с болезнями животных, ветеринарных пунктах). Ветеринарные специалисты работают: в сфере науки — в высших учебных заведениях, средних специальных учебных заведениях, колледжах, научно-исследовательских институтах, лабораториях; на мясоперерабатывающих и рыбоперерабатывающих предприятиях, предприятиях биологической промышленности, предприятиях, связанных с производством кормов и лекарственных препаратов, зоопарках и цирках, конно-спортивных комплексах и ипподромах, дельфинариях и иных организациях. Кроме того, значительное количество специалистов в области ветеринарии занимаются предпринимательской деятельностью» [3].

Нельзя сказать, что ветеринарные специалисты вообще обошли вниманием, лучших из них отмечали в День работника сельского хозяйства. Но это были лишь те, кто работал в агропромышленном комплексе, а остальным оставалось довольствоваться лишь классической фразой Сергея Степановича Евсеенко: «Врач лечит человека, а ветеринарный врач оберегает человечество».



А.Н. Панин



Более 10 лет назад инициативная группа академиков Российской академии сельскохозяйственных наук во главе с директором ФГУ ВГНКИ академиком Александром Николаевичем Паниным выступила с инициативой учреждения праздника День ветеринарного работника. Не случайно, что именно Александр Николаевич возглавил инициативную группу. Ученый в области ветеринарной микробиологии и эпизоотологии, доктор ветеринарных наук (1992 г.), профессор (1995 г.), академик Российской академии наук (2013 г.), директор Всероссийского НИИ контроля, стандартизации и сертификации ветеринарных препаратов (ФГБУ «ВГНКИ») (1990–2015 гг.), он начал свою трудовую деятельность в 1972 г. и прошел путь от лаборанта до директора института.

В качестве даты был выбран День православной памяти святых Флора и Лавра — 31 августа. На Руси святые мученики Флор и Лавр почитаются как покровители домашнего скота. По преданию, с открытием мощей святых мучеников Флора и Лавра прекратился падеж скота. Поэтому по всей Русской земле торжественно праздновался день памяти этих святых. Также предание гласит, что Флор и Лавр были обучены архангелом Михаилом искусству управления лошадьми. В древних иконописных подлинниках Руси дается наставление, что святые Флор и Лавр должны быть написаны с конями, которым они покровительствуют, а в «Войне и мире» Платон Каратаев говорил Пьеру, что с именами Флора и Лавра связан «лошадиный праздник».

Инициативная группа обратилась к Святейшему Патриарху Московскому и всея Руси Кириллу с просьбой об установлении церковного праздника ветеринарных работников. Указом Святейшего Патриарха Московского и всея Руси Кирилла от 23.03.2011 «определен церковный праздник ветеринаров на канонической территории Русской православной церкви в соответствии с Днем памяти мучеников Флора и Лавра, который приходится на 31 августа» [3].

После этого Правительство Российской Федерации распоряжением от 8 мая 2014 года предписало: «Минсельхозу России принять до 31 августа 2014 года нормативный правовой акт об установлении профессионального праздника — Дня ветеринарного работника» [4].

Минсельхоз отреагировал оперативно и 11 июня 2014 года издал приказ об установлении профессионального праздника:

«В соответствии с пунктом 2 Указа Президента Российской Федерации от 31 июля 2013 года № 659

«О порядке установления в Российской Федерации памятных дней и профессиональных праздников» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2013, № 31, ст. 4201) приказываю: установить профессиональный праздник — День ветеринарного работника и отмечать его 31 августа.

Министр сельского хозяйства Российской Федерации Н.В. Фёдоров» [5]

В итоге от момента установления церковного праздника ветеринаров до установления профессионального Дня ветеринарного работника прошло 3 года. Не надо думать, что это были просто бюрократические проволочки. В процессе общественного обсуждения в поддержку установления профессионального праздника были получены свыше 100 отзывов, собраны более 150 подписей по всей стране, а если учесть мнение людей, пользующихся услугами ветеринарных специалистов, то голосов в поддержку праздника набралось бы несколько десятков, если не сотен тысяч.

Сегодня в День ветеринарного работника достаточно посмотреть страницы интернет-сайтов и аккаунтов в социальных сетях региональных органов власти, управлений и комитетов ветеринарии, общественных организаций, связанных с животными, с поздравлениями с этим праздником, комментариями читателей к этим публикациям, чтобы увидеть, какое важное место занимает ветеринария в жизни общества.

Время летит быстро. И быстро забывается: как это было 10 лет назад, как мы жили без чего-то, что сегодня привычно и естественно для всех. Если 15 лет назад в общественном сознании граждан ветеринария ассоциировалась с мелкими домашними животными, домашними питомцами, то сегодня можно констатировать, что в общественном сознании произошел существенный сдвиг. Общество поняло, какое место в его жизни занимает ветеринария и как, вспоминая ставшую канонической фразу С.С. Евсеенко, она служит человечеству.

Алиев А.А.,  
ГБУ «Санкт-Петербургская городская станция  
по борьбе с болезнями животных»  
Андреев Ю.А.,  
Управление ветеринарии Санкт-Петербурга  
Дресвянникова С.Г.,  
ГБУ «Санкт-Петербургская городская станция  
по борьбе с болезнями животных»,  
Донской государственный технический университет  
Шарпило В.Г.,  
ГБУ «Санкт-Петербургская городская станция  
по борьбе с болезнями животных»

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». <https://bigenc.ru/c/istoriia-veterinariii-3ee2ab> (проверено: 16.07.2024).
2. Aalbers E. Short History of the WVA. [https://worldvet.org/docs/wva\\_history\\_1863-1994.pdf](https://worldvet.org/docs/wva_history_1863-1994.pdf) (проверено: 16.07.2024).
3. Пояснительная записка к проекту приказа Минсельхоза России «Об установлении профессионального праздника — Дня ветеринарного работника».
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 мая 2014 года № 774-р.
5. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 11 июня 2014 года № 188.

# ДИНОПРОСТ: СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В далеком 1982 году мировое сообщество облетело сообщение о присуждении Нобелевской премии Суне К. Бергстрему, Бенгту И. Самуэльссону и Джону Р. Вейну по физиологии и медицине «за открытия, касающиеся простагландинов и родственных им биологически активных веществ».

Сун К. Бергстрем получил чистые простагландины и определил химическую структуру двух важных групп — простагландин Е (PG-E) и простагландин F (PG-F), показал, что они образуются в результате преобразования ненасыщенных жирных кислот.

Бенгт И. Самуэльсон составил карту различных типов простагландинов (эндопероксиды, тромбоксаны и лейкотриены) и показал, как простагландины преобразуются и образуются из ненасыщенных жирных кислот.

Джон Р. Вейн открыл простагландин (простаглицлин) и показал, что ацетилсалициловая кислота действует путем ингибирования образования простагландинов.

Значение открытия простагландинов трудно переоценить, оно повлияло на развитие многих отраслей ветеринарных и сельскохозяйственных наук, что позволило управлять механизмом регуляции половой функции, тем самым контролировать и регулировать процессы воспроизводства крупного рогатого скота. На современном этапе данный вопрос наиболее остро стоит в свете продовольственной безопасности России, которая напрямую связана с развитием животноводства, ростом поголовья и производства мяса, молока.

Н.В. Самбуров и соавт. (2021 г.) в работе «Простагландины: свойства, применение в животноводстве» указали, что простагландины необходимы для процесса овуляции, они влияют на продвижение яйцеклетки и подвижность сперматозоидов, на сократительную деятельность матки, а также необходимы для нормальной родовой деятельности.

Повышение концентрации в крови эстрогенов, синтезируемых растущими фолликулами, является сигналом для синтеза маткой ПГФ<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>). PGF<sub>2α</sub> образуется в различных клетках из простагландина H<sub>2</sub> (PGH<sub>2</sub>), который, в свою очередь, синтезируется из арахидоновой кислоты при участии фермента простагландинсинтетазы. PGF<sub>2α</sub> часто рассматривается как антагонист простагландина E<sub>2</sub> (PGE<sub>2</sub>) из-за противоположных эффектов, оказываемых им в различных тканях.

Препарат **Динопрост-Т** — яркий представитель аналогов природных простагландинов, произведенных в РФ. **Динопрост-Т** создан и выпускается научно-производственной компанией ООО НПК «Асконт+».

ООО НПК «Асконт+» — ведущий производитель ветеринарных препаратов, который 25 лет разрабатывает и производит лекарственные средства под девизом «Здоровье животных — здоровье людей!».

Динопрост оказывает сильное лютеолитическое действие, вызывая функциональную и морфологическую регрессию желтого тела, что приводит к снижению уровня прогестерона. По принципу отрицательной обратной связи снижение концентрации прогестерона стимулирует выработку гипофизом фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), участвующего в развитии фолликулов в яичниках. По мере роста фолликулов они производят эстрадиол, высокие концентрации которого влияют на поведение животного и вызывают охоту. Отсутствие прогестерона на фоне высоких концентраций эстрадиола стимулирует выделение гипоталамусом

гонадотропин-рилизинг гормона (ГнРГ), что приводит к росту концентрации лютеинизирующего гормона (ЛГ) с последующей овуляцией доминирующего фолликула.

**Динопрост-Т** по степени воздействия на организм относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76). Коровам и телкам препарат вводят в дозе 5,0 мл на животное, что соответствует 25 мг Динопроста. После введения **Динопрост-Т** быстро абсорбируется из места инъекции и метаболизируется до PGF<sub>2α</sub>. Максимальная концентрация основного метаболита PGF<sub>2α</sub> в плазме коров достигает 15 мкг/л через 19 минут, период полувыведения составляет несколько минут, выводится с мочой. Остаточное количество лекарственного средства быстро выводится из организма и не накапливается в тканях животных, за исключением места инъекции, где сохраняется до 2–3 суток.

Стимуляцию половой цикличности и овуляцию у коров и телок осуществляют разными вариантами применения **Динопроста-Т** (PGF<sub>2α</sub>) (Н.В. Самбурова, 2021 г.).

1. Выявление у коров охоты в фолликулярной фазе полового цикла. На 7-е сутки всем коровам, не осеменным в течение недели, вводят дозу **Динопроста-Т**, а на следующий день проводят осеменение однократно в планируемое время или двукратно спонтанно проявившим половую охоту.

2. Введение **Динопроста-Т** при одном осеменении. Всем коровам в случайном порядке (без оценки состояния яичников) делают инъекцию **Динопроста-Т** с повтором на 11-е сутки. После второй инъекции на 3–4-е сутки проводят искусственное осеменение.

3. Применение **Динопроста-Т** при двукратном осеменении. Коровам вводят **Динопрост-Т**, после проявления охоты осеменяют. В случае отсутствия половой охоты на 11-е сутки препарат вводят повторно, и проводят осеменение в заданное время.

**Динопрост-Т** применяется в двух схемах индукции лютеолиза со стимуляцией фолликулогенеза и овуляции.

Первая схема заключается в том, что на 8–12-е сутки полового цикла коровам вводится «Эстрофантин» (D-клопростенол), через 70 часов инъектируется «Сурфагоном» (гонадолиберина, ГнРГ). По мере развития половой охоты у животных проводят их искусственное осеменение.

Вторая схема или синхронизация овуляции (Ovsynch): в отличие от первой схемы, инъекция ГнРГ (гонадотропный релизинг-гормон) или его аналога проводится двукратно:

введение животным «Сурфагона»;  
через 7 суток — инъекция **Динопроста-Т**;  
спустя 2 суток — инъекция «Сурфагона»;

спустя 8–20 часов — искусственное осеменение в запланированное время без выборки коров в состоянии половой охоты.

Обработка по схеме Ovsynch позволяет сократить сервис-период на 19 суток.

В дополнение к схемам, описанным выше, применяют программы «Двойной Пре-СИНХ» и «Селект СИНХ» (схема 1, 2).

**Схема 1.** Применение **Динопроста-Т** по программе «Двойной Пре-СИНХ»

**Динопрост-Т**

**Динопрост-Т** — на 14-й день.

«Сурфагон Ультра» — через 12 дней.

**Динопрост-Т** — через 7 дней.

«Сурфагон Ультра» — через 2 дня.

Осеменение — через 16–24 часа.

**Схема 2.** Применение **Динопроста-Т** по программе «Селект СИНХ»  
«Сурфагон Ультра»

**Динопрост-Т** — через 7 дней.

«Сурфагон Ультра» — через 10 дней.

Осеменение (после повторного применения препарата «Сурфагон Ультра» выявляют коров в состоянии охоты с 7-го по 10-й день после первой инъекции «Сурфагон Ультра»).

Динопрост обладает выраженным стимулирующим действием на гладкую мускулатуру матки. Введение Динопроста животным на ранних сроках беременности вызывает аборт или стимулирует родовую деятельность перед началом родов. Препарат может вызывать сокращение гладкой мускулатуры сосудов, бронхов и желудочно-кишечного тракта. PGF<sub>2α</sub> оказывает воздействие через определенные, особо чувствительные к нему

рецепторы на клетках гладкомышечной ткани, и их активность регулируется при помощи специфических рецепторов на мембранах клеток-мишеней. Динопрост вызывает активацию фосфолипазы С, увеличивает проницаемость клеточных мембран для кальция, способствуя таким образом повышению внутриклеточного уровня ионов кальция, что приводит к сокращениям миомеритрия. Простагландины индуцируют образование нексусов, усиливая передачу сигналов в миомеритрии и способствуя активизации чувствительных к окситоцину рецепторов в матке.

Для прерывания стельности **Динопрост-Т** применяют коровам до 120-го дня, в том числе для прерывания патологической стельности (мертвый плод, мумификация или мацерация плода) вводят однократно 5,0 мл препарата на животное, что соответствует 25 мг Динопроста.

Для стимуляции охоты **Динопрост-Т** применяют коровам начиная с 270-го дня стельности, вводят однократно в дозе 5,0 мл на животное, что соответствует 25 мг Динопроста.

Лечение хронического эндометрита или пиометры при функционирующем или персистирующем желтом теле **Динопрост-Т** вводят однократно в дозе 5,0 мл на животное, что соответствует 25 мг Динопроста.

**Динопрост-Т** — эффективный препарат для синхронизации половой охоты у молочного поголовья КРС. Позволяет увеличить количество животных на 10–27% и сократить сервис-период. **Динопрост-Т** — надежный инструмент для регулирования половой функции и лечения акушерско-гинекологических болезней продуктивных животных.

С.С. Шихов, канд. ветеринар. наук,  
Г.М. Крюковская, канд. ветеринар. наук

На правах рекламы

# ДИНОПРОСТ-Т

## ПРОСТАГЛАНДИН F<sub>2α</sub> ИДЕНТИЧНЫЙ НАТУРАЛЬНОМУ



НОВИНКА

- ВЫСОКАЯ ЛЮТЕОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
- РЕАЛЬНЫЙ УТЕРОТОНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ - УСИЛИВАЕТ СОКРАЩЕНИЕ МАТКИ
- ОБЛАДАЕТ КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ ПОЛУВЫВЕДЕНИЯ
- НЕ КУМУЛИРУЕТСЯ В ОРГАНИЗМЕ



БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО МЯСУ И МОЛОКУ

**АСКОНТ+**

ООО «НПК «Асконт +»  
РФ, 142279, Московская область, г. Серпухов,  
п. Оболенск, ул. Строителей, строение 2  
Тел./факс: (4967) 31-19-25



# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ВРЕДНОСНЫМИ НАСЕКОМЫМИ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Ни для кого не секрет, что насекомые из года в год наносят существенный вред сельскохозяйственным животным. Мухи, мошки, комары, оводы, слепни, клещи, мокрецы и другие вредоносные насекомые широко распространены во всех регионах с развитым животноводством.

Цикл развития насекомых тесно переплетается с животноводческими предприятиями (фото 1), паразитам необходимы для питания продукция, получаемая от животных, кровь, живые ткани, выделения организма животного, многие виды насекомых для размножения используют продукты жизнедеятельности животных.

В данной статье рассмотрены современные методы борьбы с мухами, так как именно они являются наиболее распространенными насекомыми на молочно-товарных фермах, а вред, наносимый ими, остается значительным.

На территории Российской Федерации встречаются более 80 видов мух. Наибольшей численности обычно достигает популяция комнатной мухи, которая, являясь эндофилом, постоянно обитает в закрытых помещениях (жилищах людей, пищевых предприятиях, лечебных учреждениях, помещениях для животных и т. д.). Наряду с комнатными мухами широко распространены малая комнатная муха, домовая муха, осенняя жигалка, синяя весенняя муха, зеленая мясная муха, серая мясная муха.

В лесной и лесостепной зонах европейской части России и Западной Сибири встречается синяя мясная муха, в Средней Азии и Закавказье — базарная муха. В отличие от комнатных, мухи этих видов экзотфильны — обитают на открытом воздухе: на наружных стенах туалетов, контейнерах для отходов, растительности и т. д. [2].

Наибольшие экономические потери от мух обусловлены в первую очередь создаваемым дискомфортом животным. Так, при увеличении популяции мух в животноводческих помещениях в период активного их лета и размножения наблюдается снижение удоев до 20%, а также снижение жирности молока до 0,1% у дойных коров [2].

Экономические потери складываются и от нанесения мухами механических повреждений тканей животных. У подвергаемого нападению насекомыми крупного рогатого скота проявляется симулидотоксикоз, возможно развитие аллергической реакции — как в местах укусов, так и общего характера. Места укусов открывают ворота для проникновения инфекции в организм хозяина. Мухи участвуют в переносе опасных инфекционных болезней — колибактериоза, сальмонеллеза, кокцидиоза и т. д., инвазионных заболеваний, таких как инфекционный кератоконъюнктивит (фото 2–4).

Муха-коровница является промежуточным хозяином телязий (*Thelazia callipaeda*, реже *Thelazia californiensis*), вызывающих у крупного рогатого скота инвазионную болезнь — телязиоз (*Thelaziosis*).

Мухи и кровососущие насекомые в хозяйствах, неблагополучных по лейкозу КРС, способствуют передаче вируса лейкоза, а также являются потенциальными переносчиками вируса нодулярного дерматита.

Для эффективной борьбы с насекомыми необходимо понимать цикл их развития и размножения, все аспекты жизнедеятельности, а также продолжительности жизни.



Фото 1. Мухи на ведрах для выпойки молока



Фото 2–4. Инфекционный кератоконъюнктивит крупного рогатого скота

Яйцекладущие мухи в своем развитии преодолевают 4 стадии: яйцо, личинка, куколка, имаго (взрослая особь) [1]. Оптимальные условия для размножения — температура окружающей среды 25–30 °С при относительной влажности воздуха 60–80%. При этих условиях продолжительность развития одного поколения полевой мухи составляет 9–12 суток, а для осенней жигалки — 22–30. Мухи размножаются в скоплениях гниющих органических веществ, навозе, помете (фото 5). Количество откладываемых яиц может достигать до 400 шт. За свою жизнь самка способна отложить яйца до 6 раз. Активный лет мух начинается в апреле — мае при достижении среднесуточной температуры воздуха выше 10 °С и значительно сокращается в октябре — ноябре с наступлением холодов [1, 2].



Фото 5. Куколки мухи в подстилочном материале



Фото 6. Подстилочный материал без обработки в контрольной группе



Фото 7. Подстилочный материал после обработки средством «Маггот»

Согласно представленным данным, разрабатывается комплексный план по борьбе с насекомыми на предприятии, направленный на создание на территории животноводческих ферм условий, препятствующих размножению мух. Эти меры сводятся к поддержанию санитарно-гигиенических норм и необходимого микроклимата на предприятии. Особое внимание уделяют навозоудалению и общим правилам обращения с навозом на предприятии. Не допускают скопления навоза и кормовых отходов в местах содержания животных. Проводят регулярную механическую очистку клеток, скотопрогнонов, секций, стойл и станков.

Мероприятия по снижению численности насекомых для достижения максимальной эффективности необходимо проводить как против взрослых мух, так и против личинок. Для снижения численности половозрелых мух применяют вещества — инсектициды [1], в связи с чем становится вопрос о подборе препарата, позволяющего минимизировать контакт животных и человека с инсектицидами.

Для достижения максимальной безопасности и эффективности отлично подходят средства, в составе которых имеются аттрактанты — вещества, привлекающие насекомых, что позволяет эффективнее использовать препарат в животноводческих помещениях, размещая средство в закрытых ловушках, исключая контакт инсектицида с животными и сотрудниками предприятия.

Для борьбы со взрослыми насекомыми широко используется высокоэффективное инсектицидное средство длительного действия «Аза Флай». Благодаря стабильности действующих веществ «Аза Флай» отличается выраженным пролонгированным действием от 4 до 6 недель (в зависимости от условий внешней среды). Инсектицид обладает нокдаун-эффектом — гибель насекомого наступает в течение 10–15 секунд после контакта. Препарат содержит половой феромон, который привлекает мух на большом расстоянии. Мухи реагируют на феромон в средстве и проглатывают активный компонент, после чего происходит паралич их нервной системы.

Действующее вещество «Азаметинос» является фосфорорганическим соединением и обеспечивает

мгновенное инсектицидное действие. «Аза Флай» показывает свою эффективность против различных видов насекомых, устойчивых к органохлоринам и пиретроидам. Используется средством нанесением кистью и методом спрея.

Но не стоит забывать, что популяция мух состоит только на 15% из взрослых особей, а на 85% — из личинок на разных стадиях развития.

Для борьбы с мухами в личиночных стадиях хорошо себя зарекомендовал абсолютно безопасный, как для животных, так и для человека, препарат «Маггот» — ингибитор роста для контроля численности личинок мух. Препарат безопасен для животных и человека, может использоваться в присутствии КРС. «Маггот» наносится на поверхность навоза, мусора, места обитания личинок, таких как решетчатый пол, области под кормушками, под поилками, остатки корма.

При обработке необходимо обратить особое внимание на проблемные области — места прохождения систем водоснабжения, все труднодоступные для механической очистки участки, углы помещений, а также участки, расположенные на расстоянии не менее 50 см от стен, где наблюдается наибольшее скопление личинок. «Маггот» подавляет рост личинок, развивающихся во влажной среде, средство попадает в организм личинки вместе с кормом и тормозит развитие кутикулы, вследствие чего прекращается рост личинок и наступает их гибель.

Привыкания к препарату не наблюдалось в течение 20 лет его присутствия на рынке Европы. Средство применяется методом спрея и орошения. Препарат обладает выраженным пролонгированным действием до 8 недель, что подтверждается неоднократными опытами применения (фото 6, 7).

Из практики применения вышеописанных средств наибольших результатов достигают животноводческие предприятия, которые комплексно подходят к борьбе с мухами, уничтожая популяции личинок и взрослых насекомых.

П.В. Бояринов,  
ветеринарный врач — консультант департамента продвижения  
дивизиона животноводства ГК «ВИК», Москва, Россия

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов Д.Е., Курочкина Н.Г. Действенные методы борьбы с мухами в условиях свиноводческого комплекса. Уральский государственный аграрный университет. УДК619:616.995.773.4
2. Сазонов А.А., Новикова С.В. Борьба с насекомыми в животноводческих помещениях: Методические указания. М.: МаркетМаш Принт. 2014; 26.
3. Sasaki T., Kobayashi M., Agui N. Epidemiological potential of excretion and regurgitation by *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) in the dissemination of *Escherichia coli* O157: H7 to food // *Journal of Medical Entomology*. 2000; 37: 945–949.
4. Zurek L., Denning S.S., Schal C., Watson D.W. Vector competence of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) for *Yersinia pseudotuberculosis* // *Journal of Medical Entomology*. 2001; 38: 333–335.

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛЕМЕННОГО ЖИВОТНОВОДСТВА В ПОВЕСТКЕ ЕАЭС

Важнейшим фактором, определяющим необходимость поиска путей для повышения эффективности производства животноводческой продукции, является рост ее потребления и спроса как на локальных рынках, так и на глобальном агропродовольственном рынке.

Конкурентоспособность животноводческой продукции зависит от использования в процессе производства интенсивных промышленных технологий и племенной продукции с высоким генетическим потенциалом.

В погоне за максимальной продуктивностью поголовья многие страны переходят на использование импортных гибридов и глобальных пород, теряя при этом отечественные исходные линии и традиционно разводимые породы сельскохозяйственных животных и птицы, адаптированные к местным условиям разведения и обладающие уникальными характеристиками. В ряде случаев это приводит к полной импортной зависимости и угрозе продовольственной безопасности.

В силу ряда причин в конце XX и начале XXI столетия подобные тенденции имели место и в странах ЕАЭС. Недостаток внимания к развитию собственного производства племенной продукции и организации эффективной племенной работы стимулировал импорт не только выдающейся мировой генетики для наращивания продуктивных качеств племенного ядра селекционных стад, но и для товарных хозяйств, в которых высокопродуктивные животные зачастую не раскрывали свой генетический потенциал.

Проведенный Департаментом агропромышленной политики ЕЭК (далее — Департамент) обзор общемировых тенденций рынка племенной продукции за 2018–2022 годы показал, что в анализируемый период основной объем мировой внешней торговли племенными ресурсами приходился на племенную продукцию кур, крупного рогатого скота и свиней и составил 51 млрд долл. США, в том числе: экспорт — 27 млрд долл. США, импорт — 24 млрд долл. США<sup>1</sup>.

Следует отметить, что около 50% мирового экспорта племенной продукции птицеводства обеспечили шесть транснациональных корпораций (Aviagen, Erich Wesjohann Group, Cobb-Vantress Inc., Hendrix Genetics BV, Novogen, Hubbard)<sup>2</sup>, племенной продукции КРС — четыре ведущие компании (Viking Genetics<sup>3, 4</sup>, MASTERRIND<sup>5</sup>, World Wide Sires (WWS)<sup>6</sup>, HUNLAND)<sup>7</sup>.

Доля стран ЕАЭС в мировом объеме внешней торговли племенной продукцией указанных видов животных составила 5%, в том числе 10% импорта и 1% экспорта. При этом на долю Российской Федерации приходилось 84% всего импорта в ЕАЭС племенной продукции кур, КРС и свиней, Республики Казахстан — 10%, Республики Беларусь — 4%, Республики Армения — 1%, Кыргызстана — менее 1%.

В анализируемый период 44% всего импорта племенных ресурсов ЕАЭС приходилось на племенную продукцию кур, 34% — КРС<sup>8</sup>.

Вместе с тем, учитывая, что проведение эффективной селекции предполагает регулярный обмен генетическим материалом, в том числе из третьих стран, ежегодный импорт племенных ресурсов в ЕАЭС в определенной степени обеспечивает освежение крови племенного поголовья, является технологически допустимым и некритичным по всем подотраслям животноводства, за исключением птицеводства и скотоводства.

Очевидно, что занятие доминирующего положения на мировом рынке племенной продукции несколькими транснациональными компаниями обусловлено результатами многолетнего объединения ресурсов для получения высокоэффективной племенной продукции и внедрения инновационных технологий в процессы инкубации, кормления, содержания, обеспечения биологической безопасности племенного поголовья при поддержке глобальных сетей продаж, маркетинга и логистики. В связи с этим создание собственной конкурентоспособной племенной продукции невозможно без научно-технологической трансформации племенного животноводства с учетом лучших мировых практик и опыта государств — членов Союза в указанной сфере.

Стратегическими направлениями развития евразийской экономической интеграции до 2025 года предусмотрена выработка государствами-членами мер, направленных на импортозамещение племенной продукции в подотраслях животноводства, имеющих существенную зависимость от импорта племенных ресурсов, увеличение объема взаимной торговли и обеспечение международной конкурентоспособности животноводства государств — членов Союза.

В настоящее время в ЕАЭС сформирована правовая база для ведения племенной работы государств-членов по единым порядкам и методикам оценки племенной ценности, проведения апробации новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных животных, молекулярной генетической экспертизы племенной продукции. Созданы условия для объединения усилий по разработке и внедрению в племенном животноводстве инновационных технологий, включая геномную селекцию.

При этом необходимо продолжение работы по унификации в рамках ЕАЭС требований к племенной продукции и подходов к учету продуктивности сельскохозяйственных животных на основе международных стандартов, что позволит имплементировать в право Союза современ-

<sup>1</sup> <https://www.trademap.org/Index.aspx>

<sup>2</sup> Breeder companies: <https://www.hatchability.com/hatchery-business.html>

<sup>3</sup> <https://www.vikingdanmark.dk/da-dk/vikinglivestock/products-and-solutions/customers-and-partners>

<sup>4</sup> <https://www.vikinggenetics.biz/>

<sup>5</sup> <https://ipgoncharov.ru/>

<sup>6</sup> <https://wvsires.com/>

<sup>7</sup> <https://www.hunland.com/contact/>

<sup>8</sup> Статистика ЕАЭС.



На фото: Организованное ЕЭК заседание круглого стола на «MVC: зерно — комбикорма — ветеринария — 2024», г. Москва. 19.06.24

ные подходы, признанные на международном уровне, к производству и учету племенных ресурсов.

Повышение качества и достоверности предоставляемой информации о разводимых на территории государств — членов ЕАЭС породах, типах, линиях и кроссах сельскохозяйственных животных, их характеристиках и местах разведения путем введения в промышленную эксплуатацию общего процесса информационной системы Союза «Формирование, ведение и использование базы данных о племенных животных и селекционных достижениях в области племенного животноводства», а также унификация в рамках ЕАЭС требований к выпуску в обращение, ввозу, вывозу и перемещению племенной продукции сельскохозяйственных животных (наряду с созданием устойчивых схем поставок племенного маточного поголовья и спермопродукции) позволят создать благоприятные условия для наращивания взаимной торговли племенными ресурсами продуктивных животных и селекционными достижениями в животноводстве.

Кроме того, актуализация перечня статистических показателей официальной статистической информации ЕАЭС и форматов ее предоставления Комиссии уполномоченными органами государств-членов позволит на постоянной основе всесторонне анализировать, оценивать ситуацию и выработать предложения по мерам, направленным на развитие племенного животноводства в ЕАЭС.

Повышение качества подготовки высококвалифицированных кадров для отрасли может быть обеспечено путем реализации совместных образовательных проектов с привлечением ведущих отраслевых высших учебных заведений и научных центров государств — членов ЕАЭС, а также путем проведения семинаров, конференций с активным участием эффективно работающих племенных организаций.

Важнейшим направлением повышения эффективности племенного животноводства в ЕАЭС на современном должна стать совместная деятельность государств-членов и Комиссии по широкому внедрению в селекционно-племенную работу методологии прогнозирования племенной ценности сельскохозяйственных животных на основе геномного анализа.

В связи с этим унификация в рамках ЕАЭС порядка и условий проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными на основе геномного анализа при координации данной работы на базе аналитических центров ЕАЭС могла бы позволить сформировать эффективную систему селекции в животноводстве, позволяющую повысить генетический потенциал отечественной племенной продукции.

Данные подходы нашли отражение в Рекомендации Коллегии Евразийской экономической комиссии от 18 июня 2024 года № 11 «О мерах, направленных на развитие производства племенной продукции в подотраслях животноводства, имеющих существенную зависимость от импорта племенных ресурсов, увеличение объема взаимной торговли и обеспечение конкурентоспособности продукции государств — членов Евразийского экономического союза на мировом рынке».

Реализация документа позволит создать условия для укрепления научного потенциала в области генетики, биотехнологии, селекции, модернизации технологической базы для производства и тиражирования племенной продукции с высоким генетическим потенциалом, развития схем поставок племенной продукции, что в свою очередь обеспечит повышение эффективности племенного дела и будет способствовать устойчивому функционированию животноводства, увеличению взаимной торговли и обеспечению конкурентоспособности племенной продукции государств — членов ЕАЭС.

Современное состояние и перспективы развития геномной селекции в животноводстве ЕАЭС обсуждены на заседании круглого стола, организованного Евразийской экономической комиссией в рамках международной специализированной торгово-промышленной выставки «MVC: зерно — комбикорма — ветеринария — 2024» 19 июня в г. Москве. Участники заседания — представители органов государственного управления, науки, бизнес-союзов, ассоциаций и крупнейших компаний в сфере племенного животноводства стран ЕАЭС при участии Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН обменялись мнениями и обсудили возможные пути и механизмы межгосударственного взаимодействия для объединения научных, производственных, финансовых и кадровых ресурсов в целях повышения эффективности селекционно-племенной работы в странах Союза на основе лучших мировых практик и отечественного опыта.

Принимая участие в мероприятии, член Коллегии (министр) по промышленности и агропромышленному комплексу Евразийской экономической комиссии Гоар Барсемян отметила, что высокий уровень экспертов на заседании круглого стола дает возможность использовать их предложения для выработки на площадке Комиссии согласованных решений государств ЕАЭС по дальнейшему углублению интеграции в сфере племенного животноводства в целях внедрения в отрасль инновационных технологий и геномной селекции.

*А.Б. Кусаинова, Е.Г. Аверьянова, О.В. Арнаутков, Е.Ю. Высочина  
Департамент агропромышленной политики  
Евразийской экономической комиссии*

# КОНТРОЛЬ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ: ОЦЕНИТЬ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Азот — один из основных элементов, необходимых для жизнедеятельности растений. Около 1,5% сухой массы растений приходится именно на данный элемент. Роль азота в жизни растений сложно переоценить: он входит в состав белков, ферментов, нуклеиновых кислот, хлорофилла, витаминов (группы В) и других соединений; азот определяет ростовые процессы, фотосинтез и интенсивность синтеза белка. Поэтому данный элемент жизненно необходим растениям для набора здоровой вегетативной массы и увеличения количества белка в продукции растениеводства.

При дефиците данного элемента наблюдаются: хлороз старых нижних листьев (от бледно-зеленого до желтого); пожелтение начинается с верхушек листьев и распространяется по главной жилке; стебли короткие, хрупкие; кущение у злаков очень слабое;

Дефицит азота можно наблюдать при следующих сопутствующих факторах риска:

- недостаток (избыток) влаги (засуха, вымывание);
- легкий механический состав почвы;
- кислая (сильнощелочная) рН среды;
- холодная погода;
- низкое содержание гумуса;
- большое количество соломы в почве.

Лишь малая доля азота (1% от всего азота почвы) непосредственно доступна растениям., поэтому дефицит данного элемента встречается довольно часто.

В почве и атмосфере существует множество форм азота, некоторые из них непосредственно доступны растениям ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ), некоторые доступны, только пройдя ряд постепенных превращений ( $\text{NH}_2$ - и  $\text{NH}_3$ -формы доступны только после приращения в  $\text{NH}_4$  (при аммонификации) и в  $\text{NO}_3$  (при нитрификации), амидная форма азота ( $\text{NH}_2$ ) усваивается в основном через листовую пластину, а азот атмосферы доступен малочисленной группе бобовых и зернобобовых культур, способных фиксировать данную форму азота за счет симбиоза с бактериями азотфиксаторами.

Таблица 1. Формы азота в почве и их доступность

Доступные		Условно доступные	Недоступные
Минеральные формы — 1% от всего азота почвы			
Через почву	Через лист	Азот атмосферы	органические формы (99% всего азота почвы) (гумус)
$\text{NH}_4$ (аммоний)	$\text{NH}_2$ (амид)	$\text{N}_2\text{O}$	
$\text{NO}_3$ (нитрат)			
$\text{NO}_2$ (нитрит)			
$\text{NH}_2$ (амид)- $\text{NH}_4$ - $\text{NO}_3$			
$\text{NH}_3$ (аммиак)- $\text{NH}_4$ - $\text{NO}_3$			
Общее содержание азота, % (валовые формы)			

Для азота характерны потери из почвы за счет процессов вымывания, закрепления в ППК, иммобилизации, газообразных потерь, и для каждой формы азота свойственен в наибольшей мере определенный способ этих потерь. Например, для аммонийной формы — закрепление в ППК, для нитратной — вымывание, для амидной и аммиачной — газообразные потери из почвы. В конечном итоге при использовании неверной формы азота на неподходящем для нее типе почвы можно потерять до 67% всего внесенного элемента.

При выборе той или иной формы азота для внесения в почву важно учитывать свойства самой почвы в данный момент времени. В зависимости от этих свойств происходит усвоение аммонийной или нитратной формы

Таблица 2. Потери различных форм азота из почвы

Потери азота	Газообразные		Вымывание, %	Иммобилизация (закрепление) в ППК, %	Возможные потери азота в почве, %
	некарбонатные почвы, %	карбонатные почвы, %			
$\text{NH}_4$ (аммоний)	5	20	0	35	55
$\text{NO}_3$ (нитрат)	20	20	20	20	60
$\text{NH}_2$ (амид)	8	42	0	25	67
$\text{NH}_3$ (аммиак)	7	40	0	25	65

азота растениями. Например, в анаэробных условиях, в почвах с близкой к нейтральной или слабокислой реакцией среды, при избыточной влажности, высоком содержании Са,  $\text{K}_2\text{O}$ , Mg, температуре воздуха выше +8 наиболее активно поглощается  $\text{NH}_4$ -форма, в противоположных условиях —  $\text{NO}_3$ -форма азота.

Таблица 3. Усвоение формы азота в зависимости от условий

Климатические и почвенные условия		$\text{NH}_4$	$\text{NO}_3$
Условия аэрации почвы	анаэробные	+	-
	аэробные	-	+
рН среды	менее 7 (близкая к нейтр., слабокислая)	+	-
	более 7 (нейтральная, слабощелочная)	-	+
Высокое содержание элементов питания	Са, $\text{K}_2\text{O}$ , Mg	+	-
	$\text{P}_2\text{O}_5$ , Мо	-	+
Степень увлажнения почвы	избыточная (больше 90% от ППВ)	+	-
	оптимальная (80–90% от ППВ)	-	+
	низкая (менее 80% от ППВ)	-	+
Температура воздуха	среднесуточная t ниже +8 °C	-	+
	среднесуточная t выше +8 °C	+	-

При лабораторной диагностике азотного питания используют следующие показатели азотного режима почвы:

- содержание минеральных форм азота ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) — наиболее распространенный способ анализа;
- легкогидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой — для кислых почв ( $\text{NH}_4 + \text{NO}_3 + \text{Нлг}$ );
- щелочногидролизуемый азот по Корнфилду — для нейтральных и щелочных почв ( $\text{NH}_4 + \text{Нлг}$ );
- нитрификационная способность почв ( $\text{NO}_3$ );

В период вегетации основной метод исследования обеспеченности азотом растений — листовая диагностика общего азота (Нобщ). При диагностике обеспеченности почвы азотом важно ответить на ряд вопросов: на что проверять? когда и как отбирать образцы?

Важно приближать диагностику азотного питания к срокам внесения азотных удобрений. Глубина отбора проб регламентируется распределением азота в метровый толще, так как корни растений проникают гораздо глубже пахотного слоя, глубже пахотного слоя распределяется и азот. При диагностике азотного питания важно оценивать такой параметр, как запас продуктивной влаги почвы.

Продуктивная влага почвы — это влага сверх влажности устойчивого завядания, доступная для растений.

**Таблица 4. Методика отбора проб почвы для оценки содержания азота**

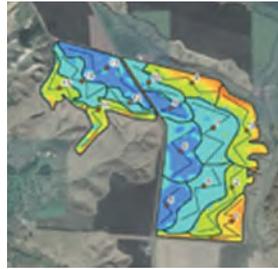
Культуры	Озимые	Яровые
Что определять	минеральный азот ( $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ ) содержание продуктивной влаги в почве (в 100 см)	
Когда отбирать образцы	ранняя весна	до посева
	среднесуточная температура воздуха не выше + 8–10 °С после схода снега и лишней влаги (ниже корнеобитаемого слоя)	
Как отобрать образцы	по элементам рельефа	
	по зонам продуктивности (NDVI)	
	по картограммам содержания минерального азота	
Величина элементарного участка	не более 50 га, не менее 3 скважин с поля	
Глубина отбора	100 см	
	каждые 20 см от 0 до 100 послойно — 5 образцов 1 скважины	

Без необходимой степени увлажнения почвы азотные удобрения становятся малодоступны растениям и лежат в почве мертвым грузом. Показатель продуктивной влажности почвы — это своего рода индикатор активации азотных удобрений.

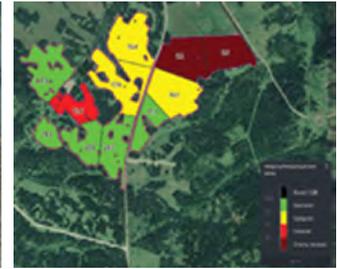
Что дает диагностика азотного питания почвы и сопутствующих параметров плодородия:

- объективную картину обеспеченности почвы основным элементом питания;
- точные расчетные дозы азотных удобрений без лишних затрат;
- целесообразность и необходимость проведения ранневесенней азотной подкормки озимых зерновых;

**Рис. 1.** Отбор по зонам продуктивности



**Рис. 2.** Отбор по почвенным картограммам



- корректировку азотного питания с учетом фактического содержания и продуктивной влажности почвы;
- выбор наиболее эффективных форм азотных удобрений.

### Выводы

Азот — один из самых подвижных и капризных элементов питания. Все минеральные формы азота подвергаются постоянным превращениям в почве, однако контроль азотного питания не менее важен, чем контроль над другими элементами. При правильной методике отбора и качественном анализе параметров азотного питания контроль над этим элементом может стать ключевым инструментом в регулировании урожайности культур и плодородия почвы.

*Ксения Бабаева, агроконсультант лаборатории почв ООО «Агроплем»*

На правах рекламы

**АГРОПЛЕМ**  
ЛАБОРАТОРИЯ

**АГРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЫ  
В ЛАБОРАТОРИИ АГРОПЛЕМ**

ЗДОРОВЫЕ РАСТЕНИЯ, ОБЕСПЕЧЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ, МАКСИМАЛЬНО РЕАЛИЗУЮТ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, ПОЗВОЛЯЮТ ПОЛУЧИТЬ КАЧЕСТВЕННУЮ ПРОДУКЦИЮ

**ДОСТОВЕРНЫЕ ДАННЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЧВЫ —  
УДОБРЕНИЯ БЕЗ ЛИШНИХ  
ЗАТРАТ!**

**АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ ПОМОГАЕТ:**

- ✓ Идентифицировать лимитирующие факторы урожайности
- ✓ Оценить пригодность поля для выращивания тех или иных культур
- ✓ Оценить пестроты почвенного плодородия

115409, Москва,  
Каширское шоссе, 49

+7 499 371-19-19  
+7 995 888-57-21

info@agroplem.ru  
www.agroplem.ru



Реклама

# МАРГИНАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ АГРОКУЛЬТУРНЫХ ИННОВАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПРОВИНЦИАЛЬНОСТИ

Агропромышленный комплекс является стратегически важным сектором экономики, обеспечивающим продовольственную безопасность и социальную стабильность общества. В условиях глобальных вызовов и растущей конкуренции на мировых рынках ключевым фактором развития АПК становится способность генерировать и внедрять инновации — новые идеи, технологии, продукты и услуги, позволяющие повысить эффективность и устойчивость аграрного производства [2].

Инновационный потенциал АПК во многом определяется социокультурным контекстом, в котором формируются и реализуются новаторские инициативы. Одним из важных, но малоизученных аспектов этого контекста является феномен маргинальной культуры — специфической системы ценностей, норм и практик, характерной для групп, находящихся на периферии доминирующей культуры [5].

С одной стороны, маргинальность часто ассоциируется с отклоняющимся поведением, социальной изоляцией и отсутствием ресурсов для полноценного участия в жизни общества, с другой — маргинальная позиция может стимулировать креативность, поиск нестандартных решений и готовность к риску, что является важной предпосылкой инновационной активности [7].

Еще одним значимым фактором, влияющим на инновационные процессы в аграрной сфере, является провинциальность — комплекс социально-экономических, культурных и ментальных особенностей, присущих территориям, удаленным от крупных городов и центров развития. Провинция традиционно воспринимается как консервативная среда, слабо восприимчивая к инновациям и ориентированная на воспроизводство устоявшихся практик [3].

*Цель данного исследования* — выявить роль маргинальной культуры в формировании инновационного потенциала АПК в условиях провинциальности. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: определить ключевые характеристики маргинальной культуры, релевантные для аграрной сферы; проанализировать восприятие провинциальности представителями агробизнеса; изучить практики применения маргинальных ценностей и подходов в агростартапах; разработать модель влияния маргинальности на инновационные процессы в АПК с учетом фактора провинциальности.

Методология исследования основана на принципах социокультурного подхода, рассматривающего экономические процессы и явления в контексте ценностей, норм, традиций и практик, присущих различным социальным группам и сообществам. В рамках данного подхода маргинальность трактуется не столько как социальный статус, сколько как особый тип мышления и поведения, отличающийся от общепринятых стандартов и потенциально способствующий инновациям [1]. Провинциальность в свою очередь рассматривается как социокультурная характеристика территории, влияющая на специфику экономической деятельности и определяющая структуру возможностей для различных акторов [4].

Для сбора эмпирических данных использовалась комбинация количественных и качественных методов. На первом этапе был проведен анкетный онлайн-опрос фермеров и руководителей агростартапов ( $n = 500$ ) из трех регионов России (Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область), характеризующихся высоким уровнем провинциальности и развитым сельским хозяйством. Выборка формировалась методом снежного кома с учетом квот по полу, возрасту и типу хозяйства. Анкета включала блоки вопросов о ценностных ориентациях, инновационной активности, восприятии провинциальности, барьерах и драйверах развития агробизнеса. Полученные данные были обработаны с помощью методов описательной и индуктивной статистики.

На втором этапе были проведены глубинные интервью ( $n = 25$ ) с теми респондентами, которые продемонстрировали высокий уровень приверженности маргинальным ценностям и инновационной активности по результатам опроса.

Первичный статистический анализ данных анкетного опроса ( $n = 500$ ) показал, что маргинальная культура и провинциальность оказывают значимое влияние на инновационную активность в агробизнесе. Так, доля респондентов, внедривших хотя бы одну радикальную инновацию за последний год, составила 67% среди «маргинальных» фермеров и агростартаперов по сравнению с 24% в остальной выборке ( $\chi^2 = 36,4, p < 0,01$ ).

Для более глубокого понимания обнаруженных различий был проведен двухэтапный кластерный анализ, позволивший выделить три основных профиля агриноваторов: «традиционалисты» (32%), «умеренные новаторы» (41%) и «радикальные экспериментаторы» (27%). Последний кластер характеризуется самым высоким уровнем приверженности маргинальным ценностям ( $M = 4,2$  по 5-балльной шкале,  $SD = 0,7$ ) и готовности к риску ( $M = 4,5, SD = 0,6$ ), а также наибольшей представленностью выходцев из провинции (74% vs 51% в среднем по выборке,  $\chi^2 = 19,8, p < 0,01$ ) [3].

Корреляционный анализ позволил выявить значимые взаимосвязи между ключевыми переменными исследованиями. В частности, обнаружена положительная корреляция между уровнем маргинальности и количеством внедренных инноваций ( $r = 0,42, p < 0,01$ ), а также между степенью провинциальности территории и открытостью к экспериментированию ( $r = 0,38, p < 0,01$ ). При этом связь между маргинальностью и инновационной активностью опосредуется восприятием провинциальности: в подгруппе респондентов, воспринимающих свою территорию как «глубоко провинциальную»,

Таблица 1. Кросс-кейс валидизация модели влияния маргинальной культуры на агроинновации в провинции

Кейс	Ценностно-нормативный компонент	Ресурсно-институциональный компонент	Практико-технологический компонент	Социально-коммуникативный компонент
Вертикальная ферма	Открытость новым агротехнологиям	Недоступность земельных ресурсов	Сочетание гидропоники с традиционным земледелием	Кооперация с местными фермерами
Агротуристический стартап	Постматериалистические ценности аутентичности	Низкая конкуренция в сфере сельского туризма	Микс элементов традиционного уклада и комфорта	Вовлечение местного сообщества
Органическое производство	Экологическая этика и забота о здоровье	Наличие незагрязненных химикатами территорий	Комбинация натуральных и инновационных методов	Прямые продажи через локальные сети
Ремесленная сыроварня	Ориентация на качество и мастерство	Избыток некондиционного молока у населения	Применение современных технологий к традиционным рецептам	Встроенность в неформальную экономику села

данная корреляция усиливается до  $r = 0,58$  ( $p < 0,01$ ), тогда как в подгруппе «непровинциалов» она ослабевает до  $r = 0,27$  ( $p < 0,05$ ). Это подтверждает гипотезу о синергетическом эффекте маргинальной культуры и провинциальности в стимулировании агрокультурных инноваций [1].

Для оценки совокупного влияния маргинальности и провинциальности на инновационную активность был проведен множественный регрессионный анализ. Его результаты показали, что данные факторы объясняют 31% вариации зависимой переменной (скорректированный  $R^2 = 0,31$ ,  $F(2,497) = 112,46$ ,  $p < 0,001$ ). При этом вклад маргинальности ( $\beta = 0,39$ ,  $p < 0,001$ ) оказался несколько выше, чем вклад провинциальности ( $\beta = 0,28$ ,  $p < 0,01$ ), что свидетельствует о ведущей роли ценностно-нормативных аспектов в стимулировании агроинноваций по сравнению с ресурсно-институциональными [7]. Дополнительный анализ модерации показал, что эффект маргинальности усиливается в условиях высокой провинциальности ( $\beta = 0,54$ ,  $p < 0,001$ ), тогда как в менее провинциальных контекстах он ослабевает ( $\beta = 0,22$ ,  $p < 0,05$ ). Это подтверждает конфигуративный характер влияния исследуемых факторов на инновационные процессы в агробизнесе [5].

Качественный анализ транскриптов глубинных интервью ( $n = 25$ ) позволил углубить и конкретизировать выявленные статистические закономерности. В частности, обнаружено, что маргинальность проявляется не только на ценностно-нормативном, но и на практико-технологическом уровне, стимулируя гибридизацию традиционных и новаторских подходов в агробизнесе. Так, один из информантов, фермер из глубинки, описывает свой опыт внедрения инновационной технологии вертикального земледелия в контексте традиционного растениеводства.

Вместе с тем представленное исследование не лишено ограничений, связанных как с объективными

обстоятельствами (неполнота эмпирической базы, ограниченность ресурсов), так и с субъективными факторами (исследовательские предпочтения, теоретические «слепые пятна»). В частности, за рамками анализа остались вопросы отраслевой специфики влияния маргинальности на разные сферы агробизнеса (растениеводство, животноводство, рыболовство и др.), требующие дополнительных компаративных исследований [11].

Проведенное исследование позволило по-новому взглянуть на проблему инновационного развития агропромышленного комплекса сквозь призму концептов маргинальной культуры и провинциальности. Полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что маргинальность является значимым драйвером агроинноваций, особенно в условиях провинциальной среды, создающей специфические ниши и возможности для нестандартных решений. Выявленные закономерности и механизмы влияния маргинальной культуры на инновационные процессы в АПК носят достаточно универсальный характер и могут служить основой для дальнейших междисциплинарных исследований на стыке экономической социологии, менеджмента, аграрных наук.

Не менее важное значение полученные результаты имеют для практики управления инновационным развитием АПК. Они показывают необходимость учета локальной специфики и отказа от унифицированных подходов к стимулированию агроинноваций в пользу более гибких и адаптивных стратегий, встроенных в местный социокультурный контекст.

*Исследование выполнено за счет внутреннего гранта РГПУ им. А.И. Герцена (проект № 5ВГ).*

*А.Д. Чистова, ассистент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Российский государственный педагогический университет  
им. А.И. Герцена»  
Chistova.kult@gmail.com*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Баньковская С.П. Маргинальная культура как объект социологического анализа // Вестник Московского университета. Серия 18: Социология и политология. 2012; 3: 127–140.
- Бурдые П. Социальное пространство и генезис «классов» // Вопросы социологии. 1992; 1: 17–36.
- Зубаревич Н.В. Региональное развитие и региональная политика в России // ЭКО. 2014; 4: 7–27.
- Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0 / Под ред. Н.В. Орловой. М.: Росинформагротех. 2020; 212.
- Лалин Н.И. Человеческие измерения инновационного процесса // Вестник Российской академии наук. 2010; 80: 7: 638–642.
- Маргинальность в современной России / Под ред. Е.С. Балабановой. М.: МОНФ. 2000; 208.
- Нефедова Т.Г. Сельская Россия на перепутье. Географические очерки. М.: Новое издательство. 2003; 408.
- Новые технологии в агропромышленном комплексе: тенденции и перспективы развития / Под ред. А.В. Петрикова. М.: ВИАПИ им. А.А. Никонова. 2021; 192.
- Пилиясов А.Н. И последние станут первыми: северная периферия на пути к экономике знания. М.: Либроком. 2009; 544.
- Покровский Н.Е., Нефедова Т.Г. Угорский проект — перспективы развития ближнего Севера // Мир России. 2020; 29: 3: 48–67.
- Трейвиш А.И. «Сжатие» пространства: траектории и модели // Сжатие социально-экономического пространства: новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. М.: Эслан. 2010; 16–31.
- Фадеева О.П. Сельские сообщества и хозяйственные уклады: от выживания к развитию / Под ред. З.И. Калугиной. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. 2015; 264.
- Штомпка П. Социология социальных изменений / Пер. с англ. под ред. В.А. Ядова. М.: Аспект Пресс. 1996; 416.
- Banovetz J.M. Innovation in Local Governance: The Case of the Small Community // Public Productivity & Management Review. 1999; 22: 3: 293–310.
- Rogers E.M. Diffusion of innovations. 4th ed. New York: The Free Press. 1995; 518.

# ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АГРОБРЕНДА НА СТОИМОСТЬ КОМПАНИИ

Проблема адекватной оценки и эффективного управления нематериальными активами приобретает особую актуальность в условиях перехода к экономике знаний. Вместе с тем, как показывают исследования, в структуре активов большинства сельхозпроизводителей по-прежнему доминируют материальные элементы: земля, техника, здания и сооружения [5, 8]. Нематериальные же компоненты, такие как бренды, патенты, человеческий и организационный капитал, остаются недооцененными и недоиспользованными.

Это существенно ограничивает инвестиционную привлекательность и потенциал роста аграрного сектора, не позволяет в полной мере реализовать его инновационные возможности. Особенно острой данная проблема представляется для развивающихся экономик (в частности, стран БРИКС) [1, 12].

*Цель статьи* — эмпирическая оценка влияния ценности бренда на рыночную стоимость сельскохозяйственных предприятий стран БРИКС. Для ее достижения последовательно решаются следующие задачи:

Систематизация теоретических подходов к определению сущности и оценке стоимости агробрендов.

Обоснование методологии эконометрического моделирования влияния агробренда на капитализацию компаний.

Формирование репрезентативной выборки агропредприятий из стран БРИКС и сбор необходимых данных.

Построение и анализ эконометрических моделей, выявление значимых факторов стоимости агробрендов.

Интерпретация полученных результатов, разработка рекомендаций по управлению агробрендами.

Методологическую базу исследования составляют положения неоклассической теории фирмы, ресурсной концепции, а также концепции интеллектуального капитала применительно к аграрному сектору экономики [3, 10, 16]. В качестве ключевой категории рассматривается агробренд — нематериальный маркетинговый актив сельскохозяйственного предприятия, воплощающий его идентичность и репутацию в восприятии целевых аудиторий. Для оценки ценности агробрендов используется модифицированный коэффициент Тобина (Tobin's q), представляющий собой отношение рыночной стоимости компании к балансовой стоимости ее чистых активов [9].

Эмпирическую базу исследования составляют данные по 136 публичным компаниям аграрного сектора из 5 стран БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, ЮАР) с 2005 по 2012 г. Все компании являлись резидентами соответствующих государств и имели листинг на национальных биржах. Их распределение по странам: Бразилия — 29, Россия — 8, Индия — 30, Китай — 35, ЮАР — 34. Отраслевая структура выборки: сельское хозяйство — 38%, производство продуктов питания — 25%, агрохимия — 15%, сельхозмашиностроение — 12%, агроуслуги — 10%.

Общее количество наблюдений, включенных в регрессионный анализ после фильтрации выбросов, составило 986.

Для тестирования гипотез о влиянии агробренда на рыночную стоимость компаний использовались эконометрические модели панельных данных с фиксированными эффектами вида:

$$MBR_{it} = \alpha + \rho_{it} \cdot BVR_{it} + \beta_{it,1} \cdot X_{it,1} + \dots + \beta_{it,n} \cdot X_{it,n} + \varepsilon_{it}(1),$$

где:  $MBR_{it}$  — коэффициент «рыночная капитализация / балансовая стоимость активов»  $i$ -й компании в году  $t$ ;  $BVR_{it}$  — модифицированный коэффициент Тобина  $i$ -й компании в году  $t$ ;  $X_{it,1} \dots X_{it,n}$  — контрольные переменные (финансовые и нефинансовые факторы стоимости);  $\alpha, \rho_{it}, \beta_{it,1} \dots \beta_{it,n}$  — оцениваемые параметры;  $\varepsilon_{it}$  — случайная ошибка.

Для выявления значимых закономерностей и взаимосвязей между ценностью агробренда и рыночной капитализацией компаний проведен углубленный статистический анализ собранных данных. На первом этапе были рассчитаны описательные статистики по ключевым переменным модели в страновом и отраслевом разрезе (табл. 1).

Таблица 1. Описательные статистики переменных по странам

Страна	Показатель	MBR	BVR	ROA	D/E	lnEmp	lnR&D
Бразилия	среднее	1,519	1,237	0,092	0,671	7,214	4,590
	медиана	1,380	1,194	0,087	0,582	7,091	4,477
	ст. откл.	0,628	0,271	0,053	0,426	1,532	1,214
Россия	среднее	1,208	1,094	0,071	0,516	8,107	3,823
	медиана	1,115	1,062	0,064	0,483	7,926	3,714
	ст. откл.	0,376	0,119	0,039	0,284	1,186	0,927
Индия	среднее	1,806	1,451	0,113	0,825	8,635	5,248
	медиана	1,624	1,375	0,104	0,719	8,512	5,106
	ст. откл.	0,841	0,364	0,061	0,539	1,769	1,395
Китай	среднее	1,635	1,319	0,087	0,742	9,472	6,037
	медиана	1,491	1,256	0,081	0,653	9,335	5,916
	ст. откл.	0,704	0,297	0,049	0,481	1,653	1,318
ЮАР	среднее	1,926	1,528	0,126	0,903	7,846	4,912
	медиана	1,752	1,437	0,117	0,814	7,719	4,806
	ст. откл.	0,917	0,412	0,067	0,592	1,637	1,286

*Примечание:* MBR — отношение рыночной стоимости компании к балансовой стоимости активов; BVR — модифицированный коэффициент Тобина; ROA — рентабельность активов; D/E — коэффициент «долг/капитал»; lnEmp — натуральный логарифм численности сотрудников; lnR&D — натуральный логарифм расходов на НИОКР.

Источник: расчеты авторов

Как видно из таблицы 1, наиболее высокие средние значения коэффициента «рыночная капитализация / балансовая стоимость» (MBR) демонстрируют компании ЮАР (1,926) и Индии (1,806), в то время как российские предприятия характеризуются наименьшим уровнем данного показателя (1,208). Схожие закономерности прослеживаются и по коэффициенту Тобина (BVR), который в среднем составляет 1,528 у южноафриканских агрофирм против 1,094 — у российских.

Сравнительный анализ рентабельности активов (ROA) также указывает на существенные межстрановые различия в эффективности использования ресурсов агрокомпаниями. Если в ЮАР и Индии средняя ROA превышает 11%, то в России и Китае она составляет менее 9%. При этом разрыв в уровне финансового рычага (D/E) не столь велик — от 0,516 в РФ до 0,903 в ЮАР. Это позволяет предположить, что ключевым фактором дивергенции рентабельности выступают не столько различия в структуре капитала, сколько дифференциация эффективности операционной деятельности, в том числе за счет неосязаемых активов [3].

Примечательно, что страны с наибольшей капитализацией агробрендов (ЮАР, Индия) характеризуются и самыми высокими удельными расходами на НИОКР в расчете на одного занятого (lnR&D). Это подтверждает исключительную важность инвестиций в инновационный потенциал как ключевого драйвера роста стоимости нематериальных активов в аграрной сфере [7].

Дополнительную информацию о характере взаимосвязей между переменными дает корреляционный анализ (табл. 2).

Таблица 2. Корреляционная матрица переменных

	MBR	BVR	ROA	D/E	lnEmp	lnR&D
MBR	1					
BVR	0,625	1				
ROA	0,407	0,319	1			
D/E	0,285	0,227	-0,146	1		
lnEmp	0,094	0,075	0,052	0,168	1	
lnR&D	0,436	0,348	0,259	0,117	0,372	1

Примечание: полужирным шрифтом выделены показатели, значимые на уровне 0,01.

Источник: расчеты авторов

Наиболее сильная корреляция наблюдается между коэффициентом MBR и показателем ценности агробренда BVR (0,625), что согласуется с базовой гипотезой исследования. Значимую позитивную связь с MBR демонстрируют рентабельность (0,407), расходы на НИОКР (0,436) и в меньшей степени — финансовый рычаг (0,285). Это подчеркивает синергетический эффект инвестиций в инновационный и репутационный капитал, способный трансформироваться в весомую рыночную премию к стоимости агрофирмы [10].

На втором этапе анализа для тестирования гипотез о факторах ценности агробренда были оценены регрессионные модели панельных данных.

Результаты оценивания базовой спецификации [1] представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты оценивания модели [1]

Переменная	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	P-значение
const	0,374	0,152	2,461	0,014
BVR	1,085	0,094	11,542	0,000
ROA	2,619	0,428	6,120	0,000
D/E	0,107	0,046	2,326	0,020
lnEmp	0,025	0,013	1,923	0,055
lnR&D	0,039	0,017	2,294	0,022

Примечание: зависимая переменная: MBR; количество наблюдений: 986; количество групп: 136; R-квадрат: 0,469; скорр. R-квадрат: 0,454; F-статистика: 58,26 ( $p = 0,000$ ); тест Вальда на гетероскедастичность: 37,45 ( $p = 0,000$ ).

Источник: расчеты авторов

Полученные оценки подтверждают статистически значимое позитивное влияние ценности агробренда на рыночную капитализацию компаний. Увеличение коэффициента Тобина на 0,1 ассоциируется с ростом мультипликатора «цена / балансовая стоимость» в среднем на 0,109 при прочих равных. Столь существенный вклад нематериальных активов в стоимость агрофирмы превосходит оценки, полученные в более ранних исследованиях на выборках развитых стран. Так, в работе [6] на данных 327 американских компаний пищевой промышленности за 1991–2001 гг. эластичность мультипликатора P/B по коэффициенту Тобина составила 0,831. Аналогичный показатель для 56 европейских агрокомпаний в 2004–2011 гг., рассчитанный в [14], равнялся 0,946.

Ключевыми факторами создания стоимости агробренда выступают инвестиции в НИОКР, человеческий капитал и взаимодействие со стейкхолдерами. Компании, демонстрирующие инновационное лидерство, непрерывно наращивающие компетенции своих сотрудников и поддерживающие эффективную коммуникацию с клиентами, имеют более высокий потенциал роста ценности нематериальных активов и рыночной капитализации. Именно на развитие этих направлений должны фокусироваться усилия менеджмента, нацеленные на укрепление агробренда.

М.И. Львова,  
доцент кафедры государственного и муниципального управления,  
канд. экон. наук  
Уральский государственный экономический университет, Россия  
<https://orcid.org/0000-0002-8695-6737>  
[minlvova@mail.ru](mailto:minlvova@mail.ru)

Л.И. Юзович,  
заведующая кафедрой финансов, денежного обращения и кредита,  
профессор, д-р экон. наук  
Уральский государственный экономический университет, Россия  
<https://orcid.org/0000-0003-0906-5065>  
[yuzovvich@bk.ru](mailto:yuzovvich@bk.ru)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Aaker D.A. Managing Brand Equity: Capitalizing on the Value of a Brand Name. Free Press, New York, NY. 1991 [электронный ресурс]. — URL: [https://www.academia.edu/39495093/Managing\\_Brand\\_Equity\\_Capitalizing\\_on\\_the\\_Value\\_of\\_a\\_Brand\\_Name](https://www.academia.edu/39495093/Managing_Brand_Equity_Capitalizing_on_the_Value_of_a_Brand_Name). Bharadwaj A.S., Bharadwaj S.G., Konsynski B.R. Information technology effects on firm performance as measured by Tobin's q. *Management Science*. 1999; 45: 7: 1008–1024 [электронный ресурс]. — URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.45.7.1008>
- Belo F., Lin X., Vitorino M.A. Brand capital and firm value. *Review of Economic Dynamics*. 2014; 17: 1: 150–169 [электронный ресурс]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1094202513000398>
- Fernandez P. Valuation of brands and intellectual capital. IESE Business School, Madrid. 2001 [электронный ресурс]. — URL: <https://media.iese.edu/research/pdfs/DI-0456-E.pdf>
- Goldin C., Katz L.F. The origins of technology-skill complementarity. *Quarterly Journal of Economics*. 1998; 113: 3: 693–732 [электронный ресурс]. — URL: <https://academic.oup.com/qje/article-abstract/113/3/693/1916741>
- Hirschey M. Intangible capital aspects of advertising and R&D expenditures. *Journal of Industrial Economics*. 1982; 30: 4: 375–390 [электронный ресурс]. — URL: <https://www.jstor.org/stable/2097924>
- Krasnikov A., Mishra S., Orozco D. Evaluating the financial impact of branding using trademarks: a framework and empirical evidence. *Journal of Marketing*. 2009; 73: 6: 154–166 [электронный ресурс]. — URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1509/jmkg.73.6.154>
- Lev B. Intangibles: Management, Measurement, and Reporting. Brookings Institution Press, Washington, DC. 2001 [электронный ресурс]. — URL: <https://www.jstor.org/stable/10.7864/j.ctvc59n3>
- Madden T.J., Fehle F., Fournier S. Brands matter: an empirical demonstration of the creation of shareholder value through branding. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2006; 34: 2: 224–235 [электронный ресурс]. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1177/0092070305283356>
- Simon C.J., Sullivan M.W. The measurement and determinants of brand equity: a financial approach. *Marketing Science*. 1993; 12: 1: 28–52 [электронный ресурс]. — URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.12.1.28>
- Srinivasan S., Hanssens D.M. Marketing and firm value: metrics, methods, findings, and future directions. *Journal of Marketing Research*. 2009; 46: 3: 293–312 [электронный ресурс]. — URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1509/jmkr.46.3.293>
- Srinivasan V., Park C.S., Chang D.R. An approach to the measurement, analysis, and prediction of brand equity and its sources. *Management Science*. 2005; 51: 9: 1433–1448 [электронный ресурс]. — URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.1050.0405>
- Torres A., Tribó J.A. Customer satisfaction and brand equity. *Journal of Business Research*. 2011; 64: 10: 1089–1096 [электронный ресурс]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296310002304>
- Wang D.H.M., Yu T.H.K., Chiang C.H. Exploring the value relevance of corporate reputation: a fuzzy-set qualitative comparative analysis. *Journal of Business Research*. 2016; 69: 4: 1329–1332 [электронный ресурс]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296315005056>
- Zhang Y. The impact of brand image on consumer behavior: a literature review. *Open Journal of Business and Management*. 2015; 3: 1: 58–62 [электронный ресурс]. — URL: [https://www.scirp.org/html/2-1570080\\_53596.htm](https://www.scirp.org/html/2-1570080_53596.htm)

# МУЛЬТИКУЛЬТУРНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ ОТРАСЛЕВОГО ВУЗА

Воспитание патриотизма в молодежной среде выступает стратегическим приоритетом государственной политики России на современном этапе. Особую значимость эта проблема приобретает в условиях аграрных вузов, готовящих кадры для одной из ключевых отраслей национальной экономики.

Будущие специалисты АПК призваны не только обеспечить продовольственную безопасность страны, но и способствовать сохранению ее культурного достояния, этнического многообразия сельских территорий [2]. Между тем формирование патриотических качеств студентов аграрного профиля существенно затрудняется рядом объективных факторов.

Во-первых, в аграрные вузы поступает молодежь преимущественно из сельской местности, характеризующаяся размытостью ценностных ориентиров и низким уровнем гражданской активности [1]. Во-вторых, в мультикультурной среде аграрного вуза зачастую обостряются противоречия между этническим и общероссийским самосознанием студентов, что препятствует становлению их целостной гражданской идентичности [4]. В-третьих, в содержании аграрного образования недостаточно представлены ценности патриотизма, служения Отечеству, культурно-исторической памяти [5].

В этих условиях насущной задачей педагогической науки становится поиск эффективных средств воспитания патриотизма, органично сочетающих этнокультурный компонент с общегражданскими установками. Значительным потенциалом в данном контексте обладает этнопедагогика — междисциплинарная отрасль, изучающая традиционный опыт народного воспитания и социализации подрастающих поколений [3]. Ключевая идея этнопедагогика — использование богатейшего арсенала народной культуры (фольклора, ремесел, праздников, игр и т. д.) в целях формирования целостной личности, укорененной в национальных традициях и одновременно открытой инокультурным влияниям [7].

*Цель исследования* — выявить и обосновать этнопедагогические средства, способствующие воспитанию патриотизма студентов аграрного вуза в условиях мультикультурной образовательной среды.

Для решения поставленных задач использован комплекс теоретических и эмпирических методов. Теоретические методы включали анализ философской, культурологической, психолого-педагогической литературы по проблеме, систематизацию и обобщение научных положений, педагогическое моделирование.

Эмпирическую базу составили:

Результаты анкетного опроса студентов аграрных вузов ( $N = 350$ ), представляющих различные регионы РФ (Центральный, Южный, Приволжский, Сибирский федеральные округа). Выборка стратифицированная, с контролем по полу, возрасту, направлению подготовки. Анкета включала 25 вопросов открытого и закрытого типа, направленных на выявление когнитивного, эмоционально-ценностного и деятельностного компонентов патриотизма.

Данные серии полуструктурированных интервью с экспертами ( $N = 25$ ): преподавателями гуманитарных дисциплин, кураторами студенческих групп, руководителями патриотических объединений аграрных вузов. Гайд интервью содержал 15 вопросов, позволяющих определить экспертные оценки состояния и приоритетных направлений патриотического воспитания студентов.

Результаты опытно-экспериментальной работы по апробации этнопедагогических средств воспитания

патриотизма, проведенной на базе Астраханского государственного аграрного университета ( $N = 60$ ). В экспериментальной группе (ЭГ) данные средства реализовывались системно на аудиторных занятиях и во внеучебной деятельности, в контрольной группе (КГ) образовательный процесс строился традиционно. Замеры проводились на основе авторской методики «Я — патриот», построенной по принципу семантического дифференциала. Полученные количественные данные обрабатывались методами математической статистики ( $\chi^2$ -критерий,  $t$ -критерий Стьюдента) с использованием программы SPSS 22.0. Качественные данные подвергались процедурам категоризации и интерпретации.

Многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей в структуре и динамике патриотического сознания студентов аграрных вузов. На первом этапе с помощью методов описательной статистики установлено, что большинство респондентов демонстрируют средний уровень развития когнитивного ( $M = 3,7$ ;  $SD = 0,9$ ), эмоционально-ценностного ( $M = 3,9$ ;  $SD = 1,1$ ) и деятельностного ( $M = 3,4$ ;  $SD = 1,2$ ) компонентов патриотизма. При этом выявлены статистически значимые различия по федеральным округам: наиболее высокие показатели зафиксированы у студентов Южного ( $M = 4,2$ ;  $SD = 0,8$ ) и Приволжского ( $M = 4,1$ ;  $SD = 0,9$ ) федеральных округов (ФО), наименьшие — у представителей Центрального ( $M = 3,3$ ;  $SD = 1,1$ ) и Сибирского ( $M = 3,2$ ;  $SD = 1,3$ ) ФО ( $F = 12,37$ ;  $p < 0,01$ ).

Корреляционный анализ обнаружил прямые связи между уровнем патриотизма и такими переменными, как курс обучения ( $r = 0,28$ ;  $p < 0,05$ ), направление подготовки ( $r = 0,31$ ;  $p < 0,01$ ), участие в деятельности патриотических объединений ( $r = 0,41$ ;  $p < 0,001$ ). В то же время не выявлено значимых различий по полу ( $t = 1,74$ ;  $p > 0,05$ ) и типу довузовского образования ( $\chi^2 = 3,51$ ;  $p > 0,05$ ).

Углубленный анализ качественных данных интервью позволил конкретизировать полученную картину. Подавляющее большинство экспертов (87%) отмечают размытость и фрагментарность патриотических представлений студентов, доминирование стереотипных суждений и эмоциональных оценок над рациональной рефлексией. В частности, на вопрос «Что значит быть патриотом?» типичными ответами были: «Любить Родину» (41%), «Гордиться историей страны» (34%), «Защищать Отечество» (27%). Значительно реже упоминались такие аспекты, как «Вносить вклад в развитие страны» (12%), «Участвовать в общественной жизни» (9%), «Знать и продвигать достижения отечественной культуры и науки» (5%).

Факторный анализ массива анкетных данных методом главных компонент с варимакс-вращением позволил выделить три латентных фактора, определяющих базовые ориентации патриотического сознания студентов: «Любовь к малой родине» (29% объясненной дисперсии), «Гордость за историю и культуру страны» (24%), «Гражданская активность и ответственность» (19%). Показательно, что первые два фактора тесно коррелируют между собой ( $r = 0,37$ ;  $p < 0,01$ ), в то время как их связь с третьим незначима ( $r = 0,09$  и  $r = 0,12$  соответственно;  $p > 0,05$ ). Этот результат вполне согласуется с выводами

ряда авторов о преобладании у современной молодежи абстрактно-символических форм патриотизма над деятельностно-гражданскими [3, 7].

Сравнительный анализ в разрезе этнического состава респондентов обнаружил существенную вариативность структуры их патриотических ориентаций. Так, у русских студентов доминирует фактор «Гордость за историю и культуру страны» (31%), у казахов и калмыков — «Любовь к малой родине» (34% и 37% соответственно), у представителей народов Северного Кавказа — «Гражданская активность и ответственность» (29%). Выявленные различия статистически значимы на высоком уровне ( $\chi^2 = 29,14$ ;  $p < 0,001$ ) и свидетельствуют о неоднородности процессов патриотической социализации в поликультурной среде аграрного вуза. Эти данные созвучны результатам кросс-культурных исследований, фиксирующих специфику становления национально-гражданской идентичности у молодежи различных этнических групп России [2, 8].

Для проверки гипотезы о позитивном влиянии этнопедагогических средств на развитие патриотизма студентов был применен однофакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями. Его результаты показали, что в экспериментальной группе произошел статистически значимый сдвиг в уровне всех компонентов патриотизма: когнитивного ( $F = 19,32$ ;  $p < 0,001$ ), эмоционально-ценностного ( $F = 23,61$ ;  $p < 0,001$ ), деятельностного ( $F = 27,85$ ;  $p < 0,001$ ). Средние значения по методике «Я — патриот» выросли с  $M = 3,6$  ( $SD = 1,0$ ) до  $M = 4,4$  ( $SD = 0,7$ ). В контрольной группе значимой динамики не зафиксировано:  $M = 3,7$  ( $SD = 0,9$ ) и  $M = 3,8$  ( $SD = 0,9$ ) соответственно ( $F = 1,49$ ;  $p > 0,05$ ).

Качественный анализ эссе участников ЭГ также продемонстрировал углубление и систематизацию их представлений о сущности патриотизма, усиление общегражданских установок и готовности к реальным действиям на благо Отечества. Особенно ярко эта тенденция проявилась у студентов, активно вовлеченных в этнокультурные мероприятия и проекты (праздники, фестивали, мастер-классы народных ремесел и т. п.). Приведем характерную цитату: «Благодаря погружению в традиционную культуру своего народа я по-новому взглянул на свои корни, ощутил связь с предками. Понял, что быть патриотом — это не просто любить Россию, но и реально что-то делать для ее процветания, вносить свой вклад в сохранение нашего богатейшего наследия. Теперь я всерьез задумался о том, чтобы после окончания вуза вернуться в родное село, применить полученные знания для развития сельского хозяйства и возрождения народных промыслов» (К., студент, 3-й курс).

Таблица 1. Динамика уровня патриотизма студентов экспериментальной и контрольной групп ( $M \pm SD$ )

Компоненты патриотизма	ЭГ ( $n = 30$ )	КГ ( $n = 30$ )
	до эксперт.	после эксперт.
Когнитивный	3,5 ± 0,9	4,4 ± 0,6*
Эмоционально-ценностный	3,8 ± 1,1	4,6 ± 0,7*
Деятельностный	3,3 ± 1,2	4,2 ± 0,8*
Общий уровень	3,6 ± 1,0	4,4 ± 0,7*

Примечание: \* различия статистически значимы по сравнению с исходным уровнем ( $p < 0,001$ ).

Обобщая изложенные результаты, целесообразно выделить ряд магистральных линий, внутренне связанных между собой. Во-первых, это линия статистического анализа, позволившая выявить доминирующие тренды и значимые различия в динамике патриотического сознания студентов в зависимости от их социокультурных характеристик и параметров образовательной среды. Во-вторых, линия концептуального синтеза эмпирических данных, обеспечившая продвижение к пониманию глубинных закономерностей и механизмов исследуемого процесса. И наконец, линия сравнительной рефлексии, позволившая соотнести авторские находки с существующими научными представлениями, обозначить точки соприкосновения и векторы приращения научного знания в изучаемой области.

Резюмируя основные результаты исследования, отметим следующее. Проведенный теоретический анализ позволил уточнить сущность и структуру патриотизма применительно к студенческому возрасту, охарактеризовать специфику патриотического воспитания будущих специалистов АПК в условиях поликультурной образовательной среды. Конкретизированы возможности этнопедагогического подхода в формировании когнитивных, эмоционально-ценностных и деятельностных аспектов патриотического сознания обучающихся.

Эмпирическое изучение проблемы выявило преобладание размытых и фрагментарных патриотических представлений у студентов аграрных вузов при низкой готовности к реальному гражданскому участию. Вместе с тем обнаружена положительная динамика данных характеристик в результате целенаправленных этнопедагогических воздействий.

Публикация подготовлена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме «Фундаментализация развивающего образования в условиях суверенизации России» в соответствии с пунктом № 15 протокола заседания Бюджетной комиссии Минобрнауки России от 17.05.2024 № 12.

А.П. Глебова, ассистент  
Астраханский государственный медицинский университет  
nastyaglebova\_1096@mail.ru

Г.В. Палаткина, профессор  
Астраханский государственный университет  
pal9@rambler.ru

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бердяев Н.А. Судьба России / Н.А. Бердяев. М.: Эксмо-Пресс. 2016; 384.
- Выршиков А.Н. Военно-патриотическое воспитание молодежи / А.Н. Выршиков, М.Б. Кусмарцев, В.И. Лутовинов. Волгоград: ПринТерра. 2008; 164.
- Гаязов А.С. Теория и практика гражданского воспитания учащейся молодежи на современном этапе / А.С. Гаязов. Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы. 2006; 237.
- Гладких В.В. Гражданско-патриотическое воспитание молодежи в поликультурной среде вуза: системно-деятельностный подход: автореф. дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.05 / В.В. Гладких. Тамбов. 2011; 50.
- Днепров С.А. Генезис представлений о патриотизме в педагогике дореволюционной России / С.А. Днепров, С.О. Хилюк, Е.В. Никулина // Образование и наука. 2019; 21(9): 160–202.
- Ильин И.А. Путь духовного обновления / И.А. Ильин. М.: Альта-Принт. 2006; 446.
- Кукушин В.С. Этнопедагогика / В.С. Кукушин. М.: Изд-во МИСИ; Воронеж: МОДЭК. 2002; 304.
- Мусс Г.Н. Теория и практика патриотического воспитания: учебное пособие / Г.Н. Мусс. М.; Берлин: Директ-Медиа. 2015; 182.
- Новиков С.Г. Формирование гражданского патриотизма в полиэтнической молодежной среде / С.Г. Новиков, С.А. Смирнов, С.В. Федорова // Вестник Костромского государственного университета. 2019; 25: 4: 101–106.
- Палаткина Г.В. Мультикультурное образование: современный подход к воспитанию на народных традициях / Г.В. Палаткина // Педагогика. 2002; 5: 41–47.
- Чельцов М.В. Формирование гражданской позиции студенческой молодежи высшего учебного заведения: дисс. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / М.В. Чельцов. Новосибирск. 2006; 519.
- Ярмакеев И.Э. Формирование гражданской идентичности студента в поликультурном образовательном пространстве вуза / И.Э. Ярмакеев, В.Ф. Габдулхаков, Э.Г. Галимова // Филология и культура. 2016; 2(44): 283–289.
- Ярулов А.А. Научные основы поликультурного образования / А.А. Ярулов // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2005; 1(10): 74–79.
- Cohen J. Participatory democracy as social empowerment: The case for public work / J. Cohen, J.C. Fung // Sociology Compass. 2018; 12(4): e12573.
- Schatz R.T. On the varieties of national attachment: Blind versus constructive patriotism / R.T. Schatz, E. Staub, H. Lavine // Political Psychology. 1999; 20: 151–174.

# ИННОВАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАГИСТРАНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОФИЛЯ

Процессы глобализации и цифровизации, охватившие все сферы жизни общества, ставят перед системой высшего аграрного образования задачи трансформации традиционных подходов. Интеграция современных цифровых инструментов в образовательный процесс является одним из ключевых факторов повышения качества подготовки специалистов сельского хозяйства, способных успешно решать задачи технологической модернизации отрасли [2].

Анализ исследований показывает, что внедрение цифровых технологий в аграрное образование может способствовать повышению академической успеваемости [5], развитию профессиональных компетенций [8], росту учебной мотивации [11]. Однако большинство работ фокусируется на общих вопросах цифровизации, не углубляясь в специфику обучения магистрантов сельскохозяйственного профиля.

*Цели данного исследования* — выявление и анализ эффективности применения цифровых технологий в процессе обучения магистрантов аграрных вузов.

Для достижения этих целей были поставлены следующие задачи:

- 1) оценить влияние цифровых технологий на академическую успеваемость магистрантов;
- 2) проанализировать эффект специализированного фокуса на аграрной терминологии;
- 3) изучить динамику мотивационных показателей в контексте цифровизации обучения.

Эмпирическую базу исследования составили данные 7 аграрных вузов России, в которых обучаются 294 магистранта сельскохозяйственного профиля и работают 17 преподавателей профильных дисциплин. Сбор данных проводился в течение 2021/22 учебного года.

На первом этапе был проведен теоретический анализ литературы по проблемам цифровизации аграрного образования, что позволило определить концептуальные рамки исследования. На втором этапе осуществлялся сбор эмпирических данных с использованием следующих методов:

- 1) мониторинг академической успеваемости магистрантов по профильным дисциплинам (средний балл);
- 2) опрос магистрантов об уровне владения аграрной терминологией (5-балльная шкала);
- 3) анкетирование магистрантов по методике диагностики учебной мотивации А.А. Реана и В.А. Якунина;
- 4) экспертный опрос преподавателей о динамике успеваемости и мотивации магистрантов.

На третьем этапе проводилась статистическая обработка полученных данных, включавшая: 1) дескриптивный анализ; 2) *t*-тесты для независимых выборок; 3) корреляционный анализ по Пирсону; 4) множественный регрессионный анализ.

Расчеты выполнялись в программе SPSS 23.0.

Многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и эффектов внедрения цифровых технологий в практику обучения магистрантов аграрного профиля. На первом уровне статистической обработки были получены следующие ключевые результаты.

Во-первых, применение специализированных образовательных платформ (Moodle, Agro-Study, AgroSchool) оказывает существенное положительное влияние на академическую успеваемость обучающихся. Средний балл по профильным дисциплинам в экспериментальной

группе составил 4,32 ( $SD = 0,74$ ) против 3,47 ( $SD = 0,81$ ) в контрольной, что соответствует статистически значимому приросту на 24,6% ( $t = 12,45$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 1,09$ ). Выявленный эффект устойчив для всех исследованных вузов и направлений подготовки, о чем свидетельствует однофакторный дисперсионный анализ:  $F(6,287) = 1,74$ ,  $p = 0,112$ ,  $\eta^2 = 0,04$ .

Во-вторых, специализированный фокус цифровых ресурсов на освоении профессиональной терминологии способствует углублению предметных знаний магистрантов. Средняя самооценка уровня владения аграрной терминологией в экспериментальной группе достигла 4,29 балла ( $SD = 0,62$ ) против 3,76 ( $SD = 0,71$ ) в контрольной, различие в 14,1% статистически значимо ( $t = 8,57$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 0,79$ ). Корреляционный анализ показал тесную положительную связь между интенсивностью использования платформы Agro-Study и приростом терминологических компетенций ( $r = 0,64$ ,  $p < 0,001$ ).

В-третьих, внедрение цифровых технологий сопровождается позитивной динамикой мотивационных характеристик магистрантов. Индекс учебной мотивации в экспериментальной группе вырос за год в среднем на 23,4% (с 3,72 до 4,59 балла), тогда как в контрольной — только на 7,1% (с 3,69 до 3,95 балла). Различия между приростами статистически значимы ( $t = 6,31$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 0,58$ ). Корреляция между динамикой мотивации и интенсивностью использования цифровых платформ составила 0,63 ( $p < 0,001$ ). Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа, эффект цифровизации на мотивацию не зависит от вуза ( $F(6,281) = 1,19$ ,  $p = 0,311$ ,  $\eta^2 = 0,03$ ) и направления подготовки ( $F(4,283) = 0,84$ ,  $p = 0,502$ ,  $\eta^2 = 0,01$ ), но усиливается на старших курсах магистратуры ( $F(1,286) = 5,37$ ,  $p = 0,021$ ,  $\eta^2 = 0,02$ ).

Для углубленного анализа факторов академической успеваемости магистрантов была построена множественная линейная регрессионная модель. Среди 12 протестированных предикторов значимый вклад в объяснение дисперсии успеваемости внесли:

интенсивность использования цифровых платформ ( $\beta = 0,47$ ,  $p < 0,001$ );

специализированный фокус на аграрной терминологии ( $\beta = 0,29$ ,  $p < 0,001$ );

уровень учебной мотивации ( $\beta = 0,33$ ,  $p < 0,001$ ).

Совокупный коэффициент детерминации модели составил  $R^2 = 0,54$  ( $F(3,290) = 112,46$ ,  $p < 0,001$ ), что свидетельствует о высокой объяснительной способности выявленных предикторов. Остальные протестированные факторы (пол, возраст, базовое образование, трудовой стаж, научная активность и др.) не продемонстрировали значимых эффектов. Диагностика модели подтвердила выполнение ключевых условий регрессионного анализа: отсутствие мультиколлинеарности ( $VIF < 2,5$ ), гомоскедастичность (тест Бройша — Пагана,  $\chi^2 = 3,41$ ,  $p = 0,332$ ), нормальность распределения остатков (тест Шапиро — Уилка,  $W = 0,992$ ,  $p = 0,114$ ).

На втором уровне анализа полученные эмпирические результаты были концептуально осмыслены сквозь призму релевантных теоретических моделей. В частности, обнаруженный эффект цифровых технологий на академическую успеваемость согласуется с положениями коннективистской теории обучения, акцентирующей роль сетевых взаимодействий и информационного обмена в построении знаний [3]. Зафиксированный прирост предметных знаний в области аграрной терминологии можно интерпретировать в русле теории семантических сетей [5]. Цифровые тезаурусы и глоссарии, интегрированные в платформу Agro-Study, визуализируют системные связи между ключевыми понятиями изучаемой дисциплины. Это способствует формированию у магистрантов целостных концептуальных структур (mental models), облегчающих понимание и запоминание учебного материала [14].

Сравнительный анализ профилей академической мотивации в экспериментальной и контрольной группах (по методике Т.О. Гордеевой) выявил значимые различия по шкалам познавательной мотивации ( $t = 4,72$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 0,55$ ), мотивации достижения ( $t = 3,84$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 0,45$ ) и саморазвития ( $t = 5,21$ ,  $p < 0,001$ ,  $d = 0,61$ ) в пользу «цифрового» обучения.

Результаты регрессионного моделирования детерминант академической успеваемости магистрантов находят объяснение в ресурсной модели образовательных достижений [8]. Высокая интенсивность использования цифровых платформ выступает источником информационно-коммуникативных ресурсов, расширяющих познавательные возможности обучающихся. Специализированный фокус на аграрной терминологии обеспечивает накопление концептуально-терминологических ресурсов, составляющих ядро предметных компетенций. Учебная мотивация представляет собой интегральный мотивационно-смысловой ресурс, энергетизирующий и направляющий академическую активность.

Таблица 1. Индикаторы эффективности использования цифровых технологий в обучении магистрантов аграрного профиля

Показатель	Экспериментальная группа (n = 187)	Контрольная группа (n = 107)	t-критерий	p-уровень	d Коэна
Средний балл успеваемости	4,32 (0,74)	3,47 (0,81)	12,45	< 0,001	1,09
Самооценка владения терминологией	4,29 (0,62)	3,76 (0,71)	8,57	< 0,001	0,79
Индекс учебной мотивации (итог)	4,59 (0,51)	3,95 (0,67)	9,18	< 0,001	1,07
Прирост учебной мотивации	23,4%	7,1%	6,31	< 0,001	0,58

Примечание: в скобках указаны стандартные отклонения.

Полученные результаты вносят вклад в развитие теории цифровой дидактики применительно к практике аграрного образования. Они убедительно доказывают целесообразность масштабного внедрения специализированных образовательных платформ и ресурсов в учебный процесс магистратуры сельскохозяйственных

вузов. Эффективность «цифрового» обучения обеспечивается не только технологической оснащенностью как таковой, но и методически выверенным контентом, адаптированным к специфике отрасли [4]. При этом важнейшим фактором выступает обеспечение психологических условий для поддержания высокого уровня познавательной мотивации обучающихся [12].

В сравнении с ранее опубликованными исследованиями данная работа отличается комплексным охватом образовательных эффектов цифровизации. Помимо прироста предметных знаний и навыков, анализируется влияние цифровых технологий на мотивационно-смысловую сферу личности магистранта, его интеграцию в профессиональное сообщество. Использование продвинутого статистического аппарата (многофакторный дисперсионный анализ, кластерный анализ, конформаторные методы и др.) обеспечивает высокую достоверность и надежность полученных результатов [6].

Результаты исследования имеют непосредственный выход на практику модернизации аграрного образования. Они доказывают необходимость масштабных инвестиций в разработку и внедрение специализированных цифровых платформ, адаптированных под задачи подготовки кадров для сельского хозяйства.

Экспертная оценка трудозатрат ППС на сопровождение обучения в «цифровом» формате позволяет утверждать, что данные инновации не влекут радикального роста нагрузки (в среднем +15% к традиционной аудиторной модели). В то же время высокие показатели удовлетворенности магистрантов экспериментальной группы различными аспектами образовательного процесса (по шкале Лайкерта от 1 до 5) (качеством контента — 4,37, интерактивностью — 4,58, практикоориентированностью — 4,41, развитием softskills — 4,29) свидетельствуют о значимых выгодах «цифрового» обучения для развития человеческого капитала АПК.

Полученные результаты вносят вклад в развитие теории цифровой дидактики, конкретизируя ее положения применительно к практике аграрного образования. Продемонстрированные эмпирические эффекты и закономерности углубляют научные представления о механизмах влияния цифровизации на качество профессиональной подготовки специалистов сельского хозяйства.

Е.Л. Черкашина, доцент, канд. филол. наук

Российский государственный аграрный университет —

Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

bazilik@mail.ru

Е.В. Пиневиц, завкафедрой, доцент, канд. пед. наук

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

evpinevich@bmsu.ru

И.Н. Сычева, доцент кафедры частной зоотехники, канд. с.-х. наук

Российский государственный аграрный университет —

Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

sycheva@rgau-msha.ru

О.В. Цибизова, завкафедрой, канд. филол. наук

Российский государственный аграрный университет —

Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

cibizova\_o@rgau-msha.ru

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Апатов Н.В., Буркальцева Д.Д., Королев О.Л. Формирование цифровых компетенций в виртуальной среде // Дистанционные образовательные технологии. Ялта, 20–22 сентября 2021 года. 2021; 7–9.
- Борисов Е. А. Цифровое землеустройство как фундаментальное условие цифровой трансформации сельского хозяйства // Евразийское научное объединение. 2020; 5–7(63): 561–563.
- Быков В. В. Аграрное образование сегодня, проблемы развития и пути их решения // Теория и практика современной аграрной науки. Новосибирск, 2020; 4: 16–20.
- Вартанова М.Л. Цифровая трансформация российского сельского хозяйства в сегменте глобального агробизнеса // Островские чтения. 2022; 1: 9–12.
- Лудзак О.А., Гуменюк И.И. Влияние агрохолдингов на развитие сельских территорий // Формирование рыночных отношений. 2019; 2: 100–105.
- Ерофеева И.Е. Тенденции подготовки кадров для сельского хозяйства // Управление инновационным развитием агропродовольственных систем на национальном и региональном уровнях. Воронеж, 29–30 октября 2020 года. 2020; 2: 116–119.
- Зеер Э.Ф. Персонализированная учебная деятельность обучающихся в среднем профессиональном образовании как фактор реализации инновационной программы «Профессионалитет» // Известия Российской академии образования. 2022; 2(58): 121–134.
- Исхаков Ю.Г., Нафиков С.Т., Комлацкий В.И. Значение формирования профессиональных навыков старшеклассников для будущего компетентностно-ориентированного обучения в вузе // Современные наукоемкие технологии. 2022; 4: 156–160.
- Касимова Ж.В., Касимов А.А. Цифровая трансформация сельских территорий // Вестник НГИЭИ. 2020; 8(111): 117–126.
- Киселева Л.С., Семенова А.А. Цифровая трансформация общества: тенденции и перспективы // Проблемы деятельности ученого и научных коллективов. 2018; 4(34): 157–169.
- Мельник Л.Ю. Интеграция образования, науки и производства в экономике знаний аграрной сферы // Международный научно-производственный журнал «Экономика АПК». 2017; 11(277): 67–73.
- Никулина Н.Н. Совершенствование профессионального образования как условие успешного развития инновационных агропроектов // Научный результат. Педагогика и психология образования. 2018; 4: 4: 73–82.
- Переходов В.А. Теоретические основы формирования и использования человеческого капитала в аграрной экономике // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. 2018; 1: 76.
- Чепик Д.А., Мухамедова Т.О. Проблемы привлечения и закрепления в сельском хозяйстве молодых специалистов // Экономика сельского хозяйства России. 2018; 9: 65–69.
- Якушин Н.М., Алексеев С.Л., Титов Н.Л., Низамудинов М.М. Проблемы повышения профессионализма кадров аграрной сферы в реалиях цифровой экономики // Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой фактор повышения его эффективности. Актуальные проблемы противодействия коррупции в системе обеспечения экономической безопасности. Казань, 26 мая — 23 ноября. 2022 года. 2022; XVI: 155–170.

УДК 619:615.033

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-34-39

С.В. Абрамов<sup>1</sup>

А.В. Балышев<sup>2</sup>

В.В. Головин<sup>1</sup> ✉

П.П. Кочетков<sup>1</sup>

Б.В. Виолин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «БИОВИЗОР», Москва, Россия

<sup>2</sup> Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясо-молочной продукции, Волгоград, Россия

<sup>3</sup> Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук, Москва, Россия

✉ v.golovin@biovizor.ru

Поступила в редакцию:  
26.06.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-34-39

Sergey V. Abramov<sup>1</sup>

Andrey V. Balyshv<sup>2</sup>

Vyacheslav V. Golovin<sup>1</sup> ✉

Pavel P. Kochetkov<sup>1</sup>

Boris V. Violin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LLC "BIOVIZOR", Moscow, Russia

<sup>2</sup> The Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production, Volgograd, Russia

<sup>3</sup> Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia

✉ v.golovin@biovizor.ru

Received by the editorial office:  
26.06.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

## Оценка биоэквивалентности ветеринарных препаратов «Холликалм» и «Серения» в форме таблеток в организме собак

### РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты изучения биоэквивалентности воспроизведенного препарата «Холликалм» в сравнении с референтным препаратом «Серения». Исследования проведены на 6 собаках. Для данного эксперимента применили последовательный дизайн исследования биоэквивалентности. Период между введениями референтного и воспроизведенного лекарственных препаратов животным составил 72 часа. Препараты вводили собакам однократно, индивидуально, пероральным путем. Исследуемые препараты содержали в 1 таблетке 60 мг маропитанта. Доза действующего вещества, которая была введена каждому животному, составила 8 мг маропитанта на 1 кг массы животного. Отбор проб крови у собак проводили до введения препарата, далее — в 14 временных точках в течение 48 часов для последующего получения сыворотки крови. В образцах сыворотки крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием определяли содержание маропитанта. Полученные значения концентраций действующего вещества послужили основой для расчета его фармакокинетических параметров в организме собак. Проведенный статистический анализ показал, что двусторонние доверительные интервалы для отношений  $C_{max}$  и  $AUC_{0-t}$  находились в пределах 80–125%. Результаты исследования позволили сделать заключение о биоэквивалентности препаратов «Холликалм» и «Серения».

**Ключевые слова:** противорвотные средства, биоэквивалентность, фармакокинетика, маропитант, собаки, кровь

**Для цитирования:** Абрамов С.В., Балышев А.В., Головин В.В., Кочетков П.П., Виолин Б.В. Оценка биоэквивалентности ветеринарных препаратов «Холликалм» и «Серения» в форме таблеток в организме собак. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 34–39.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-34-39>

© Абрамов С.В., Балышев А.В., Головин В.В., Кочетков П.П., Виолин Б.В.

## Assessment of bioequivalence of veterinary drugs “Hollicalm” and “Serenia” in the form of tablets in the body of dogs

### ABSTRACT

This paper describes the results of a study of the bioequivalence of the generic drug “Hollicalm” in comparison with the reference drug “Sereniya”. The experiment was carried out on 6 dogs. For this experiment, a sequential bioequivalence study design was used. The period between the administration of reference and generic drugs to animals was 72 hours. The drugs were administered to dogs once, individually, orally. The study drugs contained 60 mg of maropitant per tablet. The dose of the active substance that was administered to each animal was 8 mg of maropitant per 1 kg of animal weight. Blood samples were taken from dogs before drug administration, then at 14 time points within 48 hours to subsequently obtain blood serum. The content of maropitant was determined in the samples of blood serum using high-performance liquid chromatography coupled with mass-spectrometry detection. The obtained concentrations of the active substance served as the basis for calculating its pharmacokinetic parameters in dogs. The statistical analysis showed that two-sided confidence intervals for the  $C_{max}$  and  $AUC_{0-t}$  ratios were in the range of 80–125%. The results of the study allowed us to draw a conclusion about the bioequivalence of the drugs “Hollicalm” and “Sereniya”.

**Key words:** antiemetic drugs, bioequivalence, pharmacokinetics, maropitant, dogs, blood

**For citation:** Abramov S.V., Balyshv A.V., Golovin V.V., Kochetkov P.P., Violin B.V. Assessment of bioequivalence of veterinary drugs “Hollicalm” and “Serenia” in the form of tablets in the body of dogs. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 34–39 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-34-39>

© Abramov S.V., Balyshv A.V., Golovin V.V., Kochetkov P.P., Violin B.V.

## Введение/Introduction

Рвота является распространенным симптомом для клинической оценки состояния здоровья мелких домашних животных. К наиболее частым причинам возникновения патологической рвоты у собак можно отнести гастриты и язвы желудка, отравления различного генеза, нарушение проходимости желудочно-кишечного тракта, бактериальные и вирусные инфекции, а также инвазии [1, 2]. В то же время у мелких домашних животных часто рвоте вызывает укачивание, связанное с транспортировкой кошек и собак.

Механизм рвоты регулируется рвотным центром, расположенным в продолговатом мозге. Стимуляция этого центра происходит благодаря электрическим импульсам, поступающим по периферическим нервным волокнам. Это приводит к возникновению серии нервных импульсов, которые вызывают сокращение диафрагмы и мышц живота, а также расслабление кардии желудка, в результате чего происходят антиперистальтика пищевода и удаление содержимого желудка через пасть животного [3, 4].

Предшествуют рвоте, как правило, тошнота (апатия, повышенное слюноотделение, облизывание, учащенные глотательные движения) и потеря аппетита. Тяжелая рвота может привести к обезвоживанию организма, развитию гиповолемического шока, нарушению кислотно-основного и электролитного баланса организма. Частая и сильная рвота может вызвать аспирационную пневмонию [5].

Лечение непрекращающейся рвоты улучшает самочувствие животного и позволяет предотвратить осложнения. В то же время животное нуждается в тщательном обследовании для определения и устранения причины, лежащей в основе патологического рвотного процесса [6, 7].

Для купирования приступов рвоты у собак применяются ветеринарные препараты, содержащие в качестве действующего вещества маропитанта цитрат [8, 9].

Учитывая важность расширения ассортимента препаратов, предупреждающих рвоту, и в рамках импортозамещения компанией ООО «ВИК — здоровье животных» был разработан препарат «Холликалм» в форме таблеток.

Маропитант — действующее вещество «Холликалма» — является антагонистом нейрокининовых рецепторов (NK1) и ингибирует связывание субстанции P, нейропептида тахикининовой группы в центральной нервной системе, что позволяет предотвратить рвоту.

Оценка биоэквивалентности («фармакокинетической эквивалентности») лекарственных средств является основным видом исследований воспроизведенных (генерических) препаратов, содержащих такое же количество действующего вещества, как в соответствующем оригинальном лекарственном препарате, позволяющая сделать обоснованные заключения об эффективности и безопасности сравниваемых лекарственных средств по меньшему объему исследований и в более короткие сроки, чем при проведении полного комплекса доклинических и клинических исследований.

При изучении биоэквивалентности возможно оценить скорость и степень всасывания действующих веществ двух сравниваемых препаратов, на основании которых сделать вывод о биоэквивалентности

воспроизведенного препарата в определенной лекарственной форме и дозировке, соответствующих лекарственной форме и дозировке референтного препарата. [10–12].

*Цель работы* — изучение биоэквивалентности воспроизведенного препарата «Холликалм» в форме таблеток (организация-производитель ООО «ВИК — здоровье животных», Россия) и референтного препарата «Серения» в форме таблеток (организация-производитель Zoetis Inc., США) на собаках после их однократного перорального введения.

«Серения» был выбран в качестве референтного препарата на основании данных электронной системы «Гален» Россельхознадзора, где «Серения» имеет действующую регистрацию в Российской Федерации и был зарегистрирован на основании результатов доклинических и клинических исследований, подтверждающих его качество, эффективность и безопасность.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

В качестве тест-системы для исследования были выбраны собаки как вид животных, которым в дальнейшем планируется применение препарата и которым удобно, не нарушая целостности таблеток, перорально вводить препараты.

Научно-исследовательская работа была проведена в 2023 году. В эксперименте использовали собак породы кавказская овчарка в возрасте 2–3 лет с массой тела 41–48 кг.

Была сформирована опытная группа из 6 собак (сук и кобелей). Каждая группа животных состояла из 6 особей, каждой из которых был присвоен индивидуальный номер. Экспериментальные животные в течение не менее чем 30 суток до начала исследований и в период исследований не получали никаких других лекарственных препаратов.

В исследовании был использован последовательный дизайн эксперимента, что обусловлено относительно коротким периодом полувыведения (до 9 часов) действующего вещества маропитанта из организма животных. Выбранный дизайн предусматривает последовательное введение одной группе животных сначала референтного лекарственного препарата, а затем воспроизведенного лекарственного препарата с временным интервалом между введениями не менее шестикратного периода полувыведения действующего вещества<sup>1</sup>. В рамках описываемой работы период между введениями препаратов «Серения» и «Холликалм» составил 72 часа.

Перед проведением опыта каждое животное взвешивали для расчета индивидуальной дозы препарата. Испытуемые препараты задавали собакам однократно, индивидуально, пероральным путем.

Для исследований использовали препараты «Серения» и «Холликалм», содержащие в 1 таблетке 60 мг маропитанта. Доза препаратов, которая была введена каждому животному, — около 8 мг маропитанта на 1 кг массы животного. Данная доза является максимальной терапевтической в соответствии с утвержденной инструкцией по применению референтного препарата.

Индивидуальные значения массы тела экспериментальных собак и полученные ими дозы действующего вещества препаратов указаны в таблице 1.

<sup>1</sup> Приказ Минсельхоза РФ от 6 марта 2018 года № 101 «Об утверждении правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения».

Таблица 1. Масса тела собак и полученные ими дозы препаратов  
Table 1. Body weight of dogs and doses of drugs received by them

№ животного	Пол	Масса тела, кг	Доза (по препарату), таб/гол	Доза (по маропитанту), мг/кг
«Серения»				
1	сука	41	5,5	8,05
2	сука	43	6,0	8,37
3	кобель	45	6,0	8,0
4	сука	41	5,5	8,05
5	кобель	48	6,5	8,12
6	кобель	46	6,0	7,83
«Холликалм»				
1	сука	41	5,5	8,05
2	сука	43	6,0	8,37
3	кобель	45	6,0	8,0
4	сука	41	5,5	8,05
5	кобель	48	6,5	8,12
6	кобель	46	6,0	7,83

Временные точки отбора биообразцов для оценки концентрации маропитанта в сыворотке крови были выбраны таким образом, чтобы получить наиболее полные данные для каждого фрагмента фармакокинетической кривой. С этой целью был предусмотрен частый отбор образцов вблизи  $T_{max}$ , а также не менее 4 точек в течение терминальной фазы. Таким образом, отбор биообразцов производился в следующих точках: перед приемом воспроизведенного (референтного) препарата и далее — через 15, 30, 45 мин. и 1, 1,5, 2, 4, 6, 8, 12, 15, 24, 32 и 48 ч. после приема препаратов.

На каждый срок отбор проб крови был произведен у 6 собак в группе. При проведении манипуляций были соблюдены принципы гуманного обращения с экспериментальными животными, направленные на снижение у них уровня боли и дистресса. Кровь отбирали в промаркированные шифром пробы одноразовые пробирки с активатором свертывания. После образования сгустка и отделения сыворотки пробы крови центрифугировали при 3500 об/мин в течение 5 минут. После этого отделенную фракцию сыворотки крови помещали в пробирки типа Eppendorf. Образцы сыворотки крови замораживали и транспортировали в термоконтейнере в замороженном состоянии в биоаналитическую лабораторию «БИОВИЗОР» (г. Москва, Россия).

Основным параметром, который определяли в процессе исследования, являлось содержание действующего вещества препаратов в сыворотке крови собак. Для этого применяли валидированную методику количественного определения маропитанта в образцах сыворотки крови животных методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемным масс-спектрометрическим детектированием. С этой целью использовали хромато-масс-спектрометрическую систему Shimadzu LCMS-8050 (Япония).

При валидации методики учитывали следующие показатели: линейность, матричный эффект, степень извлечения, специфичность, селективность, эффект переноса, прецизионность, правильность, наименьший предел

количественного определения, допустимость разбавления, стабильность аналита и внутреннего стандарта.

Полученные концентрации маропитанта в сыворотке крови собак использовали для расчета следующих фармакокинетических параметров:

- ✓ период полувыведения действующего вещества ( $T_{1/2}$ );
- ✓ максимальная концентрация действующего вещества ( $C_{max}$ );
- ✓ площадь под кривой «концентрация действующего вещества — время» в интервале времени от 0 до момента (t) отбора последней пробы биоматериала ( $AUC_{0-t}$ );
- ✓ площадь под кривой «концентрация действующего вещества — время» в интервале от 0 до  $\infty$  ( $AUC_{0-\infty}$ );
- ✓ площадь под кривой «произведение времени на концентрацию препарата (AUMC);
- ✓ среднее время удержания вещества в системном кровотоке (MRT);
- ✓ соотношение  $AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$ .

На основе рассчитанных параметров  $C_{max}$  и  $AUC_{0-t}$  производили оценку биоэквивалентности испытанных препаратов.

Статистический анализ полученных в ходе эксперимента данных включал в себя нахождение средних величин относительных стандартных отклонений (RSD, %) от средних и стандартных ошибок в программе Microsoft Excel (США). Расчеты фармакокинетических параметров были выполнены в программе PKSolver (надстройка для Microsoft Excel) с применением некомпартментной (бескамерной) модели распределения маропитанта в организме собак.

Установление биоэквивалентности сравниваемых препаратов производилось путем сопоставления границ доверительных интервалов для отношения геометрических средних показателей AUC (0–24) и  $C_{max}$  после приема исследуемого и референтного препаратов с установленными границами эквивалентности, равными 80,00–125,00%.

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых для научных целей<sup>2</sup>, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ N 498-ФЗ<sup>3</sup>.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

На основании полученных данных (табл. 2) установлено, что маропитант быстро всасывается и обнаруживается в сыворотке крови собак спустя 15 минут — как после введения референтного препарата «Серения», так и после введения воспроизведенного препарата «Холликалм».

Для референтного препарата пик концентрации маропитанта в крови был достигнут через 1–4 часа после введения, при этом максимальная концентрация действующего вещества находилась в диапазоне 542,503–928,920 нг/мл.

Затем концентрация действующего вещества в сыворотке крови плавно уменьшалась до уровня 4,041–12,734 нг/мл к последнему сроку отбора крови (48 ч.). Схожая картина наблюдалась после введения

<sup>2</sup> 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](https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf)

<sup>3</sup> 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 2. Концентрации маропитанта (нг/мл) в пробах сыворотки крови собак после однократного перорального введения препаратов «Серения» и «Холликалм»

Table 2. Concentrations of maropitant (ng/ml) in dog blood serum samples after a single oral administration of "Serenia" and "Hollykalm" drugs

Время, ч.	«Серения»		«Холликалм»	
	Среднее значение	RSD, %	Среднее значение	RSD, %
0	-	-	-	-
0,25	46,490	159,6	46,309	154,9
0,5	112,810	82,7	117,902	81,0
0,75	212,749	58,2	209,688	61,0
1	380,579	41,9	372,015	34,5
1,5	548,360	38,4	542,331	28,3
2	630,728	27,0	651,915	16,3
4	485,026	27,1	401,035	27,7
6	368,312	35,3	301,441	26,5
8	223,364	34,5	266,066	41,1
12	197,119	14,1	149,275	35,7
15	146,748	13,3	97,920	46,0
24	61,811	11,6	73,083	67,3
36	26,122	37,1	27,881	40,9
48	8,275	34,5	8,294	60,7

воспроизведенного препарата. Концентрация маропитанта достигала максимума к 1,5–2 часам после введения и находилась в диапазоне 541,379–855,536 нг/мл. Далее происходило плавное снижение концентрации действующего вещества до уровня 1,867–14,062 нг/мл к последнему сроку отбора крови (48 ч.).

График изменения концентрации маропитанта в крови собак представлен на рисунке 1.

На основании измеренных концентраций маропитанта в сыворотке крови собак провели расчет его фармакокинетических параметров (табл. 3).

Данные (табл. 3) продемонстрировали, что средние значения рассчитанных параметров фармакокинетики действующего вещества для исследуемого воспроизведенного и референтного препаратов были схожи. Например: среднее арифметическое значение  $C_{max}$  для референтного препарата составило 675,280 нг/мл, а для воспроизведенного — 679,615 нг/мл; период полувыведения маропитанта для препарата «Серения» в среднем 8,0 ч., для препарата «Холликалм» — 8,1 ч.; арифметическая средняя площадь под фармакокинетической кривой (от нуля до последнего определения в крови) маропитанта для референтного препарата 6150,460 нг/мл·ч, а для воспроизведенного — 5654,302 нг/мл·ч.

По остальным вычисленным фармакокинетическим параметрам ( $AUC_{0-\infty}$ ,  $AUMC_{0-\infty}$ ,  $MRT$ ,  $AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$ ) значения также были близкими. Наличие (отсутствие) биоэквивалентности между воспроизведенным препаратом «Холликалм» и референтным «Серения», отобранным для исследований по лекарственной форме и содержанию действующих веществ, оценивали в соответствии с Правилами проведения исследований биоэквивалентности лекарственных средств Евразийского экономического союза<sup>4</sup>. Биоэквивалентность препаратов оценивали на основе предположения

Рис. 1. Усредненные графики зависимости концентрации маропитанта в сыворотке крови собак от времени (точки забора препарата) после приема препаратов «Серения» и «Холликалм»

Fig. 1. Averaged graphs of the dependence of the concentration of maropitant in the blood serum of dogs on the time (drug intake point) after taking "Serenia" and "Hollykalm" drugs

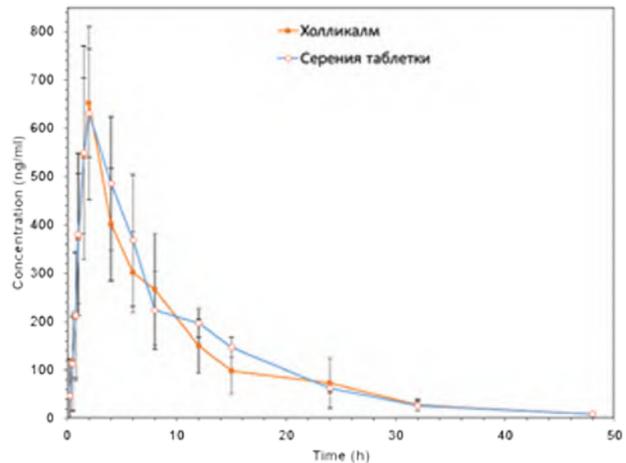


Таблица 3. Фармакокинетические параметры маропитанта

Table 3. Pharmacokinetic parameters of maropitant

Параметр	«Серения»		«Холликалм»	
	Среднее значение	RSD, %	Среднее значение	RSD, %
$T_{1/2}$ , ч.	8,0	15,5	8,1	16,8
$C_{max}$ , нг/мл	675,280	21,4	679,615	16,3
$AUC_{0-t}$ , нг/мл·ч	6150,460	9,4	5654,302	24,3
$AUC_{0-\infty}$ , нг/мл·ч	6249,152	9,2	5757,577	24,8
$AUMC_{0-\infty}$ , нг/мл·ч <sup>2</sup>	69 089,737	13,2	65 592,369	39,9
$MRT$ , ч.	11,1	13,6	11,1	22,1
$AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$	0,984	0,7	0,983	1,0

Таблица 4. Сравнение фармакокинетических параметров маропитанта после применения препаратов «Серения» и «Холликалм»

Table 4. Comparison of the pharmacokinetic parameters of maropitant after administration of "Serenia" and "Hollykalm"

Параметр	Отношение средних геометрических значений, %	90% доверительные интервалы		Критерии приемлемости, %
		L90, %	H90, %	
$C_{max}$	101,41	82,68	120,94	80–125
$AUC_{0-t}$	89,70	81,99	121,97	80–125

о логнормальном распределении измеренных величин  $C_{max}$ ,  $AUC_{(0-t)}$ ,  $AUC_{(0-\infty)}$  и  $C_{max}/AUC_{(0-t)}$ .

Результаты вычисления доверительных интервалов для отношений фармакокинетических параметров маропитанта представлены в таблице 4.

Двусторонние доверительные интервалы для отношений  $C_{max}$ ,  $AUC_{0-t}$  находятся в пределах 80–125%.

Таким образом, на основании полученных данных, учитывая, что доверительные интервалы отношений для логарифмически-преобразованных значений  $C_{max}$  и  $AUC_{0-t}$  и не выходят за установленные рамки, гипотеза о биоэквивалентности препаратов «Серения» и «Холликалм» принимается.

<sup>4</sup> Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03.11.2016 № 85 (ред. от 12.04.2024) «Об утверждении Правил проведения исследований биоэквивалентности лекарственных препаратов в рамках Евразийского экономического союза».

## Выводы/Conclusions

Проведено регистрационное клиническое исследование биоэквивалентности воспроизведенного препарата «Холикалм» в сравнении с референтным препаратом «Серения» в опыте на целевом виде животных — собаках.

Показана высокая степень сходства индивидуальных и усредненных фармакокинетических профилей исследуемых препаратов по действующему веществу маропитант. Воспроизведенный и референтный препараты характеризуются близкими значениями показателей относительной биодоступности и максимальной

концентрации маропитанта. Доверительный интервал для отношений средних геометрических значений фармакокинетических параметров маропитанта полностью соответствуют заданному диапазону.

Таким образом, полученные в ходе данного исследования результаты позволили сделать заключение о биоэквивалентности воспроизведенного препарата «Холикалм», разработанный компанией «ВИК — здоровье животных» (Россия), относительно референтного препарата «Серения» (Зоэтикс, США), что позволяет рекомендовать «Холикалм» к использованию в ветеринарной практике в качестве противорвотного средства для собак.

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

- Elwood C. *et al.* Emesis in dogs: a review. *Journal of Small Animal Practice*. 2010; 51(1): 4–22. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2009.00820.x>
- Краснолобова Е.П. Опыт совместного применения ингибитора протонного насоса и блокатора гистаминовых H<sub>2</sub>-рецепторов у собак с рвотой. *Вестник КрасГАУ*. 2017; 12: 70–74. <https://elibrary.ru/ynhivm>
- Строкова О.А., Еремина Е.Ю. Эметический синдром (рвота): принципы диагностики и лечения. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2018; 6: 116–121. <https://elibrary.ru/uzuvqs>
- Проккопенко К.А., Алтухов Б.Н. Пациент с рвотой в ветеринарной клинике: первичная диагностика и дифференциальные диагнозы. *Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I. 2023; 1: 256–259. <https://elibrary.ru/erjypi>
- Платонова А.О., Цвирко И.П. Аспирационная пневмония мелких домашних животных. *Евразийский научный журнал*. 2017; 3: 92–93. <https://elibrary.ru/yjugap>
- Агафонова А.М., Козлов С.В. Диагностика и лечение острого гастроэнтерита у кошек и собак. *Проблемы и пути развития ветеринарной и зоотехнической наук. Материалы Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти заслуженного деятеля науки, доктора ветеринарных наук, профессора кафедры болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы А.М. Колесова*. Саратов: Саратовский источник. 2021; 143–147. <https://elibrary.ru/copkvy>
- Gülersoy E., Baş T., Ok M. Отравление kota ложными сморчками. *Ветеринария сегодня*. 2020; 3: 199–204. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-3-34-199-204>
- Степанова К.А., Овсянников А.П. Исследование эффективности противорвотного препарата «Маропиталь». *Инновационные научные исследования: теория, методология, тенденции развития. Сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции*. Уфа: Вестник науки. 2023; 1: 68–74. <https://elibrary.ru/ogdza0>
- Польшкова Е.В., Куликова Н.В., Макурина Е.И., Суханова В.В., Титова Н.В. Опыт применения препарата «Серения®» у собак при заболеваниях, сопровождающихся симптомокомплексом рвоты. *Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные*. 2009; 2: 45–47. <https://elibrary.ru/kohbfr>
- Васильюк В.Б. и др. Исследование биоэквивалентности воспроизведенного препарата «Молнупиравир» у здоровых добровольцев. *Фармация и фармакология*. 2022; 10(6): 562–572. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-6-562-572>
- Соколов А.В. и др. Фармакокинетический подход в вопросе о взаимозаменяемости лекарственных средств. *Биомедицина*. 2015; 3: 43–51. <https://elibrary.ru/vctped>
- Понамарев В.С. Менеджмент качества при оценке биоэквивалентности: проблемы и перспективы. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2022; 2: 98–101. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.2.98>

## REFERENCES

- Elwood C. *et al.* Emesis in dogs: a review. *Journal of Small Animal Practice*. 2010; 51(1): 4–22. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2009.00820.x>
- Krasnolobova E.P. The case of combined application of proton pump inhibitor and the blocker of histamine H<sub>2</sub>-receptors in dogs with vomiting. *Bulletin of KrasGAU*. 2017; 12: 70–74 (in Russian). <https://elibrary.ru/ynhivm>
- Strokov O.A., Eremina E.Yu. Emetic syndrome: principles of diagnosis and treatment. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2018; 6: 116–121 (in Russian). <https://elibrary.ru/uzuvqs>
- Prokopenko K.A., Altukhov B.N. Patient with vomiting in a veterinary clinic: primary diagnosis and differential diagnoses. *Innovative technologies and technical means for the agro-industrial complex. Proceedings of the International scientific-practical conference of young scientists and specialists*. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great. 2023; 1: 256–259 (in Russian). <https://elibrary.ru/erjypi>
- Platonova A.O., Tsvirko I.P. Aspiration pneumonia of small domestic animals. *Yevraziyskiy nauchnyy zhurnal*. 2017; 3: 92–93 (in Russian). <https://elibrary.ru/yjugap>
- Agafonova A.M., Kozlov S.V. Acute gastroenteritis in dogs and cats. diagnosis and treatment. *Problems and ways of development of veterinary and zootechnical sciences. Materials of the International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the memory of the Honored Scientist, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Animal Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise A.M. Kolesov*. Saratov: Saratovskiy istochnik. 2021; 143–147 (in Russian). <https://elibrary.ru/copkvy>
- Gülersoy E., Baş T., Ok M. False morel poisoning in a cat. *Veterinary Science Today*. 2020; 3: 199–204. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-3-34-199-204>
- Stepanova K.A., Ovsyannikov A.P. Study of the effectiveness of the antiemetic drug “Maropital”. *Innovative scientific research: theory, methodology, development trends. Collection of scientific articles based on materials of the X International scientific and practical conference*. Ufa: Vestnik nauki. 2023; 1: 68–74 (in Russian). <https://elibrary.ru/ogdza0>
- Polshkova E.V., Kulikova N.V., Makurina E.I., Sukhanova V.V., Titova N.V. The using of “Serenia®” in treatment of diseases accompanied by the vomiting. *Russian veterinary journal. Small pets and wild animals*. 2009; 2: 45–47 (in Russian). <https://elibrary.ru/kohbfr>
- Vasilyuk V.B. *et al.* Bioequivalence study of generic “Molnupiravir” in healthy volunteers. *Pharmacy & Pharmacology*. 2022; 10(6): 562–572. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-6-562-572>
- Sokolov A.V. *et al.* Farmakokinetic approach to the question of interchangeability of drugs. *Journal Biomed*. 2015; 3: 43–51 (in Russian). <https://elibrary.ru/vctped>
- Ponamarev V.S. Quality management in bioequivalence assessment: problems and prospects. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2022; 2: 98–101 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.2.98>

## ОБ АВТОРАХ

**Сергей Владиславович Абрамов<sup>1</sup>**

кандидат ветеринарных наук  
120.net@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>

**Андрей Владимирович Балышев<sup>2</sup>**

кандидат биологических наук  
bav898@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9186-2671>

**Вячеслав Викторович Головин<sup>1</sup>**

кандидат биологических наук  
v.golovin@biovizor.ru  
<https://orcid.org/0009-0001-5123-9068>

**Павел Павлович Кочетков<sup>1</sup>**

kochetkov@biovizor.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6688-5540>

**Борис Викторович Виолин<sup>3</sup>**

кандидат ветеринарных наук  
b\_viol@yahoo.com

<sup>1</sup> ООО «БИОВИЗОР»,  
ул. Нагорная, 3А, Москва, 117186, Россия

<sup>2</sup> Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции,  
ул. им. Рокоссовского, 6, Волгоград, 400131, Россия

<sup>3</sup> Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук,  
Рязанский пр-т, 24, стр. 1, Москва, 109428, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

**Sergei Vladislavovich Abramov<sup>1</sup>**

Candidate of Veterinary Sciences  
120.net@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>

**Andrey Vladimirovich Balyshv<sup>2</sup>**

Candidate of Biological Sciences  
bav898@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9186-2671>

**Vyacheslav Viktorovich Golovin<sup>1</sup>**

Candidate of Biological Sciences  
v.golovin@biovizor.ru  
<https://orcid.org/0009-0001-5123-9068>

**Pavel Pavlovich Kochetkov<sup>1</sup>**

kochetkov@biovizor.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6688-5540>

**Boris Viktorovich Violin<sup>3</sup>**

Candidate of Veterinary Sciences  
b\_viol@yahoo.com

<sup>1</sup> LLC "BIOVIZOR",  
3A Nagornaya Str., Moscow, 117186, Russia

<sup>2</sup> The Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production,  
6 Rokossovskogo Str., Volgograd, 400131, Russia

<sup>3</sup> Federal Scientific Centre VIEV,  
24/1 Ryazansky Ave., Moscow, 109428, Russia

АГРАРНАЯ  
НАУКАAGRARIAN  
SCIENCE

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



Научно-теоретический и производственный журнал «Аграрная наука» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (K1, K2), в список Russian Science Citation Index (RSCI) в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в ядро РИНЦ, Белый список ВАК РФ, в список периодических изданий Международной базы данных AGRIS (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии).

Ознакомьтесь с информацией о перечне специальностей ВАК и итоговом распределении журналов по категориям можно здесь:



Приравнивание научных журналов, входящих в наукометрические базы данных, к журналам Перечня ВАК с распределением по категориям:



**Согласно приведенным данным, журнал «Аграрная наука» относится к категории K1.**

Подобную информацию о журнале можно получить у научного редактора  
Долгой М.Н.:  
+7 (495) 777 67 67 (доб. 1453),  
dolgaya@vicgroup.ru

Д.А. Вильмис ✉  
Ю.Н. Меликова  
А.В. Чечнева

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

✉ [vilmisda@mgupp.ru](mailto:vilmisda@mgupp.ru)

Поступила в редакцию:  
01.07.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

## Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-40-45

Daria A. Vilmis ✉  
Julia N. Melikova  
Anastasia V. Chechneva

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

✉ [vilmisda@mgupp.ru](mailto:vilmisda@mgupp.ru)

Received by the editorial office:  
01.07.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

## Ретроспективный анализ данных о распространенности злокачественных новообразований у собак и кошек

### РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты анализа нерандомизированного исследования первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями собак и кошек города Москвы за период с 1 января 2023 года по 1 июля 2024 года. Исследование проводилось на базе кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных и научно-исследовательской лаборатории онкологии, офтальмологии и биохимии животных ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ»». Объектом исследования выступили 208 кошек и 325 собак с первичными спонтанными злокачественными новообразованиями различного гистогенеза. Для подтверждения диагноза использовался комплексный методический подход, включающий в себя клинический осмотр животного, гематологические исследования и специальные методы диагностики, представленные ультразвукографией, рентгенографией, компьютерной и магнитно-резонансной томографией. Верификацию онкологического процесса производили на основании цитологических и гистологических методов исследования.

**Цель данной работы** — анализ структуры заболеваемости мелких домашних животных злокачественными опухолями. В результате исследования установлены наиболее часто встречающиеся опухоли: у кошек — карцинома молочной железы (44,23% случаев), лимфома (18,27% случаев), саркома и карцинома различной локализации (13,46% и 13,94% случаев соответственно), а также плоскоклеточный рак (6,25% случаев); у собак — карцинома молочной железы (37,23% случаев), саркома различной локализации (23,38% случаев), мастоцитомы (16,31% случаев) и карцинома различной локализации (14,15% случаев).

**Ключевые слова:** злокачественные новообразования, опухоль, неоплазия, карцинома, рак, саркома, лимфома, собака, кошка

**Для цитирования:** Вильмис Д.А., Меликова Ю.Н., Чечнева А.В. Ретроспективный анализ данных о распространенности злокачественных новообразований у собак и кошек. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 40–45.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-40-45>

© Вильмис Д.А., Меликова Ю.Н., Чечнева А.В.

## Retrospective analysis of data on the prevalence of malignant neoplasms in dogs and cats

### ABSTRACT

The article presents the results of a study on the primary incidence of malignant tumors in dogs and cats in Moscow over the period from January 1, 2023, to July 1, 2024. The study was conducted on the basis of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals and the Research Laboratory of Oncology, Ophthalmology and Animal Biochemistry of the Russian Biotechnological University "ROSBIOTECH". The study included 208 cats and 325 dogs with primary, spontaneous malignant tumors of various origins. To confirm the diagnosis, a comprehensive approach was used, including clinical examination, hematological tests, and special diagnostic techniques such as ultrasonography, radiography, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI). Verification of the tumor process was based on cytological and histological methods.

**The purpose of this work** is to analyze the structure of the incidence of small domestic animals with malignant tumors. As a result, we identified the most common types of tumors in cats and dogs. In cats, breast carcinoma was the most common type (44.23%), followed by lymphoma (18.27%), sarcomas (13.46%) and carcinomas (13.94%), as well as squamous cell carcinoma (6.25%). In dogs, breast carcinoma also accounted for the majority of cases (37.23%), along with sarcomas (23.38%), mastocytomas (16.31%), and carcinomas (14.15%).

**Key words:** malignant neoplasms, tumor, neoplasia, carcinomas, cancer, sarcomas, lymphomas, dog, cat

**For citation:** Vilmis D.A., Melikova Yu.N., Chechneva A.V. Retrospective analysis of data on the prevalence of malignant neoplasms in dogs and cats. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 40–45 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-40-45>

© Vilmis D.A., Melikova Yu.N., Chechneva A.V.

## Введение/Introduction

Злокачественные новообразования — распространенная патология и одна из основных причин смерти домашних животных и людей [1–3]. Направление «онкология» играет всё более важную роль в медицине мелких домашних животных. За последние годы значительно расширились диагностические возможности и спектр используемых терапевтических воздействий при онкологических заболеваниях [4–6].

Обширные теоретические и практические знания позволяют ветеринарным специалистам использовать научно обоснованный подход к диагностике и лечению данных патологий с большей эффективностью и благоприятным прогнозом [4, 6].

Изучение проблем канцерогенеза ведется в разных направлениях, но до настоящего времени не удается проследить цепочку процессов, обуславливающих перерождение клетки, а природа опухолевой прогрессии по-прежнему далека от окончательного понимания [7, 8].

Исследование онкогена различных типов рака оказалось критически важным и глубоко переплетается со всеми аспектами повышающейся распространенности, диагностики, прогнозирования исхода онкозаболеваний, а также лечения посредством применения таргетной терапии [9].

Канцерогенез представляет собой, как известно, сложный многостадийный процесс с участием экзогенных (окружающая среда, образ жизни) и эндогенных (генетических, гормональных, иммунологических) факторов и их сочетаний, с изменением генетического материала клеток организма и нарушениями в системе иммунитета [8, 10].

Многие спонтанные новообразования кошек и собак схожи с онкологическими заболеваниями у людей по патологическому проявлению, биологическому течению и факторам риска развития онкопатологий [11]. Домашние животные, в частности собаки, имеют значительно больше общего генома с человеком, чем грызуны [2]. Поэтому исследования спонтанно возникающего рака у собак могут стать частичной альтернативой испытаниям на лабораторных животных [12].

Регистрация распространенности онкологических патологий является важной задачей для определения факторов окружающей среды, способствующих возникновению онкологических заболеваний у людей, что является актуальной темой для изучения в ветеринарии. Стоит учесть, что в настоящее время в Российской Федерации отсутствуют онкологические реестры для животных. Данные реестра злокачественных новообразований у кошек и собак могли бы использоваться в эпидемиологических исследованиях [13, 14].

Количественное сравнение типов новообразований среди кошек и собак может способствовать выявлению статистической встречаемости различных видов злокачественных опухолей, предоставляя направление для исследований и разработки гипотез о причинах развития неоплазий, а также определения факторов риска развития онкологических патологий [15–17].

*Цель данной работы* — анализ структуры заболеваемости мелких домашних животных злокачественными опухолями в городе Москве.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

В статье представлены результаты анализа нерандомизированного исследования первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями собак

и кошек г. Москвы за период с 1 января 2023 года по 1 июля 2024 года.

Исследование проводилось на базе кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных и научно-исследовательской лаборатории онкологии, офтальмологии и биохимии животных Российского биотехнологического университета «РОСБИОТЕХ» в рамках государственного задания (регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР — FSMF-2022-0003).

Объекты исследования — 533 собаки и кошки домашнего содержания, различного возраста, пола и породы. В исследуемую группу вошли животные, поступившие на первичный прием с подозрением на онкологический процесс, подтвердившийся в процессе диагностики.

В ходе работы использовали комплексный методический подход, включающий сбор анамнеза, клинический осмотр, гематологические исследования, специальные методы диагностики, представленные ультразвукографией, рентгенографией, компьютерной и магнитно-резонансной томографией.

Объем и методы дополнительных исследований определялись в индивидуальном порядке в зависимости от локализации первичного опухолевого очага.

Всем животным исследуемой группы (независимо от расположения неоплазии) выполняли ультразвуковое исследование брюшной полости и рентгенографическое исследование грудной клетки в трех проекциях для подтверждения или исключения наличия метастатического процесса. Верификацию онкологического процесса производили на основании результатов патоморфологических исследований биопсийного материала, полученного путем пункционной, эксцизионной или инцизионной биопсии.

Для обработки полученных в ходе исследования результатов были сформированы базы данных в программе Microsoft Excel (США).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

За период исследования были зарегистрированы 533 случая первичных злокачественных новообразований (рис. 1), из них на долю кошек пришлось 39,0% (208 случаев), на долю собак — 61,0% (325 случаев).

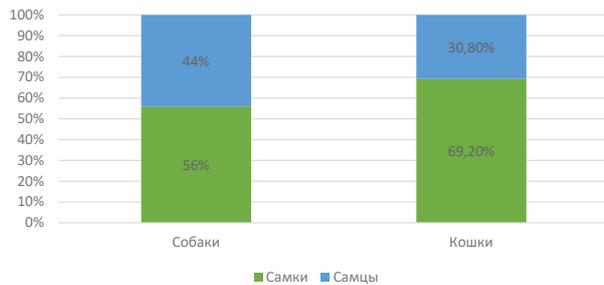
При изучении полового диморфизма в группе обследуемых животных, первично обратившихся на прием, преобладало количество самок (рис. 2). В группе собак количество самок составило 56% случаев (182 животных), самцов — 44% случаев (143 животных). В группе кошек: самок — 69,2% случаев (144 животных), котов — 30,8% случаев (64 животных).

**Рис. 1.** Частота встречаемости первичных злокачественных новообразований у мелких домашних животных

**Fig. 1.** The incidence of primary malignant neoplasms in small domestic animals



**Рис. 2.** Половой состав исследуемой выборки животных  
**Fig. 2.** The sexual composition of the studied sample of animals



**Таблица 1. Половой диморфизм собак и кошек с первичными злокачественными новообразованиями**  
**Table 1. Sexual dimorphism in dogs and cats with primary malignancies**

Пол	Кошки n = 208		Собаки n = 325	
	абс. знач.	отн. знач., %	абс. знач.	отн. знач., %
Кастрированные самцы	56	87,5	54	62,2
Некастрированные самцы	8	12,5	89	37,8
Кастрированные самки	79	54,9	79	43,4
Некастрированные самки	65	45,1	103	56,6

Результаты изучения полового диморфизма с учетом репродуктивного статуса животных представлены в таблице 1, из которой следует, что в группе самцов преобладали кастрированные животные.

На долю кастрированных самцов кошек приходилось 87,5% случаев, на долю кастрированных самцов собак — 62,2%, что может быть связано с распространенностью кастрации данного пола животных. В группе самок соотношение кастрированных и интактных животных было примерно одинаковым. Так, на долю

**Рис. 3.** Графическое отображение встречаемости первичных злокачественных новообразований в разных возрастных группах у котят

**Fig. 3.** Graphical representation of the occurrence of primary malignant neoplasms in different age groups of cats



**Рис. 4.** Графическое отображение встречаемости первичных злокачественных новообразований в разных возрастных группах у кошек

**Fig. 4.** Graphical representation of the occurrence of primary neoplasms in cats by age



кастрированных самок кошек приходилось 54,9% случаев, на долю кастрированных самок собак — 43,3%.

Большая доля заболеваемости злокачественными новообразованиями в группе кошек приходится на диапазон 10–16 лет (рис. 3, 4) и является идентичной для котят и кошек.

В диапазоне от 2 до 9 лет онкологические заболевания регистрировались значительно реже, максимальное количество больных особей в каждой возрастной группе из указанного диапазона не превышало 4. После 17 лет встречаемость неоплазий снижалась, что связано с продолжительностью жизни животных.

В группе собак пик заболеваемости приходится на возрастной диапазон 7–13 лет (рис. 5, 6), затем частота встречаемости онкологических заболеваний резко падает. Злокачественные новообразования практически не регистрировались у животных до 3-летнего возраста.

Сдвиг и резкое падение показателя заболеваемости в группе собак с неоплазией можно объяснить меньшей продолжительностью жизни собак в сравнении с кошками (в обследуемой группе отсутствовали животные старше 17 лет).

При проведении клинического обследования животных, а также при использовании дополнительных методов визуальной диагностики и патоморфологических методов исследования у 196 кошек (94,23% случаев) и 297 собак (91,38% случаев) выявили опухоли одного гистологического типа. В остальных случаях регистрировали первично множественные опухоли. Так, у 12 кошек (5,77% случаев) и 22 собак (6,77% случаев) были обнаружены 2 злокачественных новообразования различного гистологического типа, а у 6 собак (1,85% случаев) — злокачественные новообразования 3 гистологических типов (табл. 2).

**Рис. 5.** Графическое отображение встречаемости первичных злокачественных новообразований в разных возрастных группах у самцов собак

**Fig. 5.** Graphical representation of primary neoplasm occurrence in male cats by age group



**Рис. 6.** Графическое отображение встречаемости первичных злокачественных новообразований в разных возрастных группах у самок собак

**Fig. 6.** Graphical representation of the occurrence of primary malignant neoplasms in different age groups in female dogs



Таблица 2. Сочетание опухолей различного гистогенеза у собак и кошек

Table 2. Combinations of tumors with different histogenesis in dogs and cats

Группа тканей	Кошки n = 208		Собаки n = 325	
	абс. знач.	отн. знач., %	абс. знач.	отн. знач., %
Одно злокачественное новообразование	196	94,23	297	91,38
<i>Первично множественные опухоли:</i>				
1. два злокачественных новообразования	12	5,77	22	6,77
2. три злокачественных новообразования			6	1,85

По результатам цитологических и гистологических исследований выявлены наиболее распространенные злокачественные новообразования у исследуемых собак и кошек (табл. 3). При анализе полученных данных карциномы молочной железы были выделены в отдельную группу в связи с их высокой распространенностью. Карциномы, локализирующиеся в других тканях и органах, были объединены в группу «Карциномы различной локализации».

Как видно из таблицы 3, у кошек наиболее часто регистрировали карциному молочной железы (44,23% случаев), лимфому (18,27% случаев), саркому и карциному различной локализации (13,46% и 13,94% случаев соответственно), а также плоскоклеточный рак (6,25% случаев). Реже встречали меланому (3,85% случаев) и мастоцитому (2,88% случаев).

У собак наиболее часто диагностировали карциному молочной железы (37,23% случаев), саркому различной локализации (23,38% случаев), мастоцитому (16,31% случаев) и карциному (14,15% случаев). Меланому (4,62% случаев), лимфому (8,92% случаев) и плоскоклеточный рак (4,0% случаев) регистрировали реже.

Опухоли нервной ткани и оболочек мозга были зарегистрированы крайне редко: в 2,4% случаев у кошек, в 1,54% случаев у собак. У одной кошки диагностировали лейкоз (0,48% случаев).

В ходе исследования определяли локализацию злокачественных новообразований, учитывая расположение опухолевого очага, инвазивность роста и наличие метастатического процесса (табл. 4).

Как видно из таблицы 4, у собак и кошек наиболее часто регистрировали опухоль молочной железы — в 36,31% случаев (118 собак) и 43,75% случаев (91 кошка). На втором месте по частоте поражения злокачественными новообразованиями у кошек мягкие ткани (11,54% случаев), кишечник (11,06%), слизистые оболочки ротовой полости (10,10%). У собак следующими органами с высокой частотой поражения неоплазией по статистике являлись кожа (20,62%), мягкие ткани (10,46%), слизистые оболочки ротовой полости (5,85%), селезенка (5,54%) и печень (4,92%).

Метастатический процесс диагностировали в 6,73% у кошек и 12,00% у собак с преимущественным поражением лимфатических узлов у кошек (50,0% от общего количество метастазов) и поражением печени, легких и лимфоузлов у собак (38,5%, 28,2% и 17,9%, соответственно, от общего количества подтвержденных метастазов).

Анализируя данные локализации опухолей, определили частоту поражения первичными злокачественными новообразованиями систем органов у исследуемых собак и кошек (табл. 5).

Таблица 3. Результаты верификации злокачественных новообразований собак и кошек

Table 3. Verification results for malignant neoplasms in dogs and cats

Морфологический диагноз	Кошки n = 208		Собаки n = 325	
	абс. знач.	отн. знач., %	абс. знач.	отн. знач., %
Меланома различной локализации	8	3,85	15	4,62
Саркома различной локализации	28	13,46	76	23,38
Лимфома различной локализации	38	18,27	29	8,92
Мастоцитомы различной локализации	6	2,88	53	16,31
Карцинома различной локализации	29	13,94	46	14,15
Карцинома молочной железы	92	44,23	121	37,23
Плоскоклеточный рак	13	6,25	13	4,00
Опухоли нервной системы и оболочек головного мозга	5	2,40	5	1,54
Лейкоз	1	0,48	–	–

Таблица 4. Локализация злокачественных новообразований у собак и кошек

Table 4. Localization of malignant tumors in dogs and cats

Органы	Кошки n = 208		Собаки n = 325	
	абс. знач.	отн. знач., %	абс. знач.	отн. знач., %
Ротовая полость	21	10,10	19	5,85
Желудок	4	1,92	2	0,62
Кишечник	23	11,06	11	3,38
Печень	7	3,37	16	4,92
Поджелудочная железа	1	0,48	1	0,31
Перианальные железы	1	0,48	4	1,23
Брюшная полость	5	2,40	3	0,92
Селезенка	3	1,44	18	5,54
Лимфоузлы	2	0,96	4	1,23
Носовая полость	2	0,96	–	–
Грудная полость	4	1,92	3	0,92
Легкие	9	4,33	5	1,54
Почки	8	3,85	3	0,92
Мочевой пузырь	2	0,96	5	1,54
Кожа	14	6,73	67	20,62
Подкожно-жировая клетчатка с сосудами и нервами	24	11,54	34	10,46
Мышцы	2	0,96	1	0,31
Кости	–	–	7	2,15
Нервы, головной мозг	6	2,88	5	1,54
Глаз	3	1,44	2	0,62
Эндокринные железы:				
1. щитовидная железа;	2	0,96	1	0,31
2. надпочечники	–	–	8	2,46
Сердце	–	–	2	0,62
Влагалище	1	0,48	1	0,31
Матка	–	–	3	0,92
Яичники	–	–	2	0,62
Молочная железа	91	43,75	118	36,31
Семенники	–	–	11	3,38
Предстательная железа	–	–	1	0,31
Метастазы:	14	6,73	39	12,00
1. лимфоузлы;	7	3,37	7	2,15
2. легкие;	3	1,44	11	3,38
3. печень;	1	0,48	15	4,62
4. селезенка;	1	0,48	2	0,62
5. брюшная полость	2	0,96	4	1,23

**Таблица 5. Поражение систем органов злокачественными новообразованиями у собак и кошек**

**Table 5. Effects of malignant neoplasms on organ systems in dogs and cats**

Системы органов	Кошки n = 208		Собаки n = 325	
	абс. знач.	отн. знач., %	абс. знач.	отн. знач., %
Опорно-двигательная система	2	0,96	9	2,77
Пищеварительная система	56	26,92	49	15,08
Дыхательная система	15	7,21	8	2,46
Репродуктивные органы	92	44,23	136	41,85
Эндокринные железы	2	0,96	9	2,77
Система кровообращения	–	–	2	0,62
Нервная система	5	2,40	5	1,54
Покровная система	40	19,23	101	31,08
Выделительная система	10	4,81	8	2,46
Иммунная система	5	2,40	22	6,77

Как показано в таблице 5, у собак наибольшая чувствительность к онкологическому процессу среди систем органов характерна для репродуктивной системы и покровной системы — 136 (41,85% случаев) и 101 особь (31,08% случаев) соответственно. В меньшей степени регистрировали поражения пищеварительной (49 собак, 15,08%) и иммунной (22 собаки, 6,77%) систем. У 19 собак (5,8% случаев) установлены поражения нескольких систем органов.

У кошек наибольшая чувствительность к неоплазии среди систем органов установлена в отношении репродуктивной (92 кошки, 44,23%), пищеварительной (56 кошек, 26,92%) и покровной (40 кошек, 19,23%) систем. В меньшей степени представлены поражения

дыхательной и выделительной систем — 15 (7,21% случаев) и 10 кошек (4,81% случаев) соответственно. У 6,7% кошек (14 голов) установлены поражения нескольких систем органов злокачественной опухолью одного гистологического типа.

### Выводы/Conclusion

Таким образом, как видно из исследования, частота встречаемости первичных злокачественных новообразований у собак в 1,5 раза больше, чем у кошек.

У самок опухолевые процессы встречаются чаще. Наиболее распространенным видом неоплазии является карцинома молочной железы — 44,23% у кошек и 37,23% у собак.

Частота возникновения первичных злокачественных опухолей увеличивается с возрастом, пик заболеваемости приходится на диапазон 10–16 лет у кошек и 7–13 лет у собак.

Помимо карциномы молочной железы, к часто диагностируемым новообразованиям относятся: у кошек — лимфома (18,27% случаев), саркома и карцинома различной локализации (13,46% и 13,94% случаев соответственно), а также плоскоклеточный рак (6,25% случаев); у собак — саркома различной локализации (23,38% случаев), мастоцитомы (16,31% случаев) и карцинома (14,15% случаев).

Подводя итог, стоит отметить, что онкологические заболевания мелких домашних животных являются актуальной проблемой современной ветеринарной медицины, так как частота заболеваемости собак и кошек данной патологией постоянно растет.

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 проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (регистрационный № FSMF-2022-0003 темы государственного задания).

### FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (registration No. FSMF-2022-0003 topics of the state assignment).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихенко А.С., Ханхасыков С.П. Онкологическая патология как причина смерти собак и кошек в городе Иркутске. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова*. 2021; 4: 95–101. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.65.4.013>
2. Pinho S.S., Carvalho S., Cabral J., Reis C.A., Gärtner F. Canine tumors: a spontaneous animal model of human carcinogenesis. *Translational Research*. 2012; 159(3): 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2011.11.005>
3. Чегодаева М.Г., Татарникова Н.А. Вопросы онкологической патологии мелких домашних животных. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2013; 10–5: 43–45. <https://elibrary.ru/rctciy>
4. Séguin B., Liptak J.M. Updates in Surgical Oncology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2024; 54(3): 577–589. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2023.12.010>
5. Spugnini E.P., Baldi A. Electrochemotherapy in Veterinary Oncology: State-of-the-Art and Perspectives. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2019; 49(5): 967–979. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2019.04.006>
6. Wustefeld-Janssens B., Smith L., Wilson-Robles H. Neoadjuvant chemotherapy and radiation therapy in veterinary cancer treatment: a review. *Journal of Small Animal Practice*. 2021; 62(4): 237–243. <https://doi.org/10.1111/jsap.13245>
7. Ханхасыков С.П. Многофакторный анализ риска онкологических заболеваний у собак и кошек. Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. *Материалы XI Международной научно-практической конференции. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Жевяевского*. 2022; 493–499. <https://elibrary.ru/lfshjk>
8. Татарникова Н.А., Чегодаева М.Г. Влияние канцерогенных факторов окружающей среды на развитие онкологических заболеваний у животных. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013; 5: 92–94. <https://elibrary.ru/rhaacn>

### REFERENCES

1. Tikhenko A.S., Khankhasykov S.P. Oncological pathology as a cause of the death of dogs and cats in the Irkutsk city. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2021; 4: 95–101 (in Russian). <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.65.4.013>
2. Pinho S.S., Carvalho S., Cabral J., Reis C.A., Gärtner F. Canine tumors: a spontaneous animal model of human carcinogenesis. *Translational Research*. 2012; 159(3): 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2011.11.005>
3. Chegodaeva M.G., Tatarnikova N.A. Oncologic pathologies of small domestic animals. *International Research Journal*. 2013; 10–5: 43–45 (in Russian). <https://elibrary.ru/rctciy>
4. Séguin B., Liptak J.M. Updates in Surgical Oncology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2024; 54(3): 577–589. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2023.12.010>
5. Spugnini E.P., Baldi A. Electrochemotherapy in Veterinary Oncology: State-of-the-Art and Perspectives. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2019; 49(5): 967–979. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2019.04.006>
6. Wustefeld-Janssens B., Smith L., Wilson-Robles H. Neoadjuvant chemotherapy and radiation therapy in veterinary cancer treatment: a review. *Journal of Small Animal Practice*. 2021; 62(4): 237–243. <https://doi.org/10.1111/jsap.13245>
7. Khankhasykov S.P. Multivariate analysis of the risk of oncological diseases in dogs and cats. *Climate, ecology, agriculture of Eurasia. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference. Molodezhny: Irkutsk State University of Agriculture*. 2022; 493–499 (in Russian). <https://elibrary.ru/lfshjk>
8. Tatarnikova N.A., Chegodaeva M.G. Impact of cancerogenic factors of environment on the development of oncological diseases in animals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2013; 5: 92–94 (in Russian). <https://elibrary.ru/rhaacn>

9. Ludwig L., Dobromylskij M., Wood G.A., van der Weyden L. Feline Oncogenomics: What Do We Know about the Genetics of Cancer in Domestic Cats?. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(10): 547. <https://doi.org/10.3390/vetsci9100547>

10. Stepanova M.V., Sotnikova L.F., Zaitsev S.Y. Relationships between the Content of Micro- and Macroelements in Animal Samples and Diseases of Different Etiologies. *Animals*. 2023; 13(5): 852. <https://doi.org/10.3390/ani13050852>

11. Munday J.S., Knight C.G., Luff J.A. Papillomaviral skin diseases of humans, dogs, cats and horses: A comparative review. Part 2: Pre-neoplastic and neoplastic diseases. *The Veterinary Journal*. 2022; 288: 105898. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2022.105898>

12. Thamm D., Dow S. How companion animals contribute to the fight against cancer in humans. *Veterinaria Italiana*. 2009; 45(1): 111–120.

13. Cray M., Selmic L.E., Ruple A. Demographics of dogs and cats with oral tumors presenting to teaching hospitals: 1996–2017. *Journal of Veterinary Science*. 2020; 21(5): e70. <https://doi.org/10.4142/jvs.2020.21.e70>

14. Salas Y., Márquez A., Diaz D., Romero L. Epidemiological Study of Mammary Tumors in Female Dogs Diagnosed during the Period 2002–2012: A Growing Animal Health Problem. *PLoS One*. 2015; 10(5): e0127381. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127381>

15. Меликова Ю.Н., Сотникова Л.Ф. Распространение и факторы риска возникновения и развития новообразований ротовой полости у собак. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020; 6: 124–131. <https://elibrary.ru/mgdiqq>

16. Beatrice L. *et al.* Concurrent endocrine neoplasias in dogs and cats: a retrospective study (2004–2014). *Veterinary Record*. 2018; 182(11): 323. <https://doi.org/10.1136/vr.104199>

17. Odenweller P.H., Smith M.M., Taney K.G. Validation of Regional Lymph Node Excisional Biopsy for Staging Oral and Maxillofacial Malignant Neoplasms in 97 Dogs and 10 Cats (2006–2016). *Journal of Veterinary Dentistry*. 2019; 36(2): 97–103. <https://doi.org/10.1177/0898756419869841>

9. Ludwig L., Dobromylskij M., Wood G.A., van der Weyden L. Feline Oncogenomics: What Do We Know about the Genetics of Cancer in Domestic Cats?. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(10): 547. <https://doi.org/10.3390/vetsci9100547>

10. Stepanova M.V., Sotnikova L.F., Zaitsev S.Y. Relationships between the Content of Micro- and Macroelements in Animal Samples and Diseases of Different Etiologies. *Animals*. 2023; 13(5): 852. <https://doi.org/10.3390/ani13050852>

11. Munday J.S., Knight C.G., Luff J.A. Papillomaviral skin diseases of humans, dogs, cats and horses: A comparative review. Part 2: Pre-neoplastic and neoplastic diseases. *The Veterinary Journal*. 2022; 288: 105898. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2022.105898>

12. Thamm D., Dow S. How companion animals contribute to the fight against cancer in humans. *Veterinaria Italiana*. 2009; 45(1): 111–120.

13. Cray M., Selmic L.E., Ruple A. Demographics of dogs and cats with oral tumors presenting to teaching hospitals: 1996–2017. *Journal of Veterinary Science*. 2020; 21(5): e70. <https://doi.org/10.4142/jvs.2020.21.e70>

14. Salas Y., Márquez A., Diaz D., Romero L. Epidemiological Study of Mammary Tumors in Female Dogs Diagnosed during the Period 2002–2012: A Growing Animal Health Problem. *PLoS One*. 2015; 10(5): e0127381. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127381>

15. Меликова Ю.Н., Сотникова Л.Ф. The distribution and risk factors of the occurrence and development of oral neoplasms in dogs. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020; 6: 124–131 (in Russian). <https://elibrary.ru/mgdiqq>

16. Beatrice L. *et al.* Concurrent endocrine neoplasias in dogs and cats: a retrospective study (2004–2014). *Veterinary Record*. 2018; 182(11): 323. <https://doi.org/10.1136/vr.104199>

17. Odenweller P.H., Smith M.M., Taney K.G. Validation of Regional Lymph Node Excisional Biopsy for Staging Oral and Maxillofacial Malignant Neoplasms in 97 Dogs and 10 Cats (2006–2016). *Journal of Veterinary Dentistry*. 2019; 36(2): 97–103. <https://doi.org/10.1177/0898756419869841>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Дарья Александровна Вильмис

доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных, кандидат ветеринарных наук  
vilmisda@mgupp.ru

<https://orcid.org/0009-0007-0921-627X>

##### Юлия Николаевна Меликова

доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных, кандидат ветеринарных наук  
melikovaun@mgupp.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9322-1464>

##### Анастасия Вячеславовна Чечнева

доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных, кандидат ветеринарных наук  
checnevaav@mgupp.ru

<https://orcid.org/0009-0002-4723-1423>

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

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Daria Alexandrovna Vilmis

Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals, Candidate of Veterinary Sciences  
vilmisda@mgupp.ru

<https://orcid.org/0009-0007-0921-627X>

##### Julia Nikolaevna Melikova

Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals, Candidate of Veterinary Sciences  
melikovayn@mgupp.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9322-1464>

##### Anastasia Vyacheslavovna Chechneva

Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals, Candidate of Veterinary Sciences  
checnevaav@mgupp.ru

<https://orcid.org/0009-0002-4723-1423>

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 11 Volokolamskoye shosse, Moscow, 125080, Russia

А.В. Рузина

Федеральный научный центр —  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт экспериментальной ветеринарии  
им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко  
Российской академии наук, Москва,  
Россия

✉ a.ruzina@avivac.com

Поступила в редакцию:  
29.05.2024Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-46-50

Anna V. Ruzina

Federal Scientific Centre VIEV, Moscow,  
Russia

✉ a.ruzina@avivac.com

Received by the editorial office:  
29.05.2024Accepted in revised:  
12.07.2024Accepted for publication:  
28.07.2024

## Диагностика сальмонеллеза птиц с использованием ПЦР-наборов разных производителей

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Проблема в своевременном выявлении сальмонеллеза птиц заключается в том, что птица, контаминированная сальмонеллами, может не проявлять клинических признаков заболевания. Полимеразная цепная реакция в диагностике сальмонеллеза птиц предназначена для прямого выявления и идентификации патогенных агентов, особенно когда их выявление затруднено другими диагностическими методами. Преимущества ПЦР-исследований позволяют успешно использовать этот метод в лабораторно-ветеринарной практике.

**Цель работы** — провести сравнительные испытания диагностических ПЦР-наборов разных производителей в диагностике сальмонеллеза птиц.

**Методы.** Для проведения сравнительных исследований патологического материала на наличие ДНК *Salmonella spp.* с дифференциацией типов *Salmonella enteritidis* и *Salmonella typhimurium* молекулярно-биологическим методом исследования были использованы три набора для выделения и выявления ДНК сальмонелл методом ПЦР импортного и отечественного производства.

Определение возможности использования мембранных стекловолоконных материалов в виде карточек для отбора сухих проб патматериала с последующим проведением ПЦР, которое осуществляли в сравнительных испытаниях с параллельными исследованиями биоматериала, доставленного в лабораторию в замороженном виде.

**Результаты.** Проведены сравнительные исследования патологического материала на наличие ДНК *Salmonella spp.* с дифференциацией типов *Salmonella enteritidis* и *Salmonella typhimurium* с использованием трех наборов для выделения и выявления ДНК сальмонелл методом полимеразной цепной реакции импортного и отечественного производства. Установлено, что при сравнении полученных результатов с использованием наборов разных производителей на наличие ДНК *Salmonella spp.* наблюдались сопоставимые результаты.

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FGUG-2022-0009 ФГБНУ ВИАВ РАН.

**Ключевые слова:** ДНК возбудителя сальмонеллеза, геном возбудителя, экстракция НК, ПЦР, *Salmonella spp.*, карточки для отбора сухих проб патматериала, биоматериал.

**Для цитирования:** Рузина А.В. Диагностика сальмонеллеза птиц с использованием ПЦР-наборов разных производителей. *Аграрная наука.* 2024; 385(8): 46–50.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-46-50>

© Рузина А.В.

## Diagnosis of avian salmonellosis using PCR kits of different manufacturers

### ABSTRACT

**Relevance.** The problem in timely detection of this infection is that poultry contaminated with salmonellae may not show clinical signs of the disease. Polymerase chain reaction in the diagnosis of avian salmonellosis is designed for direct detection and identification of pathogenic agents, especially in cases where their detection is difficult by other diagnostic methods. Advantages of PCR tests allow to successfully use this method in veterinary laboratory practice.

**The aim of this work** is to conduct comparative tests of diagnostic PCR kits of different manufacturers in the diagnosis of avian salmonellosis.

**Methods.** To conduct comparative studies of pathological material for the presence of the DNA of *Salmonella spp.*, *Salmonella enteritidis* and *Salmonella typhimurium* by molecular biological method, three commercial kits of domestic and imported production for isolation and detection of *Salmonella* DNA by PCR were used.

Determination of the possibility of using membrane glass fiber materials, in the form of cards for taking dry samples of pathogenic material, for subsequent PCR was carried out in comparative tests with parallel studies of biomaterial delivered to the laboratory in frozen form.

**Results.** Comparative studies of pathological material for the presence of *Salmonella spp.* DNA using three commercial kits for the isolation and detection of *Salmonella* DNA by polymerase chain reaction, imported and domestic production were carried out. It was found that when comparing the results obtained using kits of different manufacturers for the presence of *Salmonella spp.* DNA, comparable results were observed.

The study was performed within the framework of the state assignment No. FGUG-2022-0009 of (FSC VIEV).

**Key words:** Salmonellosis pathogen DNA, pathogen genome, NA extraction, PCR, *Salmonella spp.*, dry sample cards, biomaterial

**For citation:** Ruzina A.V. Diagnosis of avian salmonellosis using PCR kits of different manufacturers. *Agrarian science.* 2024; 385(8): 46–50 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-46-50>

© Ruzina A.V.

## Введение/Introduction

Серьезной проблемой в сельском хозяйстве, несущей экономической ущерб птицеводческим предприятиям, а также негативно влияющей на эпидемиологическую обстановку в РФ, являются общие для животных и людей инфекции. Среди бактериальных зоонозных инфекций ведущую роль занимает сальмонеллез, который часто диагностируется на территории Российской Федерации<sup>1</sup> [1, 2].

Экономические потери при заболевании промышленной птицы сальмонеллезом связаны с падежом птицепоголовья, снижением яичной и мясной продуктивности, с необходимостью выбраковки птицы, вывода из оборота целых стад, ограничениями в реализации птицеводческой продукции [3].

Сальмонеллез вызывается бактериями вида *Salmonella enterica*, которые относятся к одному из 12 видов «приоритетных патогенных микроорганизмов», представляющих серьезную опасность для здравоохранения, входящих в список ВОЗ. Этот патогенный микроорганизм необходимо строго контролировать, так как появление устойчивых к антибиотикам серотипов может повлиять на здоровье человека.

Основной причиной заражения людей сальмонеллезом является употребление в пищу контаминированной сальмонеллами животноводческой и птицеводческой продукции. [4, 5], из чего можно заключить, что эпидемиологическая обстановка по острым кишечным инфекциям у людей во многом связана с эпизоотическим благополучием по сальмонеллезу животных и птицы [6, 7].

В связи с этим главными задачами ветеринарных специалистов являются выполнение правил ветеринарно-санитарной безопасности животноводческой и птицеводческой продукции, проведение широкого комплекса профилактических мероприятий, направленных на защиту населения от болезней, общих для человека и животных [8].

Для промышленного птицеводства проблема своевременного выявления *Salmonella enteritidis* заключается в том, что это заболевание протекает бессимптомно. Диагностика данного заболевания включает в себя анализ эпизоотологической ситуации, клинической картины, патологоанатомических изменений, результатов бактериологических и серологических исследований как в период вывода и выращивания птицы, так и при выпуске готовой продукции [9, 10].

В целях доказательства отсутствия возбудителя сальмонеллеза на птицефабриках осуществляют отбор проб в соответствии с планами мониторинга ветеринарной безопасности на соответствующий год<sup>2</sup>.

Лабораторная диагностика по сальмонеллезу включает в себя бактериологические, серологические (кровякапельную реакцию непрямой гемагглютинации (ККРНГА), реакцию микроагглютинации (РМА), метод иммуноферментного анализа (ИФА) и молекулярно-биологические методы исследования (полимеразно-цепную реакцию (ПЦР)).

Международным эпизоотическим бюро (МЭБ) разработаны стандарты, определены лабораторные методы для диагностики болезней животных и птиц, такие как ИФА-диагностика и ПЦР-метод. Диагноз на сальмонеллез подтверждают при получении положительных

результатов методом ИФА, методом ПЦР, положительных результатов в ККРНГА [11].

Метод ПЦР предназначен для прямого выявления и идентификации патогенных агентов практически для всех известных заболеваний, даже в тех случаях, когда другими способами (серологическим, бактериологическим, микроскопическим) их выявление затруднено. Преимуществами ПЦР-исследований являются прямое определение наличия возбудителей, высокая специфичность и чувствительность, универсальность процедуры выявления различных возбудителей, возможность диагностики латентных инфекций, высокая скорость получения результата анализа [11, 12].

**Цели работы** — провести сравнительные исследования патологического материала на наличие ДНК рода *Salmonella* spp. и видов *Salmonella enteritidis* (*S. enteritidis*) и *Salmonella typhimurium* (*S. typhimurium*) с использованием трех наборов для выделения и выявления ДНК сальмонелл методом ПЦР, импортного (диагностическая тест-система BioChek — MP102 *Salmonella*) и отечественного (набор «ВетФактор» «ПЦР-САЛЬМОНЕЛЛЕЗ-ДИФ-ФАКТОР» и набор реагентов «Вектор Бест» для выявления ДНК *Salmonella species*) производства, определить возможности использования мембранных стекловолоконных материалов в виде карточек для отбора сухих проб патматериала для последующего проведения ПЦР [13].

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2024 году на базе ООО «Экспертная лаборатория» (Москва, Россия). В процессе выполнения исследований были использованы классические методы выявления патогенных микроорганизмов на основе полимеразной цепной реакции согласно ГОСТ Р 57989<sup>3</sup>.

От павших и убитых с диагностической целью кур-несушек (в количестве 20 голов в возрасте 340 дней) в одном из хозяйств Южного федерального округа Российской Федерации автором совместно с представителем ветеринарной службы хозяйства были отобраны паренхиматозные органы целиком и (или) их фрагменты: доля печени с желчным пузырем, селезенка, трубчатая кость, измененные яичные фолликулы. Из отобранного материала были составлены 4 сборные пробы [14, 15].

Для проведения испытаний в лабораторию были отправлены замороженные пробы биоматериала и полученные от них высушенные отпечатки органов, отобранные с использованием отечественных карточек для получения сухих образцов биоматериала со стекловолоконной впитывающей мембраной (ООО «Универси-Тест», Россия). С целью получения отпечатков небольшие кусочки органов прикладывали в обозначенную кругом зону до видимого пропитывания носителя [13].

При приготовлении пулированных образцов допускали последовательное нанесение до 5 отобранных проб тканей в одну круговую зону. Карточки высушивали в открытом виде при комнатной температуре (не менее часа). После высыхания карточки в закрытом виде были помещены в индивидуальный пластиковый пакет с осушителем и отправлены в лабораторию. Общее

<sup>1</sup> Отчет референс-центра по мониторингу возбудителей острых кишечных инфекций (РЦКИ) за 2021 и 2022 гг.

<sup>2</sup> Пункт 6 Правил осуществления мониторинга ветеринарной безопасности территории Российской Федерации (утв. приказом Минсельхоза России от 22 января 2016 года № 22, зарегистрирован Минюстом России 23 марта 2016 года, регистрационный № 41507).

<sup>3</sup> ГОСТ Р 57989-2017 Продукция пищевая специализированная. Методы выявления патогенных микроорганизмов на основе полимеразной цепной реакции.

количество образцов патматериала в замороженном и высушенном виде на мембране составило 8.

Для выявления ДНК сальмонелл в замороженных и сухих пробах биоматериала методом ПЦР использовали три набора:

1. Набор производства ООО «ВетФактор» (Россия): «ВетФактор» «ПЦР-САЛЬМОНЕЛЛЕЗ-ДИФ-ФАКТОР» — набор реагентов. Предназначен для выявления ДНК возбудителя сальмонеллеза (*Salmonella spp.*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*) в биологическом материале (цельной крови, фекалиях, паренхиматозных органах и лимфатических узлах), а также в продуктах питания (в том числе яйцах кур и других птиц) и кормах животного и растительного происхождения, в культурах микроорганизмов, смывах с поверхностей методом амплификации ДНК с флуоресцентной детекцией в режиме реального времени.

2. Диагностическая тест-система производства «БиоЧек» (Biocheck, Германия): BioChek — MP102 *Salmonella*. Набор многовидовой для выявления ДНК возбудителя сальмонеллеза (*Salmonella spp.*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*) методом ПЦР в реальном времени.

3. Набор реагентов производства «Вектор-Бест» (Россия) — для выявления ДНК *Salmonella species* с дифференциацией типов *Salmonella typhimurium* и *Salmonella enteritidis* методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени.

Выявление сальмонелл в исследуемых образцах проводили методом Real-Time PCR согласно Методическим указаниям (МУ 1.3.2569-09), предназначенных для специалистов лабораторий, выполняющих работы с использованием методов амплификации нуклеиновых кислот (МАНК) при исследовании материала, содержащего (подозрительного на содержание) микроорганизмы I–IV групп патогенности [16–18].

Материал был подготовлен и исследован согласно инструкции к наборам реагентов.

Пробы сухих образцов биоматериала перед выделением нуклеиновой кислоты предварительно подготавливали:

а) отделяли стерильными ножницами один сегмент (в виде треугольника) из центра мишени мембраны с высушенным отпечатком органов птицы, стерильным пинцетом помещали сегмент в пробирку с 1 мл физраствора и выдерживали экспозицию 30 мин.;

б) тщательно перемешивали раствор в вортекс-центрифуге (производитель Biosan («Биосан», Латвия).

Далее проводили исследование полученных образцов согласно инструкции к наборам реагентов. Полученные данные были обработаны на Bio-Rad ДНК-амплификаторе в реальном времени CFX96 Touch. При исследовании сухих проб делали три технических повтора на каждый набор. Воспроизводимость результатов каждого из трех наборов по результатам технических повторов составила 100%. Сходимость результатов всех трех наборов составила 100%.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результат исследования патологического материала на наличие ДНК возбудителя болезни сальмонеллеза представлен в таблице 1.

При сравнении полученных результатов исследований парных образцов патматериала и высушенных отпечатков органов (при использовании наборов разных производителей) на наличие ДНК *Salmonella spp.* с дифференциацией типов *S. Enteritidis* и *S. Typhimurium* наблюдаются идентичные результаты.

Средний цикл выхода положительных образцов сухих проб на *Salmonella spp.* в наборе «ВекторБест» составил 34,75, на *S. Typhimurium* — 35,31. При параллельном исследовании патматериала, доставленного в лабораторию в замороженном виде, средний цикл на *Salmonella spp.* — 35,75, на *S. Typhimurium* — 35,76. При положительном контроле K+ ct 28,62.

Согласно инструкции анализируемый образец считался положительным, содержащим ДНК *Salmonella species*, если для данного образца значение ct по каналу ROX меньше или равно 40. Анализируемый образец считался положительным, содержащим ДНК *Salmonella typhimurium*, если для данного образца значение ct по каналу FAM меньше или равно 40. Анализируемый образец считался положительным, содержащим ДНК *Salmonella enteritidis*, если для данного образца значение ct по каналу HEX меньше или равно 40.

При использовании набора реагентов «ВетФактор» средний цикл положительных сухих образцов на *Salmonella spp.* показал 28,57, на *S. Typhimurium* — 28,85. Данные среднего цикла исследования патматериала на *Salmonella spp.* — 28,07, на *S. Typhimurium* — 28,35. При положительном контроле K+ ct 24,42.

Таблица 1. Результат исследования на наличие ДНК возбудителя  
Table 1. Test result for the presence of the causative agent DNA

№ образца	Вид образца	Результат исследования на наличие генома возбудителя болезни								
		<i>Salmonella spp.</i>	SE	ST	<i>Salmonella spp.</i>	SE	ST	<i>Salmonella spp.</i>	SE	ST
		K+ ct 28,62	K+ ct 31,54	K+ ct 29,73	K+ ct 24,42	K+ ct 26,28	K+ ct 21,4	K+ ct 27,08	K+ ct 28,34	K+ ct 28,23
«ВекторБест»			«ВетФактор»			Biocheck				
1	сухие пробы	обнаружено: ct 34,54	отр.	обнаружено: ct 34,87	обнаружено: ct 28,59	отр.	обнаружено: ct 28,77	обнаружено: ct 33,95	отр.	обнаружено: ct 38,39
1a	патматериал	обнаружено: ct 34,75	отр.	обнаружено: ct 34,56	обнаружено: ct 27,69	отр.	обнаружено: ct 27,76	обнаружено: ct 35,02	отр.	обнаружено: ct 36,91
2	сухие пробы	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.
2a	патматериал	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.
3	сухие пробы	обнаружено: ct 34,97	отр.	обнаружено: ct 35,76	обнаружено: ct 28,56	отр.	обнаружено: ct 28,93	обнаружено: ct 33,6	отр.	обнаружено: ct 33,69
3a	патматериал	обнаружено: ct 36,76	отр.	обнаружено: ct 36,96	обнаружено: ct 28,97	отр.	обнаружено: ct 28,94	обнаружено: ct 35,49	отр.	обнаружено: ct 37,34
4	сухие пробы	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.
4a	патматериал	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.	отр.

Примечание: \*\*\* *Salmonella spp.*: SE — *Salmonella enteritidis*; ST — *Salmonella typhimurium*; \*\* отр. — не обнаружено.

Таблица 2. Оценка результатов анализа  
Table 2. Evaluation of the analysis results

Проба	Cy5/Red	JOE(HEX)/Yellow	ROX/Orange	FAM/Green	Результат
	Salmonella typhimurium	Salmonella enteritidis	Salmonella spp.	ВКО	
Образцы	любое значение от 1 до 30	сигнал отсутствует	любое значение от 1 до 30	сигнал отсутствует или любое значение	положительный, ДНК <i>Salmonella typhimurium</i> присутствует
	сигнал отсутствует	любое значение от 1 до 30	любое значение от 1 до 30	сигнал отсутствует или любое значение	положительный, ДНК <i>Salmonella enteritidis</i> присутствует
	сигнал отсутствует	сигнал отсутствует	любое значение от 1 до 30	сигнал отсутствует или любое значение	положительный, ДНК <i>Salmonella spp.</i> присутствует.
	сигнал отсутствует	сигнал отсутствует	сигнал отсутствует	значение Ct < 30	отрицательный
	сигнал отсутствует	сигнал отсутствует	сигнал отсутствует	сигнал отсутствует или значение Ct > 30	недостовверный, возможно присутствие ингибиторов. Требуется повторная экстракция!

Импортный набор реагентов Biocheck показал следующие результаты: средний цикл положительных сухих образцов на *Salmonella spp.* — 33,78, на *S. Typhimurium* — 35,25. Данные исследования патматериала, доставленного в замороженном виде, показали средний цикл *Salmonella spp.* — 35,25, на *S. Typhimurium* — 37,12. При положительном контроле K+ ct 27,08.

Все положительные образцы были индцированы как положительные, все отрицательные — как отрицательные. Таким образом, специфичность и чувствительность наборов реагентов отечественного производства, как и импортного производства, составили 100%.

При анализе результатов наличия ДНК сальмонелл в отпечатках органов, полученных на используемых

ПЦР-картах, позволил во всех случаях выявить искомый патоген. При этом хранение биоматериала в таком виде не требует заморозки, а также позволяет снизить объем занимаемого места в холодильном отделении и облегчить последующую утилизацию проб.

С точки зрения отправки, данный способ пробоподготовки облегчает хранение и пересылку проб, так как после высушивания отпечатков на картах пробы сохраняют высокую стабильность и сохранность ДНК.

### Выводы/Conclusions

Использование наборов для выявления ДНК возбудителя сальмонеллеза (*Salmonella spp.*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*) методом ПЦР российского производства позволило получить достоверные результаты, которые сопоставимы с результатами, получаемыми при использовании импортных аналогов.

Достоверность проводимого ПЦР-исследования всех трех наборов подтверждалась выявлением положительного контроля.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наборы реагентов «Вектор-Бест» и «ВетФактор» позволяют выявлять *Salmonella spp.*, обеспечивая высокую чувствительность и специфичность анализа, что особенно важно для российского рынка в условиях импортозамещения.

Данные, полученные в результате параллельных исследований замороженных и сухих проб биоматериала, указывают на возможность использования систем на основе впитывающих стекловолоконных карточек для отбора и доставки образцов в высушенном виде для проведения контроля мониторинга сальмонеллеза птиц методом ПЦР и получения достоверных результатов.

Таблица 3. Валидация и интерпретация результатов анализа образцов

Table 3. Validation and interpretation of sample analysis results

Salmonella spp. (FAM)	IC (HEX)	Интерпретация
Cq значения	Cq значения	
<40	Yes* or N/A**	положительный образец <i>Salmonella spp.</i>
N/A**	26–34	отрицательный образец
N/A**	N/A**, <26 or >34	недействителен

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания Федерального научного центра — Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук № FGUG-2022-0009.

### FUNDING

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia No. FGUG-2022-0009

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рождественская Т.Н., Панкратов С.В., Рузина А.В. Сальмонеллез птиц и острые кишечные инфекции у людей. *Современные научные разработки и передовые технологии для промышленного птицеводства. Сборник статей научно-практической конференции.* СПб.: Медиапайр. 2023; 90–94. <https://www.elibrary.ru/jpsbji>
2. Рождественская Т.Н., Рузина А.В., Панкратов С.В., Яковлев С.С. Система обеспечения эпизоотического благополучия птицеводческих хозяйств в отношении бактериальных болезней птиц. *Современные научные разработки и передовые технологии для промышленного птицеводства. Сборник статей научно-практической конференции.* СПб.: Медиапайр. 2023; 76–89. <https://www.elibrary.ru/devbfj>
3. Yousuf R., Zamir S., Rehman S.U., Manzoor Z., Rehman Z.U. Avian Salmonellosis and Public Health Concerns. Altaf S., Khan A., Abbas R.Z. (eds.). Zoonosis. Faisalabad: *Unique Scientific Publishers.* 2023; 4: 149–162. <https://doi.org/10.47278/book.zoon/2023.144>
4. Teklemariam A.D. et al. Human Salmonellosis: A Continuous Global Threat in the Farm-to-Fork Food Safety Continuum. *Foods.* 2023; 12(9): 1756. <https://doi.org/10.3390/foods12091756>

### REFERENCES

1. Rozhdstvenskaya T.N., Pankratov S.V., Ruzina A.V. Salmonellosis of birds and acute intestinal infections in humans. *Modern scientific developments and advanced technologies for industrial poultry farming. Collection of articles of scientific and practical conference.* St. Petersburg: Mediapapir. 2023; 90–94 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jpsbji>
2. Rozhdstvenskaya T.N., Ruzina A.V., Pankratov S.V., Yakovlev S.S. System of ensuring epizootic well-being of poultry farms in relation to bacterial diseases of birds. *Modern scientific developments and advanced technologies for industrial poultry farming. Collection of articles of scientific and practical conference.* St. Petersburg: Mediapapir. 2023; 76–89 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/devbfj>
3. Yousuf R., Zamir S., Rehman S.U., Manzoor Z., Rehman Z.U. Avian Salmonellosis and Public Health Concerns. Altaf S., Khan A., Abbas R.Z. (eds.). Zoonosis. Faisalabad: *Unique Scientific Publishers.* 2023; 4: 149–162. <https://doi.org/10.47278/book.zoon/2023.144>
4. Teklemariam A.D. et al. Human Salmonellosis: A Continuous Global Threat in the Farm-to-Fork Food Safety Continuum. *Foods.* 2023; 12(9): 1756. <https://doi.org/10.3390/foods12091756>

5. Новикова О.Б., Павлова М.А. Актуальные и новые болезни птиц бактериальной этиологии. *Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии*. 2017; 4: 40–44. <https://www.elibrary.ru/zxohwd>
6. Козак С.С., Баранович Е.С., Козак Ю.А. Заболеваемость сельскохозяйственных животных и птицы сальмонеллезом. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023; 3: 71–77. <https://www.elibrary.ru/fppwlf>
7. 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>
8. Давлеев А.Д. Международный опыт в профилактике сальмонеллеза, вызванного продукцией птицеводства. *Птица и птицепродукты*. 2020; 3: 6–9. <https://www.elibrary.ru/qyxkxb>
9. Ахтямзянова А.В., Дроздова Л.И., Никитин А.П. Паратиф (сальмонеллез) птицы. *Болезни птиц. Сборник статей*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2020; 146–147. <https://www.elibrary.ru/mmvzwr>
10. Степановичус В.Ю. Сальмонеллез сельскохозяйственных птиц как причина пищевых токсикоинфекций. *Достижения аграрной науки для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Сборник трудов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов*. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2021; 1: 386–395. <https://www.elibrary.ru/xcekae>
11. Семина А. Сероварианты сальмонелл в птицеводческих хозяйствах. *Ветеринария сельскохозяйственных животных*. 2020; 7: 31–36. <https://www.elibrary.ru/gajjzi>
12. Дмитриев К.Ю. Применение молекулярно-биологических методов исследований в птицеводстве. *Птицеводство*. 2021; 12: 59–63. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-12-59-63>
13. Бентуе М., Беспалов О.А. Контроль инфекционной бурсальной болезни. *Ветеринария*. 2009; 12: 18–21. <https://www.elibrary.ru/kxhurr>
14. Курзанов А.Н. Биоэтические аспекты исследовательской и образовательной деятельности в медицинских НИИ и вузах. *Фундаментальные исследования*. 2009; 2: 92–93. <https://www.elibrary.ru/kvgbwt>
15. Corran P.H. *et al.* Dried blood spots as a source of anti-malarial antibodies for epidemiological studies. *Malaria journal*. 2008; 7: 195. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-7-195>
16. Noenchat P., Direksin K., Sornplang P. The phenotypic and genotypic antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* isolated from chickens and meat at poultry slaughterhouses in Japan and Thailand. *Veterinary World*. 2023; 16(7): 1527–1533. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1527-1533>
17. Shang Y. *et al.* PCR identification of *Salmonella* serovars for the E serogroup based on novel specific targets obtained by pan-genome analysis. *LWT*. 2021; 145: 110535. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110535>
18. Zaczek A. *et al.* PCR melting profile as a tool for outbreak studies of *Salmonella enterica* in chickens. *BMC Veterinary Research*. 2015; 11: 137. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0451-4>
5. Novikova O.B., Pavlova M.A. Actual and new diseases of birds of bacterial etiology. *Actual issues in agricultural biology*. 2017; 4: 40–44 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zxohwd>
6. Kozak S.S., Baranovich E.S., Kozak Yu.A. Salmonellosis Incidence in Farm Animals and Poultry. *Timiryazev Biological Journal*. 2023; 3: 71–77 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fppwlf>
7. 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>
8. Davleev A.D. The international experience in prevention of salmonellosis caused by poultry products. *Poultry and Chicken Products*. 2020; 3: 6–9 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qyxkxb>
9. Akhtyamzyanova A.V., Drozdova L.I., Nikitin A.P. Paratyphoid (salmonellosis) of poultry. *Diseases of poultry. Collection of articles*. Yekaterinburg: Urals State Agricultural University. 2020; 146–147 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mmvzwr>
10. Stepanovichus V.Yu. Salmonellosis of farm birds as a cause of food toxicoinfections. *Achievements of agricultural science to ensure food security of the Russian Federation. Collection of proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists and specialists*. Tyumen: Northern Trans-Ural State Agricultural University. 2021; 1: 386–395 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xcekae>
11. Semina A. Serovariants of salmonella in poultry farms. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2020; 7: 31–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gajjzi>
12. Dmitriev K.Yu. Application of Molecular Biological Research Methods in Poultry Farming. *Pitsevodstvo*. 2021; 12: 59–63 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-12-59-63>
13. Bentue M., Bepalov O.A. Control of infectious bursitis disease. *Veterinary medicine*. 2009; 12: 18–21 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kxhurr>
14. Kurzanov A.N. Bioethical aspects of research and educational activities in medical research institutes and universities. *Fundamental research*. 2009; 2: 92–93 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kvgbwt>
15. Corran P.H. *et al.* Dried blood spots as a source of anti-malarial antibodies for epidemiological studies. *Malaria journal*. 2008; 7: 195. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-7-195>
16. Noenchat P., Direksin K., Sornplang P. The phenotypic and genotypic antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* isolated from chickens and meat at poultry slaughterhouses in Japan and Thailand. *Veterinary World*. 2023; 16(7): 1527–1533. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1527-1533>
17. Shang Y. *et al.* PCR identification of *Salmonella* serovars for the E serogroup based on novel specific targets obtained by pan-genome analysis. *LWT*. 2021; 145: 110535. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110535>
18. Zaczek A. *et al.* PCR melting profile as a tool for outbreak studies of *Salmonella enterica* in chickens. *BMC Veterinary Research*. 2015; 11: 137. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0451-4>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Анна Владимировна Рузина

научный сотрудник  
Лаборатория болезней птиц  
a.ruzina@avivac.com  
<https://orcid.org/0000-0001-8161-1716>

Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук,

Рязанский пр-т, 24, корп. 1, Москва, 109428, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Anna Vladimirovna Ruzina

Research Associate  
Laboratory of Bird Diseases  
a.ruzina@avivac.com  
<https://orcid.org/0000-0001-8161-1716>

Federal Scientific Centre VIEV,

24/1 Ryazansky Ave., Moscow, 109428, Russia

УДК 579.64:636.5

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-51-55

С.В. Панкратов

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины,  
Санкт-Петербург, Россия

✉ 2000step@mail.ru

Поступила в редакцию:

05.06.2024

Одобрена после рецензирования:

12.07.2024

Принята к публикации:

28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-51-55

Sergey V. Pankratov

St. Petersburg State University of Veterinary  
Medicine, St. Petersburg, Russia

✉ 2000step@mail.ru

Received by the editorial office:

05.06.2024

Accepted in revised:

12.07.2024

Accepted for publication:

28.07.2024

# Использование MONTANIDE ISA 78 VG в качестве адъюванта при изготовлении противобактериальных вакцин для кур

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Применение антимикробных препаратов и вакцинопрофилактика являются основными способами предупреждения и борьбы с большинством болезней бактериальной этиологии. В то же время бесконтрольное использование противомикробных средств без определения чувствительности микроорганизмов, как правило, не дает возможности получить положительный терапевтический результат. При этом грамотно составленная схема применения инактивированных вакцин с учетом эпизоотической ситуации является эффективным и безопасным инструментом контроля бактериальных болезней.

В связи с этим представленные в данной статье результаты испытания образцов вакцин против бактериальных болезней птиц, изготовленных на основе модернизированного масляного адъюванта Montanide ISA 78 VG, являются актуальными.

**Методы.** Для проведения исследований на основе масляного адъюванта Montanide ISA 78 VG были изготовлены четыре образца вакцин. Первый образец вакцины — против сальмонеллеза птиц, второй — против пастереллеза птиц, третий — против респираторного микоплазмоза птиц, четвертый — против гемофилеоза птиц.

Все изготовленные образцы вакцин были исследованы согласно общепринятым методам по показателям: стерильность, стабильность и вязкость эмульсии.

Для определения реактогенности и антигенной активности образцов вакцин использовали молодняк кур яичного направления в возрасте 25–40 сут.

**Результаты.** Анализ полученных результатов физических и биологических свойств испытанных инактивированных вакцин против бактериальных болезней птиц позволяет сделать заключение, что вакцина против респираторного микоплазмоза птиц, изготовленная на основе адъюванта Montanide ISA 78 VG, является безопасным и эффективным иммунобиологическим препаратом. Изготовление инактивированных вакцин против сальмонеллеза, пастереллеза и гемофилеоза птиц на основе адъюванта Montanide ISA 78 R VG возможно только после внесения ряда изменений в технологию изготовления данных препаратов, направленных на снижение их реактогенных свойств.

**Ключевые слова:** инактивированные вакцины, антигенная активность, реактогенность, масляный адъювант, Montanide ISA 78 VG, бактериальные болезни птиц

**Для цитирования:** Панкратов С.В. Использование MONTANIDE ISA 78 VG в качестве адъюванта при изготовлении противобактериальных вакцин для кур. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 51–55. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-51-55>

© Панкратов С.В.

# Use of MONTANIDE ISA 78 VG as adjuvant for the manufacture of antibacterial vaccines for chickens

## ABSTRACT

**Relevance.** The use of antimicrobial agents and vaccine prophylaxis are the main ways to prevent and control most diseases of bacterial etiology. At the same time, uncontrolled use of antimicrobial agents without determining the sensitivity of microorganisms, as a rule, does not give the opportunity to obtain a positive therapeutic result. At the same time, a competently designed scheme of inactivated vaccine administration, taking into account the epizootic situation, is an effective and safe tool for controlling bacterial diseases.

In this regard, the results of testing of vaccine samples against bacterial diseases of birds based on the modernized oil adjuvant Montanide ISA 78 VG presented in this article are interesting and modern.

**Methods.** Four vaccine samples were manufactured for research based on the oil adjuvant Montanide ISA 78 VG. The first sample of the vaccine is against avian salmonellosis, the second — against avian pasteurellosis, the third — against avian respiratory mycoplasmosis, the fourth — against avian hemophilosis.

All manufactured vaccine samples were investigated for sterility, stability and viscosity of the emulsion according to generally accepted methods.

To determine the reactogenicity and antigenic activity of the vaccine samples, young egg-laying hens aged 25–40 days were used.

**Results.** Analysis of the obtained results of physical and biological properties of tested inactivated vaccines against bacterial diseases of birds allows us to conclude that the vaccine against respiratory mycoplasmosis of birds made on the basis of adjuvant Montanide ISA 78 VG is a safe and effective immunobiological preparation.

**Key words:** inactivated vaccines, antigenic activity, reactogenicity, oil adjuvant, Montanide ISA 78 VG, avian bacterial diseases

**For citation:** Pankratov S.V. Use of MONTANIDE ISA 78 VG as adjuvant for the manufacture of antibacterial vaccines for chickens. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 51–55 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-51-55>

© Pankratov S.V.

## Введение/Introduction

На протяжении последних лет в связи с возрастающей интенсификацией современного птицеводства проблема распространения бактериальных инфекций в промышленном птицеводстве становится всё более актуальной. Использование передовых технологий выращивания и высокая продуктивность кроссов приводят к снижению естественной резистентности и повышению восприимчивости птиц к возбудителям бактериальных болезней [1, 2].

Возникновение в птицеводческих хозяйствах болезненной бактериальной этиологии приводит к значительному экономическому ущербу из-за повышенного падежа и выбраковки птиц, снижению мясной и яичной продуктивности, ухудшению биологических качеств эмбрионов и, как следствие, выводимости цыплят, понижению конверсии корма, увеличению затрат на проведение оздоровительных мероприятий. Кроме того, наличие бактериальных болезней приводит к снижению поствакцинального противовирусного иммунитета и повышает чувствительность птиц к стрессам [1, 3, 4].

Необходимо отметить, что проблему бактериальных болезней птиц в промышленном птицеводстве следует рассматривать не только в ветеринарном аспекте, но и в медико-экологическом, так как сельскохозяйственная птица может быть носителем патогенных для людей микроорганизмов, основными из которых являются сальмонеллы, кампилобактерии, эшерихии, стафилококки, клостридии и др. [5–7].

Основные способы борьбы и профилактики при большинстве бактериальных болезней — применение антимикробных препаратов и вакцинопрофилактика. Бессистемное применение антимикробных препаратов без учета чувствительности патогенов к лекарственным средствам зачастую не позволяет добиться желаемых результатов [8–11], в то время как использование правильно подобранной вакцины с учетом эпизоотологической ситуации в хозяйстве и лабораторных исследований [12–14] является одним из безопасных и эффективных инструментов контроля без бактериальной этиологии [15–18].

На сегодняшний день на территории России применяется довольно широкий спектр инактивированных вакцин как отечественного, так и зарубежного производства. Это инактивированные вакцины против сальмонеллеза, пастереллеза, орнитобактериоза, гемофилеза и респираторного микоплазмоза птиц [1, 5, 18, 19].

На настоящий момент наряду с достигнутыми положительными результатами эффективности применения противобактериальных инактивированных вакцин в промышленном птицеводстве всё еще существует проблема с их остаточной реактогенностью. Данную проблему можно решить с помощью подбора масляных адъювантов нового поколения [21].

*Цель работы* — определить возможность использования модернизированного масляного адъюванта Montanide ISA 78 VG при изготовлении инактивированных вакцин против бактериальных болезней птиц.

Для достижения обозначенной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Изготовить на основе адъюванта Montanide ISA 78 VG инактивированные вакцины против сальмонеллеза, пастереллеза, микоплазмоза и гемофилеза птиц.

2. Изучить физические и биологические свойства изготовленных образцов инактивированных вакцин.

3. Провести анализ полученных результатов и сделать заключение о возможности использования адъюванта Montanide ISA 78 VG при изготовлении ряда инактивированных противобактериальных вакцин для птиц.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Все этапы научно-исследовательской работы проводились с использованием материально-технической базы научно-производственного предприятия «АВИ-ВАК». Для решения первой поставленной задачи на основе масляного адъюванта Montanide ISA 78 R VG (SEPPIC, Франция) были изготовлены четыре образца вакцин.

Первый образец против сальмонеллеза птиц — с использованием инактивированной формальдегидом культуры *S. enteritidis* штамм АТ-С; второй — против пастереллеза птиц с использованием инактивированной формальдегидом *P. multocida* штамм 115; третий — с использованием инактивированной формальдегидом *M. gallisepticum* штамм S<sub>6</sub>; четвертый — против гемофилеза с использованием инактивированных формальдегидом культур *Avibacterium paragallinarum* штаммов: В-7770 — серотип А, 1130917/АтшВ — серотип В, 150215/ТулаС2 — серотип С.

Изготовление опытных образцов вакцин осуществляли с помощью лабораторного диспергатора (IKA 25T, Германия) путем диспергирования инактивированных культур микроорганизмов в масляном адъюванте Montanide ISA 78 R VG в соотношении 30/70.

При проведении испытаний образцов вакцин визуально оценивали их внешний вид.

Определение контаминации вакцин бактериальной и грибковой микрофлорой проводили по ГОСТ 28085<sup>1</sup>.

Относительную вязкость вакцины определяли с помощью вискозиметра ВНЖ по ГФ XIV Том 1 ОФС.1.2.1.0015.15 с. 595<sup>2</sup>, а стабильность эмульсии вакцин — методом центрифугирования при 4000 об/мин в течение 30 минут<sup>3</sup>.

Определение реактогенности и антигенной активности образцов вакцины проводили на молодняке кур яичного направления 25–40-суточного возраста ( $n = 80$ ), полученных из хозяйств, благополучных по инфекционным заболеваниям<sup>4</sup> [22].

Для определения реактогенности каждым образцом вакцины были иммунизированы по 10 цыплят. Образцы вакцин вводили в объеме 1,0 см<sup>3</sup> подкожно в область нижней трети шеи.

Учет реактогенности проводили через 14 суток после иммунизации, для чего птиц подвергали эвтаназии и проводили их вскрытие с целью учета реакции тканей на месте введения вакцины.

Степень реактогенности образцов вакцин оценивали в зависимости от наличия изменений и характера реакции тканей на месте введения вакцины.

Для определения антигенной активности каждым образцом вакцины были иммунизированы по 10 цыплят (самки). Вакцины вводили в объеме 0,5 см<sup>3</sup> подкожно в область нижней трети шеи.

С целью определения специфических антител от птиц получали сыворотки крови за сутки до и через

<sup>1</sup> ГОСТ 28085-2013 Средства лекарственные биологические для ветеринарного применения. Метод бактериологического контроля стерильности (принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации).

<sup>2</sup> Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Москва. 2018; 2: 1814.

<sup>3</sup> ТУ СТО 46262188-0008-2017 Стандарт ООО НПП «АВИВАК».

<sup>4</sup> 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».

28 суток после вакцинации. Титр антител к *S. enteritidis*, *P. multocida* и *M. gallisepticum* определяли иммуноферментным анализом (ИФА) с использованием тест-систем производства IDEXX (США). Определение титра антител к *A. Paragallinarum* серотипов А, В и С проводили с использованием реакции агглютинации (РА).

Вакцину считали антигенно активной, если у привитых цыплят среднегрупповой титр антител к:

*S. enteritidis*, *P. multocida* и *M. gallisepticum* в два и более раз превышал минимальный положительный показатель, предусмотренный в наставлении по применению конкретного диагностического набора ИФА (минимальный положительный титр для используемых наборов к *S. enteritidis* и *P. multocida* составлял 396, а к *M. gallisepticum* — 1076);

*A. Paragallinarum* серотипов А, В и С был не ниже  $3,0 \log^2$ .

Статистическая оценка полученных результатов проводилась с помощью компьютерных программ OpenOffice Calc, Microsoft Excel, Microsoft Access и IDEXX.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Полученные результаты испытаний образцов вакцин на предмет определения внешнего вида, стерильности, относительной вязкости и стабильности эмульсии представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, все четыре образца вакцин представляли собой однородную эмульсию белого цвета, стерильны в отношении бактериальной и грибковой микрофлоры, с показателями вязкости и стабильности в диапазоне 27–34 мм<sup>2</sup>/с и 2,0–3,0 мм соответственно.

При учете результатов реактогенности вакцины было установлено, что образцы вакцин против сальмонеллеза, пастереллеза и гемофилеза птиц при введении подкожно в область нижней трети шеи в объеме 1,0 см<sup>3</sup> в той или иной степени проявляли реактогенные свойства, вызывая под кожей воспалительные реакции различной степени, которые характеризовались инъекцией сосудов в средней и нижней трети шеи, а также разрастанием соединительной ткани в нижней трети шеи и зоба, в то время, как вакцина против респираторного микоплазмоза птиц была ареактогенна.

Спустя 14 суток после иммунизации вакциной против респираторного микоплазмоза у птиц в месте введения препарата под кожей в области нижней трети шеи были обнаружены остатки вакцины в виде вкраплений размером 0,5 мм, в некоторых случаях была отмечена незначительная инъекция кровеносных сосудов.

Результаты определения антигенной активности образцов вакцин представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, цыплята опытных групп до иммунизации не имели специфических антител к *S. enteritidis*, *P. multocida*, *M. gallisepticum* и *A. Paragallinarum* серотипам А, В и С, на что указывают отрицательные диагностические среднегрупповые значения.

Спустя 28 суток после иммунизации во всех четырех группах титр антител ко всем антигенным компонентам увеличился до необходимых протективных значений. Так, титр антител к *S. enteritidis* повысился с 51 до 9607, к *P. multocida* — с 29 до 7659, к *M. gallisepticum* — с 32 до 5818, а к *A. Paragallinarum* серотипам А, В и С — с 0 до  $4,0-5,0 \log_2$ .

Анализ полученных результатов испытаний показывает, что все образцы вакцин, изготовленные на основе масляного адьюванта Montanide ISA 78 R VG, отвечали

Таблица 1. Физические и микробиологические показатели образцов вакцин

Table 1. Physics and microbiological parameters of vaccine samples

Вакцина против	Наименование показателей			
	внешний вид	контаминация микрофлорой	стабильность эмульсии, мм	вязкость, мм <sup>2</sup> /с
сальмонеллеза птиц	однородная эмульсия белого цвета	отсутствует	2,0	27
пастереллеза птиц	однородная эмульсия белого цвета	отсутствует	2,0	34
респираторного микоплазмоза птиц	однородная эмульсия белого цвета	отсутствует	3,0	31
гемофилеза птиц	однородная эмульсия белого цвета	отсутствует	3,0	30

Таблица 2. Результаты антигенной активности образцов вакцины

Table 2. Results of antigenic activity of vaccine samples

№ образца	Вакцина против	Антигенный компонент вакцины	Среднегрупповой титр антител	
			до вакцинации	через 28 суток после вакцинации
1	сальмонеллеза птиц	<i>S. enteritidis</i>	51	9607
2	пастереллеза птиц	<i>P. multocida</i>	29	7659
3	респираторного микоплазмоза птиц	<i>M. gallisepticum</i>	32	5818
4	гемофилеза птиц	<i>A. Paragallinarum</i> серотипов ( $\log_2$ ):		
		А	0	$\pm 4,0 \log_2$
		В	0	$\pm 5,0 \log_2$
		С	0	$\pm 4,0 \log_2$

заданным параметрам по показателям вязкости и стабильности, обеспечивали формирование гуморального иммунитета необходимого уровня и полностью отвечали требованиям препаратов подобного класса.

Но наряду с хорошими физическими и иммунологическими показателями вакцины против сальмонеллеза, пастереллеза и гемофилеза птиц в той или иной степени проявляли реактогенные свойства, в то время как вакцина против респираторного микоплазмоза птиц была ареактогенна.

Возможность проявления реактогенных свойств является основным недостатком применения многих инактивированных вакцин, особенно против бактериальных болезней птиц. При применении таких препаратов на месте их введения отмечают местные тканевые реакции, которые проявляются в виде отека и воспаления в месте инъекции, изменения цвета мышц, гранулематозных поражений тканей, что приводит к различным отрицательным последствиям [16].

Бесспорно, проблему реактогенности инактивированных противобактериальных вакцин во многом можно решить за счет использования более безопасных масляных адьювантов нового поколения, но это, к сожалению, не всегда позволяет решить вопрос в полной мере. В то же время реактогенность противобактериальных вакцин можно существенно снизить за счет использования при изготовлении препаратов очищенных антигенных комплексов бактериальных клеток без содержания каких-либо «балластных» клеточных структур микробной клетки, которые не участвуют в формировании иммунного ответа к возбудителю болезни [1, 19–21].

## Выводы/Conclusions

Адьювант Montanide ISA 78 R VG может быть использован для изготовления вакцины против респираторного микоплазмоза птиц. Изготовление инактивированных эмульсионных вакцин против сальмонеллеза, пастереллеза и гемофилеоза птиц на основе адьюванта Montanide ISA 78 R VG возможно только после внесения ряда изменений в технологию изготовления данных препаратов, направленных на снижение их реактогенных свойств.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

Это послужило основанием для планирования дальнейших исследований, направленных на изыскание оптимального метода получения чистых фракций протективных белков *S. enteritidis*, *P. multocida* и *A. Paragallinarum*, которые будут использованы в качестве иммуногенов при изготовлении субъединичных эмульсионных вакцин на основные адьюванта Montanide ISA 78 R VG.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование является поисковым и выполнено на базе научно-производственного предприятия «АВИВАК» (г. Москва, Россия).

## FUNDING

The research is exploratory and was carried out on the basis of the research and production enterprise "AVIVAC" (Moscow, Russia).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рождественская Т.Н., Рузина А.В., Панкратов С.В., Яковлев С.С. Система обеспечения эпизоотического благополучия птицеводческих хозяйств в отношении бактериальных болезней птиц. *Современные научные разработки и передовые технологии для промышленного птицеводства. Сборник статей научно-практической конференции*. СПб.: Медиапайр. 2023; 76–89. <https://www.elibrary.ru/devbfj>
2. Tariq S. et al. Salmonella in Poultry; An Overview. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Arts*. 2022; 1(1): 80–84. <https://doi.org/10.47709/ijmdsa.v1i1.1706>
3. Tan S.J., Nordin S., Esah E.M., Mahrer N. *Salmonella* spp. in Chicken: Prevalence, Antimicrobial Resistance, and Detection Methods. *Microbiology Research*. 2022; 13(4): 691–705. <https://doi.org/10.3390/microbiolres13040050>
4. Crispo M. et al. Otitis and meningoencephalitis associated with infectious coryza (*Avibacterium paragallinarum*) in commercial broiler chickens. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2018; 30(5): 784–788. <https://doi.org/10.1177/1040638718792964>
5. Рузина А.В., Панкратов С.В. Усовершенствование средств специфической профилактики сальмонеллеза птиц. *Ветеринария и кормление*. 2022; 6: 72–74. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-19>
6. Wibisono F.M. et al. A Review of Salmonellosis on Poultry Farms: Public Health Importance. *Systematic Reviews in Pharmacy*. 2020; 11(9): 481–486. <https://doi.org/10.31838/srp.2020.9.69>
7. Cabrera J.M. et al. *Salmonella enterica* serovars in absence of *ttrA* and *pduA* genes enhance the cell immune response during chick infections. *Scientific Reports*. 2023; 13: 595. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27741-x>
8. Панкратов С.В., Абгарян С.Р. Современные подходы в диагностике пастереллеза птиц. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2022; 4: 68–71. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.4.68>
9. Gautier-Bouchardon A.V., Reinhardt A.K., Kobisch M., Kempf I. In vitro development of resistance to enrofloxacin, erythromycin, tylosin, tiamulin and oxytetracycline in *Mycoplasma gallisepticum*, *Mycoplasma iowae* and *Mycoplasma synoviae*. *Veterinary Microbiology*. 2002; 88(1): 47–58. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(02\)00087-1](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(02)00087-1)
10. Saha O., Islam M.R., Rahman M.S., Hoque M.N., Hossain M.A., Sultana M. First report from Bangladesh on genetic diversity of multidrug-resistant *Pasteurella multocida* type B:2 in fowl cholera. *Veterinary World*. 2021; 14(9): 2527–2542. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2527-2542>
11. Fauziah I., Asmara W., Wahyuni A.E.T.H. Antimicrobial sensitivity of *Avibacterium paragallinarum* isolates from layers in the special region of Yogyakarta, Indonesia. *Veterinary World*. 2021; 14(5): 1124–1127. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1124-1127>
12. Семина А.Н., Абгарян С.Р. Идентификации *Salmonella enteritidis* и *Salmonella typhimurium* методом полимеразно цепной реакции. *Международный вестник ветеринарии*. 2018; 4: 39–43. <https://www.elibrary.ru/ypxlyt>
13. Smallman T.R., Williams G.C., Harper M., Boyce J.D. Genome-Wide Investigation of *Pasteurella multocida* Identifies the Stringent Response as a Negative Regulator of Hyaluronic Acid Capsule Production. *Microbiology Spectrum*. 2022; 10(2): e00195-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00195-22>
14. Clothier K.A., Stoute S., Torain A., Crossley B. Validation of a real-time PCR assay for high-throughput detection of *Avibacterium paragallinarum* in chicken respiratory sites. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2019; 31(5): 714–718. <https://doi.org/10.1177/1040638719866484>
15. Hoelzer K. et al. Vaccines as alternatives to antibiotics for food producing animals. Part 1: challenges and needs. *Veterinary Research*. 2018; 49: 64. <https://doi.org/10.1186/s13567-018-0560-8>
16. Nikitin G., Pankratov S., Sukhinin A., Prikhodko E., Rozhdestvenskaya T., Ruzina A. Adjuvants for inactivated vaccine against *Avibacterium paragallinarum*. *FASEB Journal*. 2022; 36(S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3128>

## REFERENCES

1. Rozhdestvenskaya T.N., Ruzina A.V., Pankratov S.V., Yakovlev S.S. System of ensuring epizootic well-being of poultry farms in relation to bacterial diseases of birds. *Modern scientific developments and advanced technologies for industrial poultry farming. Collection of articles of Scientific and Practical Conference*. St. Petersburg: Mediapapir. 2023; 76–89 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/devbfj>
2. Tariq S. et al. Salmonella in Poultry; An Overview. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Arts*. 2022; 1(1): 80–84. <https://doi.org/10.47709/ijmdsa.v1i1.1706>
3. Tan S.J., Nordin S., Esah E.M., Mahrer N. *Salmonella* spp. in Chicken: Prevalence, Antimicrobial Resistance, and Detection Methods. *Microbiology Research*. 2022; 13(4): 691–705. <https://doi.org/10.3390/microbiolres13040050>
4. Crispo M. et al. Otitis and meningoencephalitis associated with infectious coryza (*Avibacterium paragallinarum*) in commercial broiler chickens. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2018; 30(5): 784–788. <https://doi.org/10.1177/1040638718792964>
5. Ruzina A.V., Pankratov S.V. Improvement of tools for specific prevention of avian salmonellosis. *Veterinaria i kormlenie*. 2022; 6: 72–74 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-19>
6. Wibisono F.M. et al. A Review of Salmonellosis on Poultry Farms: Public Health Importance. *Systematic Reviews in Pharmacy*. 2020; 11(9): 481–486. <https://doi.org/10.31838/srp.2020.9.69>
7. Cabrera J.M. et al. *Salmonella enterica* serovars in absence of *ttrA* and *pduA* genes enhance the cell immune response during chick infections. *Scientific Reports*. 2023; 13: 595. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27741-x>
8. Pankratov S.V., Abgaryan S.R. Modern approaches in the diagnosis of avian Pasteurellosis. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2022; 4: 68–71 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.4.68>
9. Gautier-Bouchardon A.V., Reinhardt A.K., Kobisch M., Kempf I. In vitro development of resistance to enrofloxacin, erythromycin, tylosin, tiamulin and oxytetracycline in *Mycoplasma gallisepticum*, *Mycoplasma iowae* and *Mycoplasma synoviae*. *Veterinary Microbiology*. 2002; 88(1): 47–58. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(02\)00087-1](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(02)00087-1)
10. Saha O., Islam M.R., Rahman M.S., Hoque M.N., Hossain M.A., Sultana M. First report from Bangladesh on genetic diversity of multidrug-resistant *Pasteurella multocida* type B:2 in fowl cholera. *Veterinary World*. 2021; 14(9): 2527–2542. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2527-2542>
11. Fauziah I., Asmara W., Wahyuni A.E.T.H. Antimicrobial sensitivity of *Avibacterium paragallinarum* isolates from layers in the special region of Yogyakarta, Indonesia. *Veterinary World*. 2021; 14(5): 1124–1127. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1124-1127>
12. Semina A.N., Abgaryan S.R. Identification of *Salmonella Enteritidis* and *Salmonella Typhimurium* by polymerase chain reaction. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2018; 4: 39–43 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ypxlyt>
13. Smallman T.R., Williams G.C., Harper M., Boyce J.D. Genome-Wide Investigation of *Pasteurella multocida* Identifies the Stringent Response as a Negative Regulator of Hyaluronic Acid Capsule Production. *Microbiology Spectrum*. 2022; 10(2): e00195-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00195-22>
14. Clothier K.A., Stoute S., Torain A., Crossley B. Validation of a real-time PCR assay for high-throughput detection of *Avibacterium paragallinarum* in chicken respiratory sites. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2019; 31(5): 714–718. <https://doi.org/10.1177/1040638719866484>
15. Hoelzer K. et al. Vaccines as alternatives to antibiotics for food producing animals. Part 1: challenges and needs. *Veterinary Research*. 2018; 49: 64. <https://doi.org/10.1186/s13567-018-0560-8>
16. Nikitin G., Pankratov S., Sukhinin A., Prikhodko E., Rozhdestvenskaya T., Ruzina A. Adjuvants for inactivated vaccine against *Avibacterium paragallinarum*. *FASEB Journal*. 2022; 36(S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3128>

17. Hoelzer K. *et al.* Vaccines as alternatives to antibiotics for food producing animals. Part 2: new approaches and potential solutions. *Veterinary Research*. 2018; 49: 70.  
<https://doi.org/10.1186/s13567-018-0561-7>

18. Kulappu Arachchige S.N. *et al.* Effects of immunosuppression on the efficacy of vaccination against *Mycoplasma gallisepticum* infection in chickens. *Veterinary Microbiology*. 2021; 260: 109182.  
<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109182>

19. Серова Н.Ю., Панкратов С.В., Рузина А.В. Профилактика респираторного микоплазмоза птиц с использованием инактивированных вакцин. Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов. *Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Лосино-Петровский. 2022; 18–24.*  
<https://www.elibrary.ru/ncmxfd>

20. Рождественская Т.Н., Каримова Л., Панкратов С.В., Рузина А.В., Томина Е.В. Современные подходы к изготовлению инактивированных вакцин против пастереллеза птиц. *Аграрная наука*. 2022; 7–8: 68–73.  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-68-73>

21. Рождественская Т.Н., Панкратов С.В., Сапегина Е.В., Томина Е.В. Испытание новых адъювантов SEPPIC для изготовления вакцин против гемофилеоза птиц. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2020; 11: 23–27.  
<https://www.elibrary.ru/zebedc>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Сергей Вячеславович Панкратов

доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, кандидат ветеринарных наук  
 2000step@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6824-1503>

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, ул. Черниговская, 5, Санкт-Петербург, 196084, Россия

17. Hoelzer K. *et al.* Vaccines as alternatives to antibiotics for food producing animals. Part 2: new approaches and potential solutions. *Veterinary Research*. 2018; 49: 70.  
<https://doi.org/10.1186/s13567-018-0561-7>

18. Kulappu Arachchige S.N. *et al.* Effects of immunosuppression on the efficacy of vaccination against *Mycoplasma gallisepticum* infection in chickens. *Veterinary Microbiology*. 2021; 260: 109182.  
<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109182>

19. Serova N.Yu., Pankratov S.V., Ruzina A.V. Prevention of avian respiratory mycoplasmosis using inactivated vaccines. *Scientific bases of production and quality assurance of biological preparations. Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists. Losino-Petrovsky. 2022; 18–24 (in Russian).*  
<https://www.elibrary.ru/ncmxfd>

20. Rozhdestvenskaya T.N., Karimova L., Pankratov S.V., Ruzina A.V., Tomina E.V. Modern approaches to the production of inactivated vaccines against chicken cholera. *Agrarian science*. 2022; 7–8: 68–73 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-68-73>

21. Rozhdestvenskaya T.N., Pankratov S.V., Sapegina E.V., Tomina E.V. Testing new SEPPIC adjuvants for the production of vaccines against avian hemophilosis. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2020; 11: 23–27 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/zebedc>

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Sergey Vyacheslavovich Pankratov

Associate Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Candidate of Veterinary Sciences  
 2000step@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6824-1503>

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 5 Chernigovskaya Str., St. Petersburg 196084, Russia

# AGRO|20 19 ОКТЯБРЯ

## CON|24 В главном корпусе РУДН

г.Москва, ул. Миклухо - Макляя, д. 6

Первая междуниверситетская карьерная выставка-форум компаний АПК для студентов всех специальностей

Свыше 600 студентов востребованных специальностей

Возможности для компаний:

- Участие в стендовой выставке
- Выступление перед аудиторией по тематическим направлениям
- Организация спутникового мероприятия компании
- Информационная рассылка по всем участникам
- Проведение тестов и экспресс-собеседований прямо на площадке Агросон
- Участие в Агрофоруме - площадке для обсуждения совместной работы университетов и бизнеса



<https://agrocon.pro/> Mail: [hello@agrocon.pro](mailto:hello@agrocon.pro)



Г.В. Ширяев<sup>1</sup> ✉Т.А. Ларкина<sup>1</sup>Г.С. Никитин<sup>2</sup>А.О. Пritужалова<sup>1</sup>Н.А. Ширяева<sup>1</sup>О.Ю. Перинек<sup>1</sup>А.А. Курочкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства «ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», пос. Тярлево, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия

✉ GS-2027@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
26.03.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

## Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-56-60

Gennady V. Shiryayev<sup>1</sup> ✉Tatyana A. Larkina<sup>1</sup>Georgy S. Nikitin<sup>2</sup>Anna O. Prituzhalova<sup>1</sup>Natalya A. Shiryayeva<sup>1</sup>Oksana Yu. Perinek<sup>1</sup>Anton A. Kurochkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals is a branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, village Tyarlevo, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

✉ GS-2027@yandex.ru

Received by the editorial office:  
26.03.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

# Концентрация кисспептина, тестостерона и кортизола в крови коров в транзитный период при нарушениях энергообмена

## РЕЗЮМЕ

У клинически здоровых коров голштинской породы ( $n = 20$ ) изучен гормональный фон в период глубокой стельности и после отела. С этой целью у коров в сыворотке крови определяли концентрацию кисспептина, тестостерона и кортизола. За животными вели регулярное наблюдение с проведением клинических и акушерско-гинекологических исследований. В зависимости от концентрации глюкозы и бета-гидроксимасляной кислоты на 5-й день после отела коров разделяли на две группы. В первую группу вошли 15 голов с концентрацией глюкозы больше 3 ммоль/л и уровнем бета-гидроксимасляной кислоты ниже 1 ммоль/л. Во второй группе у 5 голов зафиксированы нарушения в энергообмене (уровень глюкозы меньше 3 ммоль/л, бета-гидроксимасляной кислоты — выше 1 ммоль/л). На 15-й день после отела была зафиксирована нормализация энергетического гомеостаза. Концентрация кисспептина в предотельный период в обеих группах снижалась к отелу. При этом концентрация кисспептина в крови животных в группе с нарушениями энергообмена была выше на 9-й, 7-й и 5-й день до отела в 2,4–3 раза ( $p < 0,01–0,05$ ) по сравнению с первой группой. В производственном опыте концентрация всех трех гормонов после отела снизилась с существенными межгрупповыми различиями. Уровень кисспептина был достоверно выше в предотельный период в опытной группе и на 5-й день после отела ( $p < 0,05$ ). Уровень кортизола держался на высоком уровне до 7-го дня после отела ( $p < 0,05$ ). Концентрация тестостерона в крови на протяжении всего транзитного периода была достоверно высокой у животных опытной группы.

**Ключевые слова:** кисспептин, тестостерон, кортизол, кетоз, кровь, молочные коровы, отел

**Для цитирования:** Ширяев Г.В. и др. Концентрация кисспептина, тестостерона и кортизола в крови коров в транзитный период при нарушениях энергообмена. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 56–60. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-56-60>

© Ширяев Г.В., Ларкина Т.А., Никитин Г.С., Пritужалова А.О., Ширяева Н.А., Перинек О.Ю., Курочкин А.А.

# Concentration of kisspeptin, testosterone and cortisol in the blood of cows during the transit period with energy metabolism disorders

## ABSTRACT

In the clinically healthy cows of the Holstein breed ( $n = 20$ ), a hormonal background was studied during the period of deepness and after the edema. For this purpose, the concentration of kisspeptin, testosterone and cortisol was determined in serum cows in the blood cows. The animals conducted regular observation with the conduct of clinical and obstetric and gynecological studies. Depending on the concentration of glucose and beta-hydroxybutyric acid on the 5th day after calving, the cows were divided into two groups. The first group included 15 heads with a glucose concentration greater than 3 mmol/l and a beta-hydroxybutyric acid level below 1 mmol/l. In the second group, 5 heads had violations in energy exchange (glucose levels less than 3 mmol/l, beta-hydroxybutyric acid above 1 mmol/l). On the 15th day after the hotel, normalization of energy homeostasis was recorded. The concentration of kisspeptin in the blood of animals in the group with energy exchange disorders was 2.4–3 times higher on the 9th, 7th and 5th days before calving ( $p < 0.01–0.05$ ) compared with the first group. In production experience, the concentration of all three hormones after the hotel decreased with significant intergroup differences. The level of kisspeptin was reliably higher in the preventive period in the experimental group and on the 5th day after the hotel ( $p < 0.05$ ). The cortisole level was held at a high level of up to 7 days after the hotel ( $p < 0.05$ ). The concentration of testosterone in the blood throughout the transit period was reliably high in the animals of the experimental group.

**Key words:** kisspeptin, testosterone, cortisol, ketosis, blood, dairy cows, calving

**For citation:** Shiryayev G.V. et al. Concentration of kisspeptin, testosterone and cortisol in the blood of cows during the transit period with energy metabolism disorders. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 56–60 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-56-60>

© Shiryayev G.V., Larkina T.A., Nikitin G.S., Prituzhalova A.O., Shiryayeva N.A., Perinek O.Yu., Kurochkin A.A.

## Введение/Introduction

В транзитный период (3 недели до и 3 недели после отела) у молочных коров происходят существенные метаболические изменения в энергетическом обмене. Гипогликемия приводит к синтезу и накоплению кетоновых тел в крови (в первую очередь бета-гидроксибутирата) с последующим вхождением в субклиническое или клиническое кетозное состояние. Возникает отрицательный энергетический баланс, обуславливающий стрессовое состояние животных. В этих условиях одним из основных гормональных маркеров, на который необходимо обращать пристальное внимание в транзитный период, является уровень стероидных гормонов — кортизола и тестостерона [1–3].

На поздних сроках стельности у коров уровень кортизола постепенно возрастает, что вызывает стимуляцию глюконеогенеза в печени и катаболизм белков в периферических тканях, мобилизацию жирных кислот и повышение концентрации липидов в печени. При этом андрогенные гормоны, в число которых входит тестостерон, замедляют катаболизм аминокислот, блокируют катаболическое действие кортизола и, напротив, стимулируют синтез белков.

В норме концентрация тестостерона к отелу начинает снижаться. Однако в некоторых случаях при нарушениях в энергообмене на фоне или без патологии печени может возникнуть проблема утилизации стероидных гормонов, что приводит к их накоплению в крови [4].

Еще одним потенциальным маркером нежелательных изменений в энергетическом обмене (применительно к возможности реализации репродуктивной функции) может выступить сравнительно недавно открытый пептид — кисспептин, в отношении которого данных об изменениях его концентраций в ходе транзитного периода в норме и при отрицательном энергетическом балансе данных в литературе нет.

Кисспептины (КП), представляющие собой семейство пептидов различной длины, и их рецептор (KISS1R) совместно с гонадотропин-рилизинг-гормоном (Гн-РГ), гонадотропинами (лютеинизирующий и фолликулостимулирующий гормоны) и половыми стероидами являются важными регуляторами репродуктивной функции различных видов животных [5, 6]. КП продуцируются главным образом в нейронах различных ядер гипоталамуса [7].

Начавшееся в 2003 году активное изучение пептидного семейства КП позволило доказать их ключевую роль в регуляции репродуктивной функции. Однако в отношении коров *Bos Taurus*, особенно молочного скота, сведений о КП и возможностях с их помощью целенаправленно управлять половым циклом недостаточно [8, 9]. В связи с этим представляется актуальным определение гормональных изменений в транзитный период у высокопродуктивных молочных коров.

*Цель данной работы* — изучение концентрации кисспептина, тестостерона и кортизола в крови коров в транзитный период при нарушениях энергообмена.

## Материалы и методы исследования /

### Materials and methods

Исследуемые молочные коровы голштинской породы, от которых получена сыворотка крови, содержались на базе племенного завода Ленинградской области.

Хранение биоматериала и лабораторные исследования проводились во Всероссийском научно-

исследовательском институте генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиале ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста» в 2023 году.

В генеральную совокупность животных вошли 20 голов со средним уровнем продуктивности около 11 тыс. кг молока. Кормление и содержание были идентичными для всех животных и соответствовали зооветеринарным требованиям.

У всех коров взятие крови из хвостовой вены осуществляли утром (перед кормлением) один раз в два дня на протяжении 32 дней (за 9 дней до отела и 21 день после отела). Полученную сыворотку крови замораживали и хранили при  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  для последующего определения концентрации кисспептина, тестостерона и кортизола. Для иммуноферментного анализа использовали наборы Cloud-Clone Corp. (КНП) (кисспептин) и «Алкор Био» (Россия) (кортизол и тестостерон).

Учитывая, что кисспептин — пептидный видоспецифичный гормон, для его количественного определения использовали набор для *Bos Taurus*.

Определение всех трех гормонов проводили на микропланшетном фотометре Infinite F50 Tecan (Австрия).

В дальнейшем генеральную совокупность животных разделили на две группы по концентрации глюкозы и бета-гидроксимасляной кислоты в цельной крови на 5-й день после отела.

В первую группу (контроль) вошли 15 голов с концентрацией в крови глюкозы выше 3 ммоль/л (3,1–3,6) и уровнем бета-гидроксимасляной кислоты ниже 1 ммоль/л (0,5–0,8). Во второй группе (опытная) у 5 голов концентрация глюкозы зафиксирована на уровне 3 ммоль/л (2,4–3,6), уровень бета-гидроксимасляной кислоты выше 1 ммоль/л (1,2–1,5), что соответствует состоянию отрицательного энергетического баланса (субклинический кетоз) [10].

На 15-й день после отела у всех животных обеих групп уровень глюкозы был выше 3 ммоль/л, уровень бета-гидроксимасляной кислоты ниже 1 ммоль/л. Определение концентрации бета-гидроксимасляной кислоты и глюкозы в крови осуществляли с помощью глюкометра TD-4235E (TaiDoc Technology, КНП).

После отела у животных обследовали органы репродуктивной системы (яичники и матку) с помощью ультразвукового исследования. Отсутствие гинекологических патологий являлось критерием для дальнейшего участия животных в эксперименте.

Обращение с подопытными животными соответствовало European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes<sup>1</sup>.

Полученные данные обрабатывали с помощью программы IBM SPSS Statistics V26 (США) с применением статистического критерия Манна — Уитни (Mann — Whitney U test). Корреляционный анализ проведен с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

В начале эксперимента обнаружены различия в содержании кисспептина между контрольной и опытной группами. В опытной группе уровень кисспептина был выше на 9-й, 7-й и 5-й день до отела в 2,4–3 раза ( $p < 0,01$ – $0,05$ ) (рис. 1), что, возможно, объясняется регуляторными свойствами кисспептина в отношении анорексигенных и орексигенных центров. В частности, идентифицированы рецепторы к лептину, обладающему

<sup>1</sup> European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L 222. 1999; 0031–0037.

анорексигенными свойствами, в дугообразном ядре, где расположены кисспептин-нейроны [11].

Получены подробные данные об участии кисспептина в некоторых метаболических путях, среди которых можно выделить глюкагоновый, инсулиновый, путь бета-2 и бета-3 адренорецепторов, рецепторов глюкагоноподобного пептида-1 и др. [12, 13].

Результаты этих исследований могут объяснить повышенную концентрацию кисспептина в предотельный период (табл. 1). Это также объясняет, что на 5-й день после отела уровень кисспептина был достоверно выше ( $p < 0,05$ ) во второй группе, где зафиксированы нарушения энергообмена.

Кортизол в предотельный период показал схожую динамику в обеих группах с разницей по уровню гормона (табл. 1).

За девять дней до отела концентрация кортизола имела тенденцию к повышению, причем в опытной группе за 7 дней до отела она достигла довольно высоких значений —  $36,53 \pm 18,19$  нг/мл. В дальнейшем происходило снижение, и за день до отела произошло повышение концентрации, что является нормой: усиление синтеза в печени глобулина, связывающего кортикостероид, за счет эстрогенного влияния плаценты по принципу обратной связи вызывает секрецию кортизола в надпочечниках материнского организма и плода [14]. Это определяет формирование «гестационного стресса» — сигнала к началу предродового изменения организма [15]. В этом отношении, не учитывая разницу в концентрациях, можно отметить нормальность динамики кортизола.

В случае с концентрацией тестостерона в контрольной группе изменения в предотельный период были малозаметны. В опытной группе происходило повышение уровня тестостерона с  $1,89 \pm 0,46$  нмоль/л за 9 дней до отела до  $6,30 \pm 1,06$  нмоль/л за 1 день до отела. При этом за 5, 3 и 1 день до отела зафиксированы межгрупповые достоверные различия ( $p < 0,05$ ).

У животных обеих групп стельность завершилась спонтанными физиологическими родами и рождением здоровых телят. Концентрация всех исследуемых гормонов после отела снизилась, однако в дальнейшем в отношении кортизола и тестостерона метаболическая картина изменилась. Существенных различий после отела в случае концентрации кисспептина не зафиксировано, кроме 5-го дня после отела ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

Концентрация кортизола в опытной группе держалась на достоверно высоком уровне на протяжении 7 дней после отела в сравнении с контролем ( $p < 0,05$ ) с максимальным значением  $20,29 \pm 3,38$  нг/мл на 3-й день после отела. Начиная с 9-го дня после отела концентрации кортизола в группах достоверно не различались, кроме 15-го дня после отела ( $p < 0,05$ ). Подобный гормональный профиль нетипичен для коров с субклиническим кетозом, при фиксации которого, по данным ряда авторов, уровень кортизола всегда низок. Можно предположить наступление патологических изменений в печени, для которых свойственно при снижении глюкозы повышение кортизола для мобилизации жирных кислот из жирового депо и аминокислот из мышечных белков для последующего глюконеогенеза [16, 17].

В случае с тестостероном наблюдалась более выраженная метаболическая картина. На протяжении практически всего периода после отела (вплоть до 21-го дня) между группами зафиксированы достоверные различия ( $p < 0,05$ ). При этом уровень тестостерона в опытной группе практически до 21-го дня после отела

Таблица 1. Концентрация кортизола и тестостерона в сыворотке крови высокопродуктивных коров в до- и после отельный период ( $X \pm Sx$ )

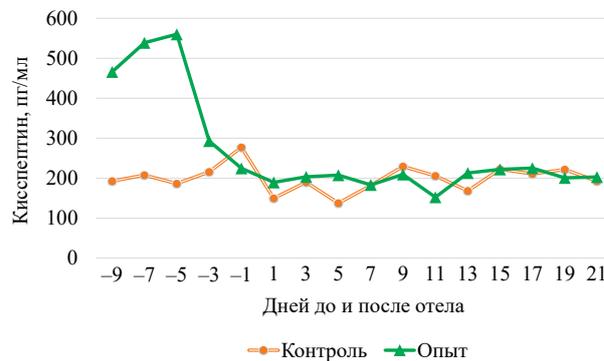
Table 1. Concentrations of cortisol and testosterone in the blood serum of highly productive cows in the pre- and post-calving period ( $X \pm Sx$ )

День до и после отела	Гормоны			
	Кортизол, нг/мл		Тестостерон, нмоль/л	
	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа
-9	15,52 ± 0,50	12,73 ± 1,31	1,32 ± 0,01	1,87 ± 0,46
-7	19,42 ± 7,56	6,32 ± 0,73	1,19 ± 0,13	2,31 ± 0,93
-5	5,96 ± 0,33 <sup>b</sup>	20,78 ± 4,40 <sup>b</sup>	1,37 ± 0,02 <sup>b</sup>	3,17 ± 0,42 <sup>b</sup>
-3	6,02 ± 1,61	11,35 ± 3,37	1,35 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,83 ± 0,04 <sup>b</sup>
-1	15,28 ± 3,34	19,55 ± 2,82	1,44 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,30 ± 1,06 <sup>b</sup>
1	5,75 ± 3,24 <sup>b</sup>	15,55 ± 0,99 <sup>b</sup>	1,17 ± 0,07 <sup>b</sup>	4,96 ± 1,97 <sup>b</sup>
3	5,94 ± 0,26 <sup>b</sup>	20,29 ± 3,38 <sup>b</sup>	1,28 ± 0,17	5,36 ± 2,21
5	6,74 ± 2,07 <sup>b</sup>	15,70 ± 1,82 <sup>b</sup>	1,15 ± 0,06 <sup>b</sup>	4,02 ± 1,30 <sup>b</sup>
7	6,67 ± 1,45 <sup>b</sup>	11,91 ± 1,26 <sup>b</sup>	1,06 ± 0,02 <sup>b</sup>	6,74 ± 3,07 <sup>b</sup>
9	8,24 ± 2,99	7,99 ± 0,05	1,09 ± 0,12 <sup>b</sup>	5,74 ± 2,42 <sup>b</sup>
11	4,30 ± 0,37	8,41 ± 2,39	1,21 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,48 ± 2,28 <sup>b</sup>
13	9,80 ± 4,03	5,69 ± 0,67	1,33 ± 0,01 <sup>b</sup>	5,46 ± 2,24 <sup>b</sup>
15	2,86 ± 0,19 <sup>b</sup>	8,86 ± 0,70 <sup>b</sup>	1,28 ± 0,03	2,95 ± 1,00
17	9,72 ± 4,16	2,38 ± 1,14	1,30 ± 0,01 <sup>b</sup>	3,54 ± 0,96 <sup>b</sup>
19	8,73 ± 2,57	10,00 ± 1,51	1,16 ± 0,01 <sup>b</sup>	7,07 ± 3,21 <sup>b</sup>

Примечание: а  $p < 0,01$ ; б  $p < 0,05$ .

**Рис. 1.** Концентрация кисспептина, пг/мл в до- и послеродовый период. За 9 дней до отела зафиксирована достоверная разность между группами  $p < 0,01$ ; за 7 и 5 дней до и через 5 дней после отела достоверная разность составила между группами  $p < 0,05$

**Fig. 1.** Kisspeptin concentration, pg/ml in the pre- and post-calving period 9 days before calving, a significant difference was recorded between the groups  $p < 0,01$ ; 7 and 5 days before and 5 days after calving, the significant difference between the groups was  $p < 0,05$



сохранял высокие значения —  $2,95-7,07$  нмоль/л. Объяснение этому можно найти в повышенной молочной продуктивности, которая может являться причиной в условиях субклинического кетозного состояния усиления синтеза стероидных гормонов при одновременном снижении активности дегидрогеназ и ароматаз яичников [18].

Схожая метаболическая картина наблюдалась в статье С.В. Васильевой и др. (2022 г.), в которой у животных с послеродовой патологией печени, связанной с нарушениями в энергообмене, возникали проблемы утилизации половых стероидов.

Авторы предположили, что это возможно при нарушении катаболизма стероидных гормонов посредством конъюгации с глюкуроновой кислотой, что приводит к накоплению стероидов с последующим негативным влиянием на репродуктивную функцию [18].

Для оценки сопряженности уровня кисспептина в крови коров с концентрациями кортизола и тестостерона рассчитали значения коэффициентов корреляции, анализ которых позволил выявить наличие отрицательной связи между содержанием кисспептина и тестостерона =  $-0,732$  ( $p < 0,01$ ).

## Выводы/Conclusions

Результаты исследования показывают, что при общих закономерностях изменения гормонального профиля крови у высокопродуктивных коров в транзитный период концентрации кисспептина, кортизола и тестостерона имеют различия в зависимости от наличия отрицательного энергетического баланса.

Уровень кисспептина был достоверно выше в предотельный период в опытной группе и на 5-й день после

отела ( $p < 0,05$ ). Уровень кортизола держался на высоком уровне до 7-го дня после отела ( $p < 0,05$ ). Концентрация тестостерона в крови на протяжении всего транзитного периода была достоверно высокой у животных с нарушениями в энергообмене.

Подобные различия могут быть объяснены адаптационными особенностями молочных коров при подготовке к отелу и послеотельными нарушениями в энергообмене в состоянии субклинического кетоза.

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

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

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда № 21-76-10042.

## FUNDING

The study was funded by scientific research of the Russian Science Foundation Project No. 21-76-10042.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Gellrich K., Sigl T., Meyer H.H.D., Wiedemann S. Cortisol levels in skimmed milk during the first 22 weeks of lactation and response to short-term metabolic stress and lameness in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2015; 6: 31. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0035-y>
- Лейбова В.Б., Ширяев Г.В. Биохимический профиль коров в ранний период лактации, его особенности у коров с разной степенью сократимости матки и удою. *Генетика и разведение животных*. 2018; 2: 87–93. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2018-2-87-93>
- Племьяшов К.В., Андреев Г.М., Дмитриева Т., Стахеева М. Проблема продуктивных возможностей и производственного долголетия коров в Ленинградской области. *Международный вестник ветеринарии*. 2008; 3: 6–8. <https://elibrary.ru/tktwoz>
- Васильева С.В., Карпенко Л.Ю. Динамика половых гормонов у коров в период глубокой стельности и после отела в связи с гипербилирубинемией. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2022; 3: 65–67. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.3.65>
- Ohkura S. et al. Physiological role of metastin/kisspeptin in regulating gonadotropin-releasing hormone (GnRH) secretion in female rats. *Peptides*. 2009; 30(1): 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2008.08.004>
- Hu K.-L., Zhao H., Chang H.-M., Yu Y., Qiao J. Kisspeptin/Kisspeptin Receptor System in the Ovary. *Frontiers in Endocrinology*. 2018; 8: 365. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00365>
- Prashar V., Arora T., Singh R., Sharma A., Parkash J. Hypothalamic Kisspeptin Neurons: Integral Elements of the GnRH System. *Reproductive Sciences*. 2023; 30(3): 802–822. <https://doi.org/10.1007/s43032-022-01027-5>
- Alves B.R.C. et al. Elevated Body Weight Gain During the Juvenile Period Alters Neuropeptide Y-Gonadotropin-Releasing Hormone Circuitry in Prepubertal Heifers. *Biology of Reproduction*. 2015; 92(2): 46. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.114.124636>
- Songphasuk T., Wannapong N., Thanantong N., Sajapitak S. Preliminary Study of Kisspeptin mRNA-expressing Neurons at POA and ARC in Hypothalamus of Beef Cattle. *Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine*. 2021; 16(1): 99–107.
- Ширяев Г.В., Станиславович Т.И., Политов В.П. Кетоз и его роль в нарушении репродуктивной функции *Bos Taurus*. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020; 15(4): 403–416. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-4-403-416>
- Morrison A.E., Fleming S., Levy M.J. A review of the pathophysiology of functional hypothalamic amenorrhoea in women subject to psychological stress, disordered eating, excessive exercise or a combination of these factors. *Clinical Endocrinology*. 2021; 95(2): 229–238. <https://doi.org/10.1111/cen.14399>
- Geronikolou S. et al. Kisspeptin and the Genetic Obesity Interactome. Vlamos P. (ed.). *GeNeDis 2020: Genetics and Neurodegenerative Diseases*. Cham: Springer. 2022; 111–117. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78787-5\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78787-5_15)
- Майорова И.В., Борисов Д.А., Балабанов А.Г. Патфизиологические и клинические аспекты кисспептина при нервной анорексии. *Авиценна*. 2022; 100: 22–26. <https://elibrary.ru/vxzcb1>
- Königsson K., Kask K., Gustafsson H., Kindahl H., Parvizi N. 15-Ketodihydro-PGF<sub>2α</sub>, Progesterone and Cortisol Profiles in Heifers after Induction of Parturition by Injection of Dexamethasone. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2001; 42: 151. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-42-151>
- След А.Н., Дерхо М.А. Оценка дыхательной функции крови и ее взаимосвязь с кортизолом у коров при беременности. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2020; 241(1): 193–198. <https://elibrary.ru/ltqxnq>

## REFERENCES

- Gellrich K., Sigl T., Meyer H.H.D., Wiedemann S. Cortisol levels in skimmed milk during the first 22 weeks of lactation and response to short-term metabolic stress and lameness in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2015; 6: 31. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0035-y>
- Leibova V.B., Shiryayev G.V. The metabolic status of cows with different level of uterine contractility and milk yield. *Genetics and breeding of animals*. 2018; 2: 87–93 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-2-87-93>
- Plemyashov K.V., Andreev G.M., Dmitrieva T., Stakheeva M. Problem of productive opportunities and industrial longevity of cows in Leningrad region. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2008; 3: 6–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/tktwoz>
- Vasilyeva S.V., Karpenko L.Yu. Dynamics of sex hormones in cows in the period of deep pregnancy and after calving in connection with hyperbilirubinemia. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2022; 3: 65–67 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.3.65>
- Ohkura S. et al. Physiological role of metastin/kisspeptin in regulating gonadotropin-releasing hormone (GnRH) secretion in female rats. *Peptides*. 2009; 30(1): 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2008.08.004>
- Hu K.-L., Zhao H., Chang H.-M., Yu Y., Qiao J. Kisspeptin/Kisspeptin Receptor System in the Ovary. *Frontiers in Endocrinology*. 2018; 8: 365. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00365>
- Prashar V., Arora T., Singh R., Sharma A., Parkash J. Hypothalamic Kisspeptin Neurons: Integral Elements of the GnRH System. *Reproductive Sciences*. 2023; 30(3): 802–822. <https://doi.org/10.1007/s43032-022-01027-5>
- Alves B.R.C. et al. Elevated Body Weight Gain During the Juvenile Period Alters Neuropeptide Y-Gonadotropin-Releasing Hormone Circuitry in Prepubertal Heifers. *Biology of Reproduction*. 2015; 92(2): 46. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.114.124636>
- Songphasuk T., Wannapong N., Thanantong N., Sajapitak S. Preliminary Study of Kisspeptin mRNA-expressing Neurons at POA and ARC in Hypothalamus of Beef Cattle. *Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine*. 2021; 16(1): 99–107.
- Shiryayev G.V., Stanislavovich T.I., Politov V.P. Ketosis and its role in *Bos Taurus* reproductive impairment. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(4): 403–416 (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-4-403-416>
- Morrison A.E., Fleming S., Levy M.J. A review of the pathophysiology of functional hypothalamic amenorrhoea in women subject to psychological stress, disordered eating, excessive exercise or a combination of these factors. *Clinical Endocrinology*. 2021; 95(2): 229–238. <https://doi.org/10.1111/cen.14399>
- Geronikolou S. et al. Kisspeptin and the Genetic Obesity Interactome. Vlamos P. (ed.). *GeNeDis 2020: Genetics and Neurodegenerative Diseases*. Cham: Springer. 2022; 111–117. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78787-5\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78787-5_15)
- Mayorova I.V., Borisov D.A., Balabanov A.G. Pathophysiological and clinical aspects of kisspeptin in anorexia nervosa. *Avitsenna*. 2022; 100: 22–26 (in Russian). <https://elibrary.ru/vxzcb1>
- Königsson K., Kask K., Gustafsson H., Kindahl H., Parvizi N. 15-Ketodihydro-PGF<sub>2α</sub>, Progesterone and Cortisol Profiles in Heifers after Induction of Parturition by Injection of Dexamethasone. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2001; 42: 151. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-42-151>
- Sled A.N., Dercho M.A. The assessment of the respiratory function of blood and its interaction with cortisol in pregnancy of cows. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020; 241(1): 193–198 (in Russian). <https://elibrary.ru/ltqxnq>

16. Симонов М.Р., Влизло В.В., Буцьяк В.И., Петрух И.М. Гормональный статус молочных коров до- и послеродового периодов. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2017; 53(2): 132–137. <https://elibrary.ru/zhuazr>

17. Васильева С.В., Карпенко Л.Ю. Изучение концентрации тироксина и кортизола у коров с жировым гепатозом в транзитный период. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2019; 3: 202–204. <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2019.3.202>

18. Синева А.М., Лукина В.А., Адодина М.И. Дегидроэпандростерон, тестостерон и 17β-эстрадиол в крови молочных коров при послеродовой гипопункции яичников. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2019; 4: 77–90. <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.4.77>

#### ОБ АВТОРАХ

**Геннадий Владимирович Ширяев<sup>1</sup>**

кандидат сельскохозяйственных наук  
GS-2027@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4698-3917>

**Татьяна Александровна Ларкина<sup>1</sup>**

кандидат биологических наук  
tanya.larkina2015@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>

**Георгий Сергеевич Никитин<sup>2</sup>**

кандидат ветеринарных наук  
nikitin.g.s007@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2080-2970>

**Анна Олеговна Пригужалова<sup>1</sup>**

младший научный сотрудник  
aklevakina14@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2865-9582>

**Наталья Александровна Ширяева<sup>1</sup>**

младший научный сотрудник  
odormidonova@mail.ru

**Оксана Юрьевна Перинек<sup>1</sup>**

кандидат биологических наук  
<https://orcid.org/0000-0002-8953-7511>

**Антон Алексеевич Курочкин<sup>1</sup>**

младший научный сотрудник  
kurochkin.anton.66@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-4430-4770>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства «ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Московское шоссе, 55А, Тярлево, Санкт-Петербург, 196625, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, ул. Черниговская, 5, Санкт-Петербург, 196084, Россия

16. Simonov M.R., Vlyzlo V.V., Butsyak V.I., Petruk I.M. Hormonal status of dairy cows before and after calving period. *Scientific notes of the educational institution «Vitebsk Order “Badge of Honor” State Academy of Veterinary Medicine»*. 2017; 53(2): 132–137 (in Russian). <https://elibrary.ru/zhuazr>

17. Vasilyeva S.V., Karpenko L.Yu. Study of the concentration of thyroxin and cortisol in cows with fat hepatosis in the transit period. *Issues of Regulatory regulation in Veterinary Medicine*. 2019; 3: 202–204 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2019.3.202>

18. Sineva A.M., Lukina V.A., Adodina M.I. Dehydroepiandrosterone, testosterone and 17β-estradiol in the blood of dairy cows with postpartum ovarian hypofunction. *Bulletin of Veterinary pharmacology*. 2019; 4: 77–90 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.4.77>

#### ABOUT THE AUTHORS

**Gennady Vladimirovich Shiryayev<sup>1</sup>**

Candidate of Agricultural Sciences  
GS-2027@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4698-3917>

**Tatyana Aleksandrovna Larkina<sup>1</sup>**

Candidate of Biological Sciences  
tanya.larkina2015@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>

**Georgiy Sergeevich Nikitin<sup>2</sup>**

Candidate of Veterinary Sciences  
nikitin.g.s007@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2080-2970>

**Anna Olegovna Prituzhalova<sup>1</sup>**

Junior Researcher Assistant  
aklevakina14@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2865-9582>

**Natalya Alexandrovna Shiryayeva<sup>1</sup>**

Junior Research Assistant  
odormidonova@mail.ru

**Oksana Yurievna Perinek<sup>1</sup>**

Candidate of Biological Sciences  
<https://orcid.org/0000-0002-8953-7511>

**Anton Alekseevich Kurochkin<sup>1</sup>**

Junior Research Assistant  
kurochkin.anton.66@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-4430-4770>

<sup>1</sup> *The All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals is a branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moskovskoe Shosse, Tyarlevo village, St. Petersburg, 196625, Russia*

<sup>2</sup> St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 5 Chernigovskaya Str., St. Petersburg, 196084, Russia

УДК: 636.087.8:636.39.034:619:636.2.034

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-61-66

Е.О. Крупин ✉

Ш.К. Шакиров

Р.И. Хашимов

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

✉ [evgeny.krupin@gmail.com](mailto:evgeny.krupin@gmail.com)

Поступила в редакцию:  
10.06.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-61-66

Evgeny O. Krupin ✉

Shamil Sh. Shakirov

Rustem I. Khashimov

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture — subdivision of the «Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Kazan, Russia

✉ [evgeny.krupin@gmail.com](mailto:evgeny.krupin@gmail.com)

Received by the editorial office:  
10.06.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

## Изменение качественных показателей молока коров в зависимости от скармливания кормовой добавки в различных дозах

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Качество молока зависит от сезона года, породы животных, состояния обмена веществ, особенностей технологии кормления и содержания, скармливаемых кормовых добавок. Дозы скармливания могут влиять на состав молока.

**Методы.** Определяли содержание в молоке массовых долей жира, белка, лактозы, его кислотность, а также содержание в молоке мочевины, ацетона, бета-оксимасляной кислоты.

**Результаты.** Введение в состав рационов кормления дойных коров экспериментальной кормовой добавки оказало влияние на изменение величин изучаемых в молоке показателей. Причем не все изученные показатели изменялись под влиянием скармливания данной добавки. Так, если соотнести полученные результаты с изменениями в контроле, то, по мнению авторов, корректно говорить о ее значимом влиянии на изменение величины массовой доли белка в молоке и значений кислотности молока: скармливание в составе рационов кормления кормовой добавки в дозе 1,0 кг и 1,5 кг приводит к достоверному увеличению массовой доли белка в молоке на 0,18% ( $p < 0,01$ ) и 0,15% ( $p < 0,01$ ) соответственно, а также к достоверному сдвигу активной кислотности молока в щелочную сторону на 1,56% ( $p < 0,001$ ) и 0,78% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

**Ключевые слова:** кормовая добавка, молоко, жир, белок, лактоза, мочевина, кетоновые тела, кислотность

**Для цитирования:** Крупин Е.О., Шакиров Ш.К., Хашимов Р.И. Изменение качественных показателей молока коров в зависимости от скармливания кормовой добавки в различных дозах. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 61–66.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-61-66>

© Крупин Е.О., Шакиров Ш.К., Хашимов Р.И.

## Changes in the quality indicators of cows' milk depending on feeding the feed additive in different doses

### ABSTRACT

**Relevance.** The quality of milk depends on the season, the breed of animals, the state of metabolism, the features of feeding technology and maintenance, and the feed additives fed. The doses of their feeding can affect the composition of milk.

**Methods.** The content of mass fractions of fat, protein, lactose, its acidity, as well as the content of urea, acetone, and beta-hydroxybutyric acid in milk were determined.

**Results.** The introduction of an experimental feed additive into the feeding rations of dairy cows had an impact on the change in the values of the indicators studied in milk. Moreover, not all the studied indicators changed under the influence of feeding this supplement. So, if we correlate the results obtained with changes in control, then, according to the authors, it is correct to talk about its significant effect on the change in the value of the mass fraction of protein in milk and the values of milk acidity: feeding in the diet of a feed additive at a dose of 1.0 kg and 1.5 kg leads to a significant increase in the mass fraction of protein in milk by 0.18% ( $p < 0.01$ ) and 0.15% ( $p < 0.01$ ), respectively, as well as a significant shift in the active acidity of milk to the alkaline side by 1.56% ( $p < 0.001$ ) and 0.78% ( $p < 0.05$ ), respectively.

**Key words:** feed additive, milk, fat, protein, lactose, urea, ketone bodies, acidity

**For citation:** Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Khashimov R.I. Changes in the quality indicators of cows' milk depending on feeding the feed additive in different doses. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 61–66 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-61-66>

© Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Khashimov R.I.

## Введение/Introduction

Организации полноценного рационального кормления животных необходимо уделять большое внимание [1]. Состав молока и качество молочных продуктов (сыр, масло, молочные консервы) во многом от него и зависят. Сбалансированность рациона по всем питательным веществам показывает прямое воздействие на бродильные процессы в рубце, что и определяет молочную продуктивность, физико-химические и технологические свойства молока [2].

При научно обоснованном ведении молочного скотоводства весьма актуально использование кормовых добавок, изготовленных из сырья, имеющегося в наличии в регионе их изготовления, — ресурсы перерабатывающих предприятий [3]. Разработка комплексных кормовых продуктов на основе регионального природного сырья и сырья перерабатывающих предприятий, позволяющих балансировать рационы коров по энергии и протеину, эссенциальным жирным кислотам и минеральным элементам, в целом является актуальной задачей [4].

Действие кормовых добавок может быть комплексным и характеризоваться повышением продуктивности коров, улучшением показателей качества и безопасности молока, показателей крови, увеличения сроков эксплуатации животных [5].

В настоящее время недостаточно полно изучены формы кормовых добавок, дающих максимально положительный эффект для улучшения «технологических свойств молока»<sup>1</sup> при всем их разнообразии [6]. Так, установлено положительное влияние белково-витаминно-минерального концентрата на свойства молочного сырья при сыродельном производстве. Улучшение технологических свойств молока при этом, вероятно, связано с оптимизацией протеиновой части рациона, увеличением массовой доли белка [7].

Сообщалось, что использование комплексного АЭПК «БиоГумМикс», состоящего из верхового торфа, зерна ржи, витаминов, макро- и микроэлементов, в рационах лактирующих коров повышает их молочную продуктивность, содержание белка и жира в молоке, способствует получению молока с большим содержанием минеральных веществ [8]. Кормовые добавки, помимо всего прочего, улучшают поедаемость кормов и через это положительно влияют на увеличение молочной продуктивности [9]. Восполнение кормовой добавкой Zeolfat (ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН и ФГБОУ ВО «Казанская ГАВМ», Россия), включающей активированный цеолит и высокоэнергетические отходы пищевых перерабатывающих предприятий, недостатка энергии и минералов в рационе сопровождается повышением массовой доли жира, массовой доли белка, при этом концентрация мочевины в молоке опытных коров была ниже, чем в контроле, а содержание кетоновых тел и ацетона, равно как и показатель кислотности, не выходило за пределы нормы [10].

Исследователями установлено, что скармливание дойным коровам активированного цеолита и пробиотиков оказало влияние на pH молока и уровень содержания в нем метаболитов — мочевины, ацетона и бета-оксимасляной кислоты. Они отмечали, что животные опытных групп характеризовались достоверно более низкими значениями содержания мочевины, ацетона, и бета-оксимасляной кислоты [11].

Скармливание лактирующим коровам разной продуктивности кормовой добавки на основе модифицированного цеолита, обогащенного комплексом защищенных аминокислот («ЦЕО БИОТЕХ», Россия) и экстрактом артишока в качестве гепатопротектора, позволяет повысить продуктивность в текущую лактацию, количество молочного жира и белка, а также среднее содержание массовой доли белка в молоке при сохранении качественных характеристик молока согласно требованиям действующей нормативной документации [12].

Азотсодержащая кормовая добавка «Оптиген II» (Alltech, США) в дозе 100 г увеличивает молочную продуктивность на 4,8%, улучшает физико-химические свойства молока, повышает уровень общего белка в крови животных на 24,0%, гемоглобина — на 14,0%, глюкозы — на 28,0% [13].

Применение в рационе дойных коров комплексных кормовых добавок «Фелуцен» и «Пропиленгликоль» позволяет получать качественное молоко с заданными ветеринарно-санитарными характеристиками [14].

Скармливание коровам добавки, обогащенной экстрактами джугуна и топинамбура, способствовало увеличению энергетической ценности молока за счет повышения жирности на 17,6%, содержания казеина на 5,5%, лактозы на 6,4%, кальция на 4,3%, фосфора на 9,2%, плотности молока на 0,7% [15].

Пребиотические кормовые добавки, скармливаемые коровам, способствуют не только увеличению удоев и повышению в молоке количества общего белка, казеина, но и позволяют использовать его для производства молочных продуктов, в частности творога, увеличивают его выход [16].

Кормовые добавки «Промевит» и «Био» влияют на содержание в молоке коров жира, позволяют увеличить массовую долю жира в молоке [17].

Введение в рацион кормовой добавки «Реликт А» оптимизирует биохимические процессы организма коров в ранний период после отела, снижает риск развития кетоза и гипокальциемии, обеспечивает усвоение питательных веществ рациона, что выражается в соответствующих физико-химических показателях молока [18]. Скармливание соли кормовой и дигидрокверцетина повышает массовую долю жира и белка в молоке [19].

Таким образом, существует большое количество кормовых добавок, они имеют различный компонентный состав, форму выпуска. Отдельные из них адаптированы к условиям местной кормовой базы, включают в свой состав компоненты местных месторождений, отходы пищевых и перерабатывающих предприятий, побочные продукты переработки скота и птицы и др.

С учетом изложенного выше целью работы являлось изучение изменения отдельных показателей качества молока в зависимости от особенностей кормления животных, обусловленных применением экспериментальной кормовой добавки, включающей компоненты растительного и животного происхождения, полученные на местных перерабатывающих предприятиях и вводимой в состав рационов кормления коров в различных дозах.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа выполнена в отделе физиологии, биохимии, генетики и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Научно-хозяйственный эксперимент

<sup>1</sup> Воторопина М.В. Технологические свойства молока коров черно-пестрой породы голландской и отечественной селекции / М.В. Воторопина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014; 97: 868–894. EDN SDCDXP

проводился с июня по август 2023 года на молочной ферме ООО «Игенче» Арского муниципального района Республики Татарстан.

В ходе исследования различий в условиях содержания животных в каждой конкретной группе не было, а обращение с экспериментальными животными осуществлялось в соответствии с ГОСТ 33215-2014<sup>2</sup>. Обращение с подопытными животными соответствовало European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes<sup>3</sup>. Группы сформировали, а опыт провели согласно приемам А.И. Овсянникова<sup>4</sup> (1976 г.).

Состав рационов и рецептура кормовой добавки для экспериментальных животных рассчитаны с помощью программы «Корм Оптима Эксперт» («КормоРесурс», Россия). Потребность животного в биологически активных и питательных веществах определена по А.П. Калашникову и др.<sup>5</sup> (2003 г.). В таблице 1 приведена схема опыта.

Основной рацион включал в себя грубые, сочные и концентрированные корма из злаковых и бобовых культур в соответствии с сырьевым конвейером хозяйства и соответствовал физиологическому состоянию и уровню продуктивности животных. Кормовая добавка представляла собой однородный измельченный сыпучий концентрат (допускается гранулирование), полученный методом инновационной многоступенчатой технологии смешивания в определенных соотношениях высокопротеиновых компонентов растительного происхождения и пасты из боенских отходов птицеводства, экструдирования и гранулирования с последующей фасовкой готового продукта.

Кормовую добавку изготовили совместно со специалистами ООО «Плост-Строй-Техно» (ООО «ПС-ТЕХНО») согласно ТУ 10.91.10-01-78695730-2022<sup>6</sup> на технологической линии, состоящей из следующих технологических элементов, собранных воедино: пастоприготовление (пастоприготовитель Г7-ПП-1, «Эртильский литейно-механический завод», Россия), дробление (дробилка ДКР-4, «Доза-Агро», Россия), смешивание компонентов (смеситель вертикальный ССК, «Доза-Агро», Россия), экструдирование (экструдер М-90 БИО, «Экспро М», Россия) и гранулирование готовой продукции (гранулятор ПГ-5Р, «НМКАгро», Россия).

Приучали животных к поеданию кормовой добавки постепенно, увеличивая дозу ее скармливания на 100–150 г/гол в сутки.

Пробы молока были отобраны в первый и заключительный день опытного периода и подготавливали к анализу согласно ГОСТ 26809.1<sup>7</sup>.

В молоке животных определяли массовые доли жира, белка, лактозы, а также кислотность (рН), содержание мочевины, бета-оксимасляной кислоты, ацетона на основе получения спектральных данных с применением анализатора молока CombiFossTM 7, включающего MilkoScanTM 7 RM и FossomaticTM 7/7 DC (FOSS, Дания) по инструкции и методике производителя<sup>8</sup>.

Таблица 1. Схема опыта

Table 1. Experimental scheme

Период	Группа (n = 12)			
	первая	вторая	третья	четвертая
Подготовительный период	Основной рацион (ОР)	ОР	ОР	ОР
Опытный период (63 дня)	ОР	ОР + кормовая добавка в дозе 0,5 кг/гол/сут	ОР + кормовая добавка в дозе 1,0 кг/гол/сут	ОР + кормовая добавка в дозе 1,5 кг/гол/сут

Результаты обработали биометрически<sup>9</sup>, а достоверность установили по критерию Стьюдента<sup>10</sup> на ПК с применением пакета офисных программ.

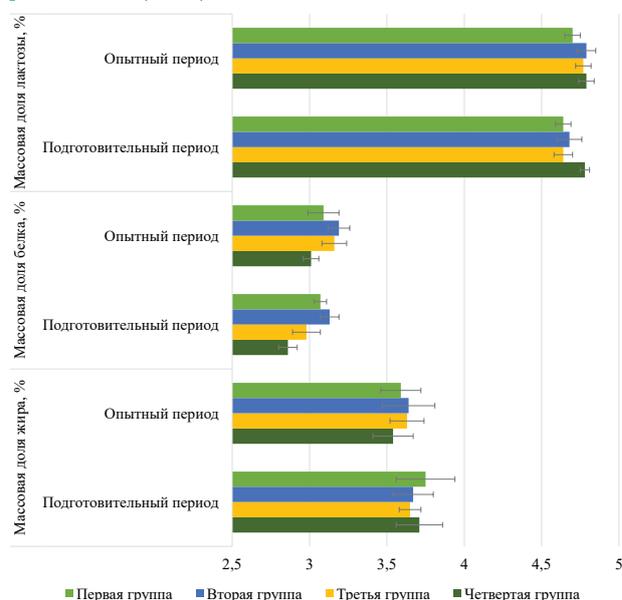
### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты оценки динамики массовой доли жира, белка и лактозы в молоке коров контрольной группы, а также животных, получающих в составе рациона кормовую добавку, представлены на рисунке 1. Так, стоит отметить, что у особей всех групп наблюдали тенденцию снижения содержания в молоке массовой доли жира на протяжении периода исследований. Наиболее яркой в абсолютном выражении она оказалась у коров четвертой и первой (контрольной) групп — 0,17% и 0,16% соответственно, тогда как у животных второй и третьей групп была выражена в меньшей степени и составила лишь 0,03% и 0,02% соответственно. Однако, несмотря на наблюдаемые изменения, их статистическая значимость не была подтверждена.

Отдельно стоит остановиться на динамике массовой доли белка в молоке коров. Так, если в контроле наблюдали тенденцию снижения величины данного показателя на 0,02%, хотя выявленные изменения не носили

Рис. 1. Динамика массовой доли жира, белка и лактозы в молоке коров (n = 10)

Fig. 1. Dynamics of the mass fraction of fat, protein and lactose in cow's milk (n = 10)



<sup>2</sup> ГОСТ 33215-2014 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур.

<sup>3</sup> European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L 222. 1999; 0031–0037.

<sup>4</sup> Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников. М.: Колос. 1976; 304.

<sup>5</sup> Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов и др. Москва. 2003; 456.

<sup>6</sup> ТУ 10.91.10-01-78695730-2022 Экструдированный корм «Эскорм» и «Пивная дробина» (утв. ООО «ПС-ТЕХНО» 01 декабря 2022 года, дата введения — 01 декабря 2022 года / ООО «ПС-ТЕХНО». Казань. 20 с. Текст непосредственный.

<sup>7</sup> ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб к анализу.

<sup>8</sup> FOSS: официальный сайт. <https://foss.su/> (дата обращения: 06.06.2024).

<sup>9</sup> Плохинский А.Н. Биометрия. 2-е изд. / А.Н. Плохинский М.: МГУ. 1970; 367.

<sup>10</sup> Усович А.Т. Применение математической статистики при обработке экспериментальных данных в ветеринарии / А.Т. Усович, П.Т. Лебедев. Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, Омское отделение. 1970; 39.

достоверного характера, то совсем по-другому видится динамика описываемого показателя у животных опытных групп. Так, у особей второй группы наблюдали тенденцию увеличения содержания массовой доли белка в молоке, хотя она и не была статистически значимой, а вот у животных третьей и четвертой групп увеличение содержания белка в молоке было достоверным и составило в абсолютном выражении 0,18% ( $p < 0,01$ ) и 0,15% ( $p < 0,01$ ) соответственно.

Оценивая динамику массовой доли лактозы в молоке коров, отметим, что у животных первых трех групп наблюдали тенденцию снижения величины данного показателя, которая составила в контроле 0,06%, а у особей второй и третьей групп 0,11% и 0,13% соответственно. Напротив, у коров четвертой группы содержание лактозы в молоке имело тенденцию к увеличению на 0,01%. Однако изменения данного показателя не были сколь бы то ни было статистически значимыми.

Динамика кислотности молока и уровня метаболитов (мочевины, бета-оксимасляной кислоты и ацетона) в молоке приведена на рисунке 2.

Анализируя кислотность молока, отметим, что за период исследований каких-либо изменений данного показателя в молоке животных контрольной группы не установлено. У коров второй группы отмечена тенденция смещения значений в сторону более щелочных значений, составившая 0,31%, однако, наблюдаемые изменения не носили достоверного характера. Напротив, если у особей третьей и четвертой групп кислотность молока сдвигалась в сторону более щелочных значений на 1,56% ( $p < 0,001$ ) и 0,78% ( $p < 0,05$ ) соответственно, то особенно стоит подчеркнуть достоверность полученных изменений.

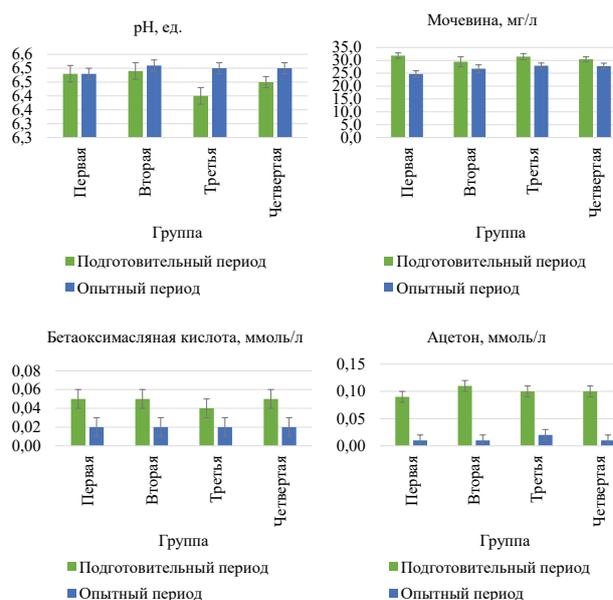
Динамика уровня мочевины в молоке была достаточно неоднозначной. Так, если у животных второй группы тенденция снижения уровня мочевины составила 9,10%, то у коров четвертой группы достоверное снижение данного показателя составило 8,49% ( $p < 0,05$ ). Чуть более выраженным было снижение уровня мочевины у животных третьей группы — 11,26% ( $p < 0,01$ ), а максимальным — в контроле: 22,31% ( $p < 0,001$ ).

У коров всех без исключения групп наблюдали достоверное снижение в молоке доли бета-оксимасляной кислоты. Так, если в первой, второй и четвертой группах достоверное снижение данного показателя составило 60,00% ( $p < 0,01$ ), то у особей третьей группы было менее выраженным — 50,00% ( $p < 0,01$ ).

Схожая картина была в отношении динамики ацетона. У животных всех групп его содержание в молоке

**Рис. 2.** Динамика активной кислотности и уровня метаболитов в молоке коров ( $n = 10$ )

**Fig. 2.** Dynamics of active acidity and metabolite levels in cow's milk ( $n = 10$ )



снижалось. Так, если минимальное снижение данного показателя наблюдали у коров третьей группы, составившее 80,00% ( $p < 0,001$ ), то в контроле оно было более выраженным и составило 88,89% ( $p < 0,001$ ), а во второй и четвертой группах — 90,00–90,91% при ( $p < 0,001$ ).

### Выводы/Conclusions

Введение в состав рационов кормления дойных коров экспериментальной кормовой добавки оказало влияние на изменение величин изучаемых в молоке показателей. Причем не все изученные показатели изменялись под влиянием скармливания данной добавки. Так, если соотнести полученные результаты с изменениями в контроле, то, по мнению авторов, корректно говорить о ее значимом влиянии на изменение величины массовой доли белка в молоке и значений кислотности молока: скармливание в составе рационов кормления кормовой добавки в дозе 1,0 кг и 1,5 кг приводит к достоверному увеличению массовой доли белка в молоке на 0,18% ( $p < 0,01$ ) и 0,15% ( $p < 0,01$ ) соответственно, а также к достоверному сдвигу кислотности молока в щелочную сторону на 1,56% ( $p < 0,001$ ) и 0,78% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

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

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка сберегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды» (регистрационный № 122011800138-7).

### FUNDING

The work was carried out as part of the state assignment "Ecological and Genetic approaches to the creation and preservation of plant resources and animals, expand their adaptive potential and biodiversity, the development of saving agricultural technologies in order to increase the stability of the production of high-quality products, and achieve safety for human health and the environment" (registration No. 122011800138-7).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Химичева С.Н., Мошкина С.В., Червонова И.В., Смагина Т.В. Эффективность включения кормовой добавки «Промелакт» в рацион черно-пестрых коров. *Вестник аграрной науки*. 2022; 5: 59–64. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.5.59>

### REFERENCES

1. Khimicheva S.N., Moshkina S.V., Chervonova I.V., Smagina T.V. Efficiency of feed additive "Promelact" introduction into the diet of Black-and-White cows. *Bulletin of agrarian science*. 2022; 5: 59–64 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.5.59>

2. Эфендиев Б.Ш., Улибашев М.Б., Эфендиева З.А. Влияние нормированного кормления молочного скота на технологические свойства молока и экономическую эффективность его переработки. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017; 9: 129–136. <https://elibrary.ru/zgbvoh>
3. Струк В.Н., Варакин А.Т., Степурина М.А. Продуктивность лактирующих коров и качество молока при использовании в рационе новой кормовой добавки. *Орошаемое земледелие*. 2020; 1: 13–16. <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2020-1-2>
4. Кислякова Е.М., Стрелков И.В. Повышение реализации продуктивного потенциала коров за счет использования в рационах природных кормовых добавок. *Пермский аграрный вестник*. 2018; 2: 135–140. <https://elibrary.ru/xrhinf>
5. Заболотных М.В., Иль Е.Н., Иль Д.Е. Влияние кормовой добавки «Фелуцен» на метаболизм и ветеринарно-санитарную оценку молока высокопродуктивных коров. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2020; 1: 102–110. <https://elibrary.ru/cjfqor>
6. Булгаков А.М., Булгакова Д.А., Понамарев Н.М., Жуков В.М., Новиков Н.А., Мотовилов К.Я. Влияние использования кормовых добавок коровам в период раздоя на питательную ценность молока. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2021; 11: 56–61. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2021-205-11-56-61>
7. Ахметзянова Ф.К., Кашаева А.Р. Технологические свойства молока при введении белково-витамино-минерального концентрата в рационы лактирующих коров. *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2019; 5(1): 11–17. <https://doi.org/10.30914/24111-9687-2019-5-1-11-16>
8. Закиров Т.М., Николаев Н.В., Юсупова Г.Р., Шакиров Ш.К., Волков А.Х., Кириллов Е.Г. Ветеринарно-санитарная оценка и химический состав молока при включении в рацион дойных коров кормовой добавки «Био умМикс». *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2020; 242(2): 67–72. <https://elibrary.ru/svekdu>
9. Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Справцева Т.И. Молочная продуктивность коров и качество молока при использовании в составе рационах кормовой добавки «Валопрор». *Вестник Брянской ГСХА*. 2019; 1: 51–56. <https://elibrary.ru/yvqjud>
10. Кашаева А.Р., Ахметзянова Ф.К., Шакиров Ш.К., Хайруллин Д.Д. Качественный состав молока коров при введении энергетической кормовой добавки ZeolFat. *Ветеринария и кормление*. 2021; 4: 29–31. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-4-8>
11. Крупин Е.О., Зиннатов Ф.Ф., Бикчантаев И.Т. Изменение концентрации метаболитов в молоке лактирующих коров при скармливании минерально-пробиотических кормовых добавок. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2023; 256(4): 125–129. <https://elibrary.ru/pcmtmb>
12. Лешчук К.А., Масалов В.Н., Катыльникова М.А. Влияние скармливания кормовой добавки с защищенными аминокислотами и гепатопротектором на продуктивность коров и качество молока. *Вестник аграрной науки*. 2023; 3: 27–35. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.27>
13. Фролов А.И., Бетин А.Н., Ли В.Д.Х. Универсальная кормовая добавка для повышения продуктивности коров и качества молока. *Молочная промышленность*. 2021; 3: 63–64. <https://elibrary.ru/jlahbx>
14. Кохан А.С., Крыгин В.А. Влияние кормовых добавок «Фелуцен» и «Пропиленгликоль» на ветеринарно-санитарные характеристики коровьего молока. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; 3: 254–256. <https://elibrary.ru/gsjxqj>
15. Есжанова Г.Т., Байкадамова Г.А., Мутушев А.Ж., Исалиева А.К. Влияние кормовой добавки, обогащенной экстрактами растений, на показатели обмена веществ в крови и качество молока у коров. *Наука и образование*. 2023; 1–1: 149–158. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-1-1-149-158>
16. Обрушников Л.Ф., Сложенкина М.И., Горлов И.Ф., Николаев Д.В., Суркова С.А., Брехова С.А. Экстерьерные особенности, молочная продуктивность и качество молока коров красной степной породы при использовании в рационах новых пребиотических кормовых добавок. *Животноводство и кормопроизводство*. 2023; 106(2): 63–74. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-63>
17. Быкова О.А., Маркелова Е.К., Косилов В.И. Содержание жира в молоке коров при использовании в рационе кормовых добавок на основе сапропеля. *Вестник биотехнологии*. 2020; 1: 6. <https://elibrary.ru/wsvrfz>
18. Леонова М.А., Леонов С.В., Скобликов И.С., Потелуев О.М. Влияние кормовой добавки «Реликт А®» на показатели крови и молока новорожденных коров. *Ветеринария и кормление*. 2022; 5: 35–38. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-10>
19. Хардина Е.В., Краснова О.А., Храмов С.А. Влияние природной кормовой добавки на санитарно-гигиеническое состояние молока коров-первотелок и их молочную продуктивность. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2019; 56(4): 76–80. <https://elibrary.ru/yppxfw>
2. Efendiev B.Sh., Ulmbashev M.B., Efendieva Z.A. The effect of rationed feeding of dairy cattle on processable properties of milk and economic efficiency of its processing. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2017; 9: 129–136 (in Russian). <https://elibrary.ru/zgbvoh>
3. Struk V.N., Varakin A.T., Stepurina M.A. Productivity of lactating cows and milk quality when used in a diet new feed additive. *Irrigated agriculture*. 2020; 1: 13–16 (in Russian). <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2020-1-2>
4. Kislyakova E.M., Strelkov I.V. Increase in potential productive capacity of cows due to natural fodder supplements. *Perm Agrarian journal*. 2018; 2: 135–140 (in Russian). <https://elibrary.ru/xrhinf>
5. Zabolotnykh M.V., Il E.N., Il D.E. Influence of the feed additive "Felucene" on metabolism and veterinary-sanitary assessment of milk of high-productive cows. *Vestnik of Omsk SAU*. 2020; 1: 102–110 (in Russian). <https://elibrary.ru/cjfqor>
6. Bulgakov A.M., Bulgakova D.A., Ponomarev N.M., Zhukov V.M., Novikov N.A., Motovilov K.Ya. Influence of feed supplements to cow diets during first 100 days of lactation on milk nutritional value. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2021; 11: 56–61 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2021-205-11-56-61>
7. Akhmetzyanova F.K., Kashaeva A.R. Technological properties of milk with the introduction of protein-vitamin-mineral concentrate to the diets of lactating cows. *Vestnik of Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences*. 2019; 5(1): 11–17 (in Russian). <https://doi.org/10.30914/24111-9687-2019-5-1-11-16>
8. Zakirov T.M., Nikolayev N.V., Yusupova G.R., Shakirov S.K., Volkov A.H., Kirillov E.G. Veterinary and sanitary assessment and chemical composition of milk when milking cows include "BioHumMix" feed supplement. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020; 242(2): 67–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/svekdu>
9. Podolnikov V.E., Gamko L.N., Spravtseva T.I. The effect of fodder additive "Valopro" in the diet of cows on their milk yield and quality. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2019; 1: 51–56 (in Russian). <https://elibrary.ru/yvqjud>
10. Kashaeva A.R., Akhmetzyanova F.K., Shakirov Sh.K., Khairullin D.D. The qualitative composition of cow's milk when introducing an energy feed additive "ZeolFat". *Veterinaria i kormlenie*. 2021; 4: 29–31 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-4-8>
11. Krupin E.O., Zinnatov F.F., Bikchantaev I.T. Changes in the concentration of metabolites in the milk of lactating cows when feeding mineral and probiotic feed additives. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2023; 256(4): 125–129 (in Russian). <https://elibrary.ru/pcmtmb>
12. Leshchukov K.A., Masalov V.N., Katalnikova M.A. The effect of feeding a feed additive with protected amino acids and a hepatoprotector on cow productivity and milk quality. *Bulletin of agrarian science*. 2023; 3: 27–35 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.27>
13. Frolov A.I., Betin A.N., Li V.D.H. Universal feed additive for improving cow productivity and milk quality. *Dairy industry*. 2021; 3: 63–64 (in Russian). <https://elibrary.ru/jlahbx>
14. Kokhan A.S., Krygin V.A. Effect of "Felucen" and "Propylenglycol" feed supplements on veterinary-sanitary characteristics of cow milk. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; 3: 254–256 (in Russian). <https://elibrary.ru/gsjxqj>
15. Yeszhanova G.T., Baykadamova G.A., Mutushev A.Zh., Isaliev A.K. The effect of a feed additive enriched with plant extracts on blood metabolism and milk quality in cows. *Science and education*. 2023; 1–1: 149–158 (in Russian). <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-1-1-149-158>
16. Obrushnikova L.F., Slozhenkina M.I., Gorlov I.F., Nikolaev D.V., Surkova S.A., Brekhova S.A. Exterior peculiarities, milk productivity and quality of the Red steppe cows after feeding with new prebiotic feed additives. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023; 106(2): 63–74 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-63>
17. Bykova O.A., Markelova E.K., Kosilov V.I. Fat content in cows' milk when using sapropel-based feed additives in the diet. *Bulletin of biotechnology*. 2020; 1: 6 (in Russian). <https://elibrary.ru/wsvrfz>
18. Leonova M.A., Leonov S.V., Skoblikov I.S., Poteluev O.M. The effect of the feed additive "Relikt A®" on the blood and milk parameters of newborn cows. *Veterinaria i kormlenie*. 2022; 5: 35–38 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-5-10>
19. Khardina E.V., Krasnova O.A., Khramov S.A. Effect of natural feed additive on hygiene and sanitary condition of heifers milk and their milk production. *Proceedings of Gorskoy State Agrarian University*. 2019; 56(4): 76–80 (in Russian). <https://elibrary.ru/yppxfw>

**ОБ АВТОРАХ**

**Евгений Олегович Крупин**

ведущий научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных, доктор ветеринарных наук  
evgeny.krupin@gmail.com  
https://orcid.org/0000-0002-8086-1788

**Шамиль Касымович Шакиров**

главный научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
intechkorm@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-3362-0463

**Рустем Ильдарович Хашимов**

младший научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных, аспирант  
xri79@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-8466-4714

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение «Федеральный исследовательский центр “Казанский научный центр Российской академии наук”», ул. Оренбургский тракт, 48, Казань, 420059, Россия

**ABOUT THE AUTHORS**

**Evgeny Olegovich Krupin**

Leading Researcher of the Department of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition, Doctor of Veterinary Sciences  
evgeny.krupin@gmail.com  
https://orcid.org/0000-0002-8086-1788

**Shamil Kasimovich Shakirov**

Chief Researcher of the Department of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition, Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
intechkorm@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-3362-0463

**Rustem Ildarovich Khashimov**

Junior Researcher at the Department of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition, Graduate Student  
xri79@mail.ru  
https://orcid.org/0000-0002-8466-4714

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a Separate Structural Subdivision of the Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 48 Orenburg tract, Kazan, 420059, Russia



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
ЧЕЛЯБИНСКОЙ  
ОБЛАСТИ



МИНИСТЕРСТВО  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ



# АГРО

XXX ЮБИЛЕЙНАЯ ОБЛАСТНАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА - ЯРМАКА | 2024

21-23 АВГУСТА | ЧЕЛЯБИНСК | Ледовая арена «Трактор»



**150 УЧАСТНИКОВ**  
ИЗ РАЗНЫХ РЕГИОНОВ РФ



**19 ТЫСЯЧ**  
ПОСЕТИТЕЛЕЙ



**14 КВ.М.** ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ПЛОЩАДИ

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Предприятия АПК
- Племенные животные
- Сельскохозяйственная техника
- Коллективная экспозиция муниципальных районов
- Ярмарка фермерской продукции

+7 (351) 755 55 10

AGROURAL74.RU



Реклама

12+

УДК 636.2.084.412

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-67-73

А.В. Головин

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольск, Московская обл., Россия

✉ alexgol2010@mail.ru

Поступила в редакцию:  
19.03.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-67-73

Alexander V. Golovin

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

✉ alexgol2010@mail.ru

Received by the editorial office:  
19.03.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

## Нормирование рационов молочных коров по нераспадаемому протеину белковыми добавками растительного происхождения

### РЕЗЮМЕ

**Методы.** Для изучения эффективности использования белковых добавок растительного происхождения с целью нормирования содержания нераспадаемого протеина в рационах в условиях ООО «Лестехстрой» (г. Москва) провели научно-хозяйственный опыт на 3 группах коров голштинской породы с удоем 8000 кг молока.

**Результаты.** Установили, что увеличение содержания нераспадаемого протеина до 40% в I и II опытных группах против 35% в контроле за счет скармливания глютена кукурузного (0,85 кг) и соевого белкового концентрата (1,0 кг), соответственно, вместо жмыха подсолнечного (1,2 кг) при равной концентрации сырого протеина (17,2%) в сухом веществе в период с 21-го по 100-й день лактации способствовало увеличению удоя молока 4% жирности за 100 дней лактации на 6,3% и 8,5% ( $p \leq 0,05$ ). В молоке коров опытных групп отмечалось снижение содержания мочевины на 4,5% и 7,0% ( $p \leq 0,05$ ) и затрат кормов (ОЭ) на его производство на 5,3–6,7%. В физиологических исследованиях отмечались повышение переваримости сырого протеина на 2,0% и 3,2% абс. ( $p \leq 0,05$ ) в группах коров, получавших защищенные белковые добавки, а также тенденция более интенсивного переваривания сырого жира на 1,2% и 2,2% абс. ( $p \leq 0,1$ ). Экономические расчеты показали, что использование изученных белковых добавок в рационах животных I и II опытных групп позволило снизить себестоимость 1 ц молока базисной жирности на 41,8 руб. и 56,0 руб. при получении дополнительной прибыли в размере 2845,1 руб. и 3861,3 руб. по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** кормление коров, глютен кукурузный, соевый белковый концентрат, переваримость питательных веществ, молочная продуктивность, экономическая эффективность

**Для цитирования:** Головин А.В. Нормирование рационов молочных коров по нераспадаемому протеину белковыми добавками растительного происхождения. *Аграрная наука.* 2024; 385(8): 67–73.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-67-73>

© Головин А.В.

## Rationing of diets of dairy cows for non-degradable protein with protein supplements of plant origin

### ABSTRACT

**Methods.** This scientific and economic experiment was conducted under the conditions of the Moscow Region on 3 groups of Holstein breed cows showing milk yield of 8000 kg to study the efficiency of rationing of the content of non-degradable protein in feed rations for highly productive cows upon the use of various sources of protected plant-based protein.

**Results.** It was found that the increase in content of non-degradable protein from 35% in the control group to 40% in experimental groups I and II for the period from day 21 until day 100 of lactation by feeding corn gluten (0.85 kg) and extruded soy protein concentrate (1.0 kg) accordingly instead of sunflower meal (1.2 kg) in the control group, with the similar concentration of raw protein of 17.2% in dry matter of the feed, contributed to the increase in milk yield with 4% fat content over 100 days of lactation by 6.3% and 8.5% ( $p \leq 0.05$ ) and the increase in feed costs (ME) by 5.3–6.7%. In physiological studies, an increase in the digestibility of crude protein by 2.0% and 3.2% abs ( $p \leq 0.05$ ), in groups of cows receiving protected protein supplements, as well as a tendency for more intensive digestion of crude fat by 1.2% and 2.2% abs. ( $p \leq 0.1$ ). Economic calculations showed that the use of the studied protein supplements in the diets of animals of experimental groups I and II made it possible to reduce the cost of 1 c of milk with basic fat content by 41.8 and 56.0 rubles, while receiving additional profit in the amount of 2845.1 and 3861.3 rubles compared to control.

**Key words:** feeding of cows, corn gluten, soy protein concentrate, nutrient digestibility, milk production, economic efficiency

**For citation:** Golovin A.V. Rationing of diets of dairy cows for non-degradable protein with protein supplements of plant origin. *Agrarian science.* 2024; 385(8): 67–73 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-67-73>

© A.V. Golovin

## Введение/Introduction

Продуктивность молочных коров более чем на 30% зависит от уровня и качества протеина, основными источниками которого являются белковые корма и кормовые добавки, входящие в состав рациона [1–4]. Однако от отела до пика лактации наблюдается дефицит протеина в их рационе, так как в начале лактации животное не в состоянии потребить необходимое количество сухого вещества корма [5–7]. Поэтому для синтеза молока могут использоваться белки мышечных тканей, что приводит к снижению живой массы коров, ухудшению продуктивных качеств животных и угнетению репродуктивной функции [8–11].

В то же время протеин кормов является самым дорогостоящим компонентом рациона животных, так как затраты на него могут составлять от 30 до 50% стоимости рациона. Эффективность использования протеина у высокопродуктивных животных варьирует в широких пределах и зависит от ряда факторов [8–14].

При нормировании рационов высокопродуктивных коров по сырому протеину, содержание которого может колебаться в диапазоне от 16,0 до 18,0% и более в зависимости от уровня продуктивности, повышенное внимание должно уделяться его качеству [15]. Так, балансирование рационов коров только по количеству сырого и переваримого протеина (без учета степени распадаемости в преджелудках) приводит к высокому расходу протеиновых кормов, нарушению метаболизма, снижению продуктивности и рентабельности производства продукции животноводства, при этом нераспадаемая фракция протеина оказывает существенное влияние на удовлетворение потребностей молочного скота в обменном протеине [16, 17].

Важная роль в обеспечении полноценного кормления высокопродуктивных животных, особенно в период раздоя и пика лактации, принадлежит аминокислотному питанию. Поэтому рационы коров нормируют по содержанию незаменимых аминокислот, в первую очередь по уровню метионина и лизина [18, 19].

Наряду с этим лимитирующие уровень молочной продуктивности аминокислоты метионин и лизин должны содержаться в рационе коров в определенном соотношении. Так, по рекомендациям отечественных и зарубежных исследователей соотношение между лизином и метионином в составе как сырого, так и обменного протеина в рационах коров должно находиться в оптимальных соотношениях [20, 21].

Вместе с тем в кормлении высокопродуктивного молочного скота особое место отводится белковым кормовым добавкам растительного происхождения, которые широко используются в составе комбикормов и кормовых смесей для балансирования рационов по протеину и незаменимым аминокислотам, однако эффективность использования протеина из различных кормовых средств может варьировать в широких пределах и зависит от ряда факторов [22, 23].

*Цель исследований* — изучение эффективности нормирования рационов высокопродуктивных молочных коров по нераспадаемому протеину белковыми добавками растительного происхождения.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для реализации поставленной цели в зимне-стойловый период 2022/23 г. в ООО «Лестехстрой» (Воронское поселение, г. Москва, Россия) на ферме «Юдановка» провели научно-хозяйственный опыт на коровах голштинской породы с удоем 8000 кг молока за 305 дней предыдущей лактации.

Для проведения опыта отобрали 30 новотельных коров, которых по принципу аналогов распределили в три группы — по 10 голов в каждой. Продолжительность учетного периода составила 100 первых дней лактации, содержание коров — стойлово-привязное, выгул — один раз в день на моцион.

Животные подопытных групп получали хозяйственный рацион, состоящий из кормовой смеси, предварительно смешанной в миксере, включающей объемистые и концентрированные корма, которая раздавалась дважды в день. На фоне кормовой смеси коровы получали по 2,5 кг кормовой патоки и белковые добавки растительного происхождения с различным содержанием сырого протеина (СП) и степени его распадаемости.

В ходе исследования различий в условиях содержания животных в каждой конкретной группе не было, а обращение с экспериментальными животными осуществлялось в соответствии с ГОСТ 33215<sup>1</sup>. Обращение с подопытными животными соответствовало European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes<sup>2</sup>. Так, коровы контрольной группы к основному рациону получали жмых подсолнечный в количестве 1,2 кг, что позволило нормировать содержание СП в сухом веществе (СВ) рациона на уровне 17,2% и нераспадаемого протеина (НРП) в СП — 35,0%.

Животным I и II опытных групп для балансирования рационов по протеину и его качеству скармливали растительные белковые добавки с высоким содержанием сырого и защищенного протеина. Так, коровы I опытной группы получали по 0,85 кг глютен кукурузного (ОАО «Чаплыгинский крахмальный завод», Россия) с содержанием СП 60% и долей НРП 80%, а коровы II опытной группы — по 1,0 кг экструдированного соевого белкового концентрата (ЗАО «Партнер-М», Россия) с содержанием СП 50% и НРП 80%, что позволило увеличить содержание НРП в СП их рационов до 40,0%, в соответствии с рекомендациями по детализированному кормлению молочного скота<sup>3</sup>.

Питательность и химический состав защищенных белковых добавок в соответствии с протоколами испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. Питательная ценность белковых добавок, г/кг  
Table 1. Nutritional value of protein supplements, g/kg

Показатель	Глютен кукурузный	Соевый белковый концентрат
Обменная энергия, МДж	12,5	12,9
Сухое вещество	909,4	889,3
Сырая клетчатка	29,1	30,5
Сырой жир	14,2	3,0
Крахмал	112,5	33,1
Сахар	6,4	153,5
Сырой протеин	598,0	497,0
Распадаемый протеин	119,6	97,9
Нераспадаемый протеин	478,4	399,1
Лизин	9,9	29,9
Метионин	6,9	5,4

<sup>1</sup> ГОСТ 33215-2014 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур.

<sup>2</sup> European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L 222. 1999; 0031–0037.

<sup>3</sup> Рекомендации по детализированному кормлению молочного скота [текст]: справочное пособие / ВИЖ им. Л.К. Эрнста: А.В. Головин, А.С. Аникин, Н.Г. Первов, Р.В. Некрасов, Н.И. Стрекозов, В.М. Дуборезов, М.Г. Чабав, Ю.П. Фомичев, И.В. Гусев. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 2016; 242 : табл.

В ходе учетного периода опыта проводился ежедневный групповой учет задаваемых кормов и их остатков. Учет молочной продуктивности проводился по результатам индивидуальных контрольных доек (утро, обед и вечер) коров подопытных групп доильными аппаратами со счетчиками в молокопровод дважды в месяц со взятием проб молока (по 60 мл) перед началом, ежемесячно и в конце опыта для определения содержания жира, белка и мочевины на инфракрасном анализаторе Fossomatic™ 7 DC (Foss Analytical A/S, Дания).

В последующие периоды лактации (до 305 дней) учет молочной продуктивности осуществлялся по результатам ежемесячных контрольных доек коров с определением содержания жира и белка в молоке.

Расчет рационов кормления коров проводился посредством программного комплекса «Корм-Оптим-Эксперт» (Версия 2016, ООО «Корморесурс», Россия) в соответствии с химическим составом основных показателей кормов, который проводили по общепринятым методам зоохимического анализа: сухое вещество — по ГОСТ Р 52838<sup>4</sup>; сырой протеин — по ГОСТ Р 51417<sup>5</sup>; сырая клетчатка — по ГОСТ Р 52839<sup>6</sup>; сырой жир — по ГОСТ 32905<sup>7</sup>; легкопереваримые углеводы (сахар, крахмал) — по ГОСТ 26176<sup>8</sup>; сырая зола — по ГОСТ 26226<sup>9</sup>; кальций — по ГОСТ 26570<sup>10</sup>; фосфор — по ГОСТ 26657<sup>11</sup>.

Содержание обменной энергии и переваримого протеина в рационах рассчитывалось по фактической переваримости питательных веществ, определенной в эксперименте по переваримости, остальные показатели определялись расчетным способом по табличным данным химического состава кормов<sup>12</sup> и содержанию биологически активных веществ в премиксе ПКК 60-3.

На третьем месяце эксперимента провели исследования по изучению переваримости питательных веществ кормов рациона с использованием метода инертных индикаторов с применением окиси хрома<sup>13</sup>.

По окончании научно-хозяйственного опыта провели расчет экономической эффективности производства молока в соответствии с Методами экономических исследований в агропромышленном производстве<sup>14</sup>.

Полученные в ходе исследований результаты были статистически обработаны с использованием t-критерия Стьюдента, достоверными считали различия при  $p \leq 0,05$  и  $p \leq 0,01$ , при  $p \leq 0,1$ , а  $p \geq 0,05$  — тенденция к достоверности полученных данных.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Нормирование рационов кормления коров по содержанию СП и НРП за счет использования различных источников нераспадаемого растительного протеина, в частности глютен кукурузный и соевого белкового концентрата в количестве 0,85 и 1,0 кг/гол/сутки, не оказало влияния на потребление кормов основного рациона.

Вместе с тем отмечено снижение потребления коровами опытных групп СВ по сравнению с их аналогами из контрольной группы на 0,2 кг/гол/сутки в соответствии с количеством скармливаемых белковых добавок (табл. 2).

Таблица 2. Рационы кормления коров подопытных групп в период 21–100 дней лактации

Table 2. Feeding rations for experimental cows during the period 21–100 days of lactation

Состав рациона, кг	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сено многолетних злаков	1,5	1,5	1,5
Сенаж многолетних трав	12,5	12,5	12,5
Силос кукурузный	20,5	20,5	20,5
Дробина пивная свежая	12,0	12,0	12,0
Патока кормовая	2,5	2,5	2,5
Кукурузный размол	3,2	3,2	3,2
Ячмень дробленый	4,0	4,0	4,0
Жмых подсолнечный	4,0	2,8	2,8
Глютен кукурузный	–	0,85	–
Соевый белковый концентрат	–	–	1,00
Мел кормовой	0,17	0,17	0,17
Соль поваренная	0,15	0,15	0,15
Премикс ПКК 60-3	0,11	0,11	0,11
В рационе содержится:			
Обменная энергия, МДж	255,4	255,8	257,4
Сухое вещество, кг	23,7	23,5	23,5
КОЭ в СВ, МДж/кг	10,8	10,9	11,0
Сырой протеин, г	4064,9	4048,8	4039,1
Распадаемый протеин, г*	2641,5	2427,8	2422,8
Нераспадаемый протеин, г*	1423,4	1621,0	1616,3
Переваримый протеин, г*	2735,7	2805,8	2847,6
Лизин, г*	147,9	142,1	163,5
Метионин, г*	86,0	83,9	83,4
Сырая клетчатка, г	3953,9	3809,5	3815,2
Крахмал, г	4463,8	4433,8	4459,8
Сахар, г	1951,4	1876,3	1966,3
Сырой жир, г	982,3	969,0	953,2
Кальций, г	174,1	167,6	168,9
Фосфор, г	120,2	108,5	112,0

Примечание: \* — по расчетным данным<sup>13</sup>

Энергетическая питательность рационов, выраженная в обменной энергии (ОЭ) и рассчитанная по переваримым питательным веществам, существенно не различалась в межгрупповом аспекте и составила 255,4–257,4 МДж. Вместе с тем концентрация обменной энергии (КОЭ) в СВ рационов коров I и II опытных групп составила 10,9 и 11,0 МДж/кг, соответственно, и превосходила контроль на 0,1 и 0,2 МДж/кг, где этот показатель составил 10,8 МДж/кг.

По концентрации СП в СВ рационы коров подопытных групп не различались — 17,2%, а уровень НРП в СП в контрольной группе составил 35,5%, тогда как в рационах коров I и II опытных групп этот показатель находился на уровне 40,0%, что соответствует рекомендациям по кормлению молочных коров с удоем 8000–9000 кг молока в период раздоя [7].

Наряду с этим необходимо отметить, что концентрация обменного протеина (ОП) в СВ рационах коров подопытных групп, уровень которого зависит как от энергетической обеспеченности рационов, так от и степени распадаемости протеина, для коров с аналогичным уровнем продуктивности должна составлять не менее 9,8% в СВ. Поэтому рационы коров I и II опытных групп, которым скармливали глютен кукурузный и соевый белковый концентрат, были сбалансированы по ОП, концентрация которого составила 10,0% в СВ.

<sup>4</sup> ГОСТ Р 52838-1999 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

<sup>5</sup> ГОСТ Р 51417-1999 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

<sup>6</sup> ГОСТ Р 52839-2007 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

<sup>7</sup> ГОСТ 32905-2014 (ISO 6492:1999) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира (издание с поправкой).

<sup>8</sup> ГОСТ 26176-2019 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов (с поправками).

<sup>9</sup> ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы.

<sup>10</sup> ГОСТ 26570-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция.

<sup>11</sup> ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора.

<sup>12</sup> Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: научное издание. М.: Росинформгротех. 2009; 404.

<sup>13</sup> Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие / В.Г. Рядчиков. Краснодар: КубГАУ. 2012; 328.

<sup>14</sup> Боев В.Р. Методы экономических исследований в агропромышленном производстве / В.Р. Боев, А.А. Шутьков, А.Ф. Серков // Под ред. В.Р. Боева. М.: ПАСХН. 1999; 260

Вместе с тем содержание лимитирующих молочную продуктивность аминокислот (лизина и метионина), а также их соотношение были наиболее оптимальными [11] в группе коров, получавших в составе рациона соевый белковый концентрат в количестве 1,0 кг. Так, содержание лизина в рационе коров II опытной группы превосходило контроль на 15,6 г, а соотношение лизина к метионину составило 2:1 против 1,7:1 в контроле и I опытной группе.

С целью изучения влияния испытуемых защищенных растительных белковых добавок на переваримость питательных веществ кормов рациона коровами на фоне научно-хозяйственного опыта в производственных условиях на третьем месяце лактации был проведен опыт по определению переваримости питательных веществ по химическому составу кормов и кала животных с использованием метода инертных индикаторов с применением Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в количестве 0,2% от СВ рациона.

Рационы кормления коров в опыте по переваримости питательных веществ состояли из того же набора кормов, что и в научно-хозяйственном опыте. Как и в основном опыте, коровы опытных групп потребляли меньше СВ на 0,2 кг, что было обусловлено количеством скармливаемых защищенных белковых добавок.

На основании индивидуального учета количества потребленных кормов, химического состава кормов и кала животных по концентрации хрома в СВ рационов и кала коров рассчитали количество переваренных питательных веществ и выразили переваримость питательных веществ в процентах (табл. 3).

По результатам расчета переваримости питательных веществ отмечалось некоторое улучшение переваримости СВ и ОВ животными опытных групп по сравнению с контролем. При этом переваримость сырого протеина и жира в I и II опытных группах была выше на 2,0% и 3,2% абс., 1,2% и 2,2% абс., соответственно, причем различия в переваримости сырого протеина между контрольной группой и II опытной, получавшей соевый белковый концентрат, оказались статистически достоверными ( $p \leq 0,05$ ), а также была установлена тенденция к достоверности в увеличении переваримости сырого жира во II опытной группе ( $p \leq 0,1$ ).

Одним из основных критериев, позволяющих оценить сбалансированность и полноценность рационов, а также продуктивное действие изучаемых кормовых факторов в молочном скотоводстве, является молочная продуктивность (табл. 4).

Из таблицы 4, в которой представлены результаты по учету молочной продуктивности коров, видно, что скармливание белковых добавок с высоким содержанием НРП в составе рациона оказало позитивное влияние на молочную продуктивность. Так, валовой удой молока натуральной жирности у коров опытных групп за первые 100 дней лактации превосходил контроль, соответственно, на 193 кг и 256 кг, или на 5,8% и 7,6% ( $p \leq 0,05$ ).

Массовая доля жира в молоке коров опытных групп превышала контроль, соответственно, на 0,02% и 0,03% абс., в результате чего среднесуточный удой молока стандартной (4%) жирности у коров I и II опытных групп оказался выше контроля на 2,0 кг и 2,7 кг, или на 6,3% и 8,5% ( $p \leq 0,05$ ).

Скармливание коровам опытных групп в составе рациона белковых добавок с высоким содержанием НРП способствовало увеличению выхода молочного жира по сравнению с контрольной группой на 8,2 кг и 11,0 кг, или на 6,3% и 8,5% ( $p \leq 0,1$ ), то есть во II опытной группе отмечалась выраженная тенденция.

Таблица 3. Переваримость питательных веществ, %

Table 3. Digestibility of nutrients, %

Показатель	Группа (n = 3)		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	70,40 ± 0,45	70,80 ± 0,46	71,30 ± 0,38
Органическое вещество	72,20 ± 0,59	72,70 ± 0,45	73,20 ± 0,22
Протеин	67,30 ± 0,44	69,30 ± 0,90	70,50 ± 0,69*
Жир	65,90 ± 0,72	67,10 ± 1,41	68,10 ± 0,52†
Клетчатка	61,30 ± 0,34	61,50 ± 0,60	61,60 ± 1,09
БЭВ	77,20 ± 0,86	77,50 ± 0,32	77,90 ± 0,53

Примечание: \* различия статистически достоверны при значении  $p \leq 0,05$ ; † тенденция к достоверности статистических различий  $p \leq 0,1$ .

Таблица 4. Результаты учета молочной продуктивности коров и затрат кормов в целом за лактацию

Table 4. Results of recording the milk productivity of cows and feed costs in general for lactation

Показатель	Группа (n = 10)		
	контрольная	I опытная	II опытная
<b>Первые 100 дней лактации</b>			
Удой молока натуральной жирности, кг	3348 ± 76,4	3541 ± 91,6	3604 ± 78,2*
Массовая доля жира, %	3,86 ± 0,14	3,88 ± 0,12	3,89 ± 0,15
Массовая доля белка, %	3,12 ± 0,11	3,14 ± 0,10	3,16 ± 0,12
Суточный удой молока 4%-ной жирности, кг	32,31 ± 0,94	34,35 ± 1,12	35,05 ± 0,87*
Выход молочного жира, кг	129,2 ± 4,18	137,4 ± 4,77	140,2 ± 3,78
Выход молочного белка, кг	104,5 ± 3,19	111,2 ± 3,45	113,9 ± 3,08*
Содержание мочевины, мг / 100 мл	31,54 ± 0,67	30,12 ± 0,95	29,32 ± 0,81*
<b>Затраты кормов на 1 кг молока 4%-ной жирности</b>			
Обменная энергия, МДж	7,54	7,11	7,00
Сухое вещество, кг	0,70	0,65	0,64
Концентраты с патокой, г	411	378	374
<b>За 305 дней лактации</b>			
Удой молока натуральной жирности, кг	8068 ± 132	8454 ± 141	8580 ± 126
Массовая доля жира, %	3,87 ± 0,15	3,89 ± 0,13	3,90 ± 0,16
Массовая доля белка, %	3,13 ± 0,12	3,15 ± 0,11	3,16 ± 0,13
Суточный удой молока 4%-ной жирности, кг	25,59 ± 0,95	26,96 ± 1,13	27,43 ± 0,98
Выход молочного жира, кг	312,2 ± 6,27	328,9 ± 6,72	334,6 ± 5,93
Выход молочного белка, кг	252,5 ± 4,38	266,3 ± 4,67	271,1 ± 4,46
<b>Затраты кормов на 1 кг молока 4%-ной жирности</b>			
Обменная энергия, МДж	8,78	8,33	8,21
Сухое вещество, кг	0,83	0,78	0,77
Концентраты с патокой, г	428	403	398

Примечание: \* различия статистически достоверны при значении  $p \leq 0,05$ .

Массовая доля белка в молоке коров I и II опытных групп превышала контроль, соответственно, на 0,02% и 0,04% абс., в результате чего в целом за 100 дней лактации выход молочного белка у коров опытных групп превышал контроль на 6,7 кг и 9,4 кг, или на 6,4% и 9,0% ( $p \leq 0,05$ ) соответственно. Вместе с тем в молоке коров I и II опытных групп отмечалось снижение концентрации мочевины на 4,5% и 7,0% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем.

Затраты кормов на 1 кг молока, скорректированного на стандартную (4%) жирность, выраженные в ОЭ, у коров I и II опытных групп были ниже контроля на 5,7–7,2%. Аналогичная картина наблюдалась и по затратам, выраженным в СВ, разница с контролем составила 7,1–8,6%, в концентрированных кормах — ниже на 8,0–9,0%.

Из данных (табл. 4) видно, что повышение концентрации НРП в СВ рационов кормления коров опытных групп в период раздоя до 40,0% оказало положительное влияние на тенденцию роста уровня молочной продуктивности и в последующие периоды лактации. В результате

чего валовой удой молока натуральной жирности у коров I и II опытных групп в целом за 305 дней лактации превышал контроль на 386 кг и 512 кг, или на 4,8% и 6,3% соответственно, а по удою молока стандартной (4,0%) жирности различия с контролем составили 5,3–7,2% ( $p \geq 0,05$ ).

Выше в опытной группе по сравнению с контролем был и выход молочного жира и белка, соответственно, на 5,3–7,2% и 5,5–7,4%. Затраты кормов на производство 1 кг молока стандартной (4,0%) жирности, выраженные в ОЭ, в опытных группах были ниже контроля на 5,1–6,5%.

На основании данных по расходу кормов и молочной продуктивности, а также материалов бухгалтерского учета была рассчитана экономическая эффективность использования различных источников нераспадаемого протеина при производстве молока. При расчетах были учтены основные элементы затрат, сложившиеся в хозяйстве в период проведения опыта (табл. 5).

Из данных таблицы 5, в которой представлены экономические расчеты, видно, что скормливание животным I и II опытных групп белковых добавок с высоким содержанием защищенного протеина, повышало стоимость израсходованных в течение опыта кормов по сравнению с контролем, соответственно, на 3792,0 руб. и 5081,6 руб. за 100 дней лактации.

В опытных группах из-за более высокой молочной продуктивности были выше по сравнению с контролем и другие элементы затрат. Так, заработная

плата с начислениями в контрольной группе составила 24 024,6 руб., что на 1516,9–2035,2 руб. меньше, чем в опытных группах. Общие затраты на производство молока в опытных группах оказались выше на 7234,9–9662,7 руб. Однако себестоимость 1 ц молока базисной жирности у коров опытных групп снизилась, соответственно, на 41,8 руб. и 56,0 руб., или на 1,1% и 1,5%, по сравнению с контролем.

Реализационная цена 1 ц молока превосходила его себестоимость, в результате чего сумма реализации в значительной степени превосходила общие затраты на производство молока. Так, прибыль от реализации молока находилась в пределах 18 320,8–22 182,1 руб. на одну голову, в опытных группах она была выше контроля на 2845,1–3861,3 руб., при этом прибыль, полученная во II опытной группе, превышала I группу на 1016,2 руб.

Приведенные данные свидетельствуют об экономической целесообразности использования в кормлении высокопродуктивных коров белковых добавок с высоким содержанием нераспадаемого протеина, при этом наибольший экономический эффект был получен при скормливании соевого белкового концентрата.

### Выводы/Conclusions

Таким образом, повышение концентрации нераспадаемого протеина в СП рациона коров с 35,0% в контроле до 40,0% в I и II опытных группах с 21-го по 100-й день лактации за счет использования белковых добавок растительного происхождения (глютен кукурузный и соевый белковый концентрат) в кормлении высокопродуктивных коров в количестве 0,85 кг и 1,0 кг на голову способствовало увеличению удоя как молока натуральной, так и стандартной (4%) жирности за 100 дней лактации, соответственно, на 5,8–7,6% и 6,3–8,5% при достоверных различиях ( $p \leq 0,05$ ) в группе коров, получавших соевый белковый концентрат, по сравнению с контролем.

В опытных группах отмечалось увеличение выхода молочного жира (на 6,3% и 8,5%) ( $p \leq 0,1$ ), белка (на 6,4% и 9,0%) ( $p \leq 0,05$ ) при снижении содержания мочевины в молоке на 4,5% и 7,0% ( $p \leq 0,05$ ), а затраты кормов (ОЭ) снизились на 5,3–6,7%. В физиологических исследованиях отмечено увеличение переваримости сырого протеина и жира животными I и II опытных групп на 2,0% и 3,2% абс. ( $p \leq 0,05$ ) и на 1,2% и 2,2% абс. ( $p \leq 0,1$ ) соответственно, причем различия в переваримости сырого протеина между контрольной группой и II опытной, получавшей соевый белковый концентрат, оказались статистически достоверными.

По результатам расчета показателей экономической эффективности установлено, что себестоимость 1 ц молока базисной жирности у коров опытных групп снизилась, соответственно, на 41,8 руб. и 56,0 руб., или на 1,1% и 1,5%, по сравнению с контролем, а прибыль от реализации молока в I и II опытных группах была выше контроля на 2845,1 руб. и 3861,3 руб.

Таблица 5. Экономическая эффективность производства молока за 100 дней лактации (в расчете на 1 голову)

Table 5. Economic efficiency of milk production per 100 days of lactation (per 1 head)

Показатель	Группа		
	контроль	I опытная	II опытная
Получено молока базисной жирности, ц	38,01	40,41	41,23
Цена реализации 1 ц молока, руб.	4200,0	4200,0	4200,0
Выручено от реализации молока, руб.	159 642,0	169 722,0	173 166,0
<b>Элементы затрат, руб.:</b>			
стоимость кормов	83 982,3	87 774,3	89 063,9
оплата труда с начислениями	24 024,6	25 541,5	26 059,8
накладные расходы	12 012,3	12 770,8	13 029,9
транспортные услуги	5935,5	6310,3	6438,3
текущий ремонт	3391,7	3605,9	3679,0
амортизация	1978,5	2103,4	2146,1
электроэнергия	4946,2	5258,5	5365,2
ветеринарное обслуживание и осеменение	1695,9	1625,4	1563,4
прочие расходы	3354,2	3566,0	3638,3
Всего затрат на производство молока, руб.	141 321,2	148 556,1	150 983,9
Себестоимость 1 ц молока, руб.	3718,0	3676,2	3662,0
Прибыль от реализации молока, руб.	18 320,8	21 165,9	22 182,1
Разница с контролем в получении прибыли, руб.	–	2845,1	3861,3

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ, регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР ГЗ 2021–2023: 121052600314-1.

### FUNDING

The work was carried out with the financial support of fundamental scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, registration number of the EGISU of the topic NIR GZ 2021–2023: 121052600314-1.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волгин В.И., Романенко Л.В., Прокхоренко П.Н., Фёдорова З.Л., Корочкина Е.А. Полноценное кормление молочного скота — основа реализации генетического потенциала продуктивности. М.: *Российская академия наук*. 2018; 260. ISBN 978-5-906906-85-4 <https://elibrary.ru/xvjnql>
2. Рафикова Э.Э., Немцова Е.Ю., Воронова И.В. Источники кормового протеина в рационах коров. *Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2024; 257–259. <https://elibrary.ru/lgtqcc>
3. Рыболовская В.В. Влияние качественного состава протеина кормов в рационах на продуктивные показатели коров в период раздоя. *Животноводство в современных условиях: новые вызовы и пути их решения. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения профессора А.М. Гускова*. Орел: Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина. 2023; 241–244. <https://elibrary.ru/zerwzm>
4. Васильев Т.Ю. Решение проблемы протеинового кормления у коров. *Молодежь и инновации: Материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2023; 302–307. <https://elibrary.ru/bkkwrk>
5. Петрова Д.Д. Баланс протеина и энергии в кормлении дойных коров. *Молодежь и инновации: Материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2023; 353–357. <https://elibrary.ru/hnmcib>
6. Мокрушина О.Г. Особенности использования азота рационов у коров при разном уровне и качестве протеина. *Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: Материалы Международного конгресса по кормам*. М.: Российская академия кадрового обеспечения агропромышленного комплекса. 2023; 130–138. <https://doi.org/10.33814/MAK-2023-31-79-130-138>
7. Радчиков В.Ф. и др. Влияние скармливания молодяку крупного рогатого скота кормов с разной расщепляемостью протеина на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ кормов. *Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: Сборник трудов Международной научно-практической конференции*. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2023; 155–160. <https://elibrary.ru/ftcvth>
8. Буряков Н.П., Бурякова М.А., Заикина А.С., Касаткина И.А., Алешин Д.Е. Эффективность применения белкового концентрата в рационах высокопродуктивных коров. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2021; 2: 15–25. <https://doi.org/10.33920/sel-05-2102-02>
9. Алигазиев У.А., Алигазиева П.А., Алиев А.А., Алиев Р.А., Магомедрасулов И.М. Оптимизация рациона кормления коров. *Высокоэффективные научно-технологические разработки в области производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции (в рамках реализации программы «Приоритет-2030»): сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции*. Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джембулатова. 2023; 45–57. <https://elibrary.ru/tacijw>
10. Горбаков М.Е., Коммесон Д.С. Воспроизводительные качества коров в условиях интенсивного производства молока. *Материалы 78-й Международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2024; 45–47. <https://elibrary.ru/hzbdqo>
11. Березжков А.В. Продуктивность и биохимические показатели крови лактирующих коров при использовании рационов с разным соотношением расщепляемого и нерасщепляемого протеина. *Сборник трудов, приуроченных к 76-й Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 155-летию со дня рождения В.П. Горячкина*. М.: Меганполис. 2023; 95–99. <https://elibrary.ru/hhxvim>
12. Погосян Д.Г. Качество протеина в кормах для жвачных животных. Монография. Пенза: ПГСХА. 2014; 133. ISBN 978-5-94338-699-2 <https://elibrary.ru/vmfajh>
13. Никишенко А.В., Чехранова С.В. Белоксодержащая кормовая добавка «Горлинка» в рационах лактирующих коров. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2019; 5: 15–25. <https://elibrary.ru/jumyrt>
14. Erickson P.S., Kalscheur K.F. Nutrition and Feeding of Dairy Cattle. Bazer F.W., Cliff Lamb G., Wu G. (eds.). *Animal Agriculture. Sustainability, Challenges and Innovations*. Cambridge: *Academic Press*. 2020; 157–180. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4>
15. Цай В.П. и др. Влияние энерго-протеинового отношения в рационах сухостойных коров на их продуктивность после растела. *Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Сборник трудов Международной научно-практической конференции*. Кокино: Брянский государственный аграрный университет. 2023; 211–216. <https://elibrary.ru/izmxpx>
16. Буряков Н.П., Прохоров Е.О. Безалкалоидный люпин сорта Дега в кормлении коров. *Кормопроизводство*. 2017; 1: 40–45. <https://elibrary.ru/xqurpxh>

## REFERENCES

1. Volgin V.I., Romanenko L.V., Prokhorenko P.N., Fedorova Z.L., Korochkina E.A. Full feeding dairy cattle is the basis of realization of the genetic productivity potential. Moscow: *Russian Academy of Sciences*. 2018; 260 (in Russian). ISBN 978-5-906906-85-4 <https://elibrary.ru/xvjnql>
2. Rafikova E.E., Nemtseva E.Yu., Voronova I.V. Sources of feed protein in cow diets. *Promising technologies and innovations in the agro-industrial complex in the context of digitalization. Materials of the III International Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2024; 257–259 (in Russian). <https://elibrary.ru/lgtqcc>
3. Rybolovskaya V.V. The influence of the qualitative composition of feed protein in diets on the productive performance of cows during the milking period. *Livestock farming in modern conditions: new challenges and ways to solve them. Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 70<sup>th</sup> anniversary of the birth of Professor A.M. Guskov*. Orel: Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin. 2023; 241–244 (in Russian). <https://elibrary.ru/zerwzm>
4. Vasiliev T.Yu. Solving the problem of protein feeding in cows. *Youth and innovation: Materials of the XIX All-Russian (national) scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2023; 302–307 (in Russian). <https://elibrary.ru/bkkwrk>
5. Petrova D.D. Balance of protein and energy in feeding dairy cows. *Youth and innovation: Materials of the XIX All-Russian (national) scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2023; 353–357 (in Russian). <https://elibrary.ru/hnmcib>
6. Mokrushina O.G. Features of the use of nitrogen in diets in cows at different levels and quality of protein. *Multifunctional adaptive feed production: Proceedings of the International Congress on Feed*. Moscow: Russian Academy of Human Resources for the Agro-Industrial Complex. 2023; 130–138 (in Russian). <https://doi.org/10.33814/MAK-2023-31-79-130-138>
7. Radchikov V.F. et al. The influence of feeding young cattle with feeds with different protein breakdown on the physiological state and digestibility of feed nutrients. *Current problems of veterinary medicine and intensive livestock farming: Collection of proceedings of the International scientific and practical conference*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. 2023; 155–160 (in Russian). <https://elibrary.ru/ftcvth>
8. Buryakov N.P., Buryakova M.A., Zaikina A.S., Kasatkina I.A., Aleshin D.E. Efficiency of protein concentrate application in the rations of highly productive cows. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2021; 2: 15–25 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-05-2102-02>
9. Aligaziev U.A., Aligazieva P.A., Aliev A.A., Aliev R.A., Magomedrasulov I.M. Optimization of cow feeding rations. *Highly effective scientific and technological developments in the field of production, processing and storage of agricultural products (as part of the implementation of the "Priority-2030" program): a collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference*. Makhachkala: Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov. 2023; 45–57 (in Russian). <https://elibrary.ru/tacijw>
10. Gorbakov M.E., Kommesson D.S. Reproductive qualities of cows in conditions of intensive milk production. *Materials of the 78<sup>th</sup> International scientific conference of young scientists and students of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine*. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. 2024; 45–47 (in Russian). <https://elibrary.ru/hzbdqo>
11. Berzhkov A.V. Productivity and biochemical parameters of the blood of lactating cows when using diets with different ratios of degradable and non-degradable protein. *Collection of works dedicated to the 76<sup>th</sup> All-Russian student scientific and practical conference dedicated to the 155<sup>th</sup> anniversary of the birth of V.P. Goryachkin*. Moscow: Megapolis. 2023; 95–99 (in Russian). <https://elibrary.ru/hhxvim>
12. Pogosyan D.G. Protein quality in feed for ruminant animals. Monograph. Penza: *Penza State Agrarian Academy*. 2014; 133 (in Russian). ISBN 978-5-94338-699-2 <https://elibrary.ru/vmfajh>
13. Nikishenko A.V., Chekhranova S.V. The protein-containing feed additive "Gorlinka" in the rations of lactating cows. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2019; 5: 15–25 (in Russian). <https://elibrary.ru/jumyrt>
15. Erickson P.S., Kalscheur K.F. Nutrition and Feeding of Dairy Cattle. Bazer F.W., Cliff Lamb G., Wu G. (eds.). *Animal Agriculture. Sustainability, Challenges and Innovations*. Cambridge: *Academic Press*. 2020; 157–180. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4>
15. Tsai V.P. et al. The influence of the energy-protein ratio in the diets of dry cows on their productivity after growing. *Current problems of veterinary medicine and intensive livestock farming. Collection of proceedings of the International scientific and practical conference*. Kokino: Bryansk State Agrarian University. 2023; 211–216 (in Russian). <https://elibrary.ru/izmxpx>
16. Buryakov N.P., Prokhorov E.O. Alkaloid-free lupine *Dega* in cow feeding. *Fudder journal*. 2017; 1: 40–45 (in Russian). <https://elibrary.ru/xqurpxh>

17. Некрасов Р.В., Головин А.В., Махаев Е.А. (ред.). Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах. Монография. М.: Российская академия наук. 2018; 290. ISBN 978-5-906906-77-9 <https://elibrary.ru/xvldml>

18. Hanigan M.D., Souza V.C., Martineau R., Daley V.L., Kononoff P. Predicting ruminally undegraded and microbial protein flows from the rumen. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(8): 8685–8707. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19672>

19. Харитонов Е.Л., Березин А.С. Физиологические основы оптимизации аминокислотного питания молочного скота. *Вестник науки и образования*. 2018; 18–1: 56–60. <https://elibrary.ru/yrjalz>

20. Schwab C.G., Broderick G.A. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 10094–10112. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>

21. Рядчиков В.Г., Шляхова О.Г., Тантави А., Комарова Н.С. Нормы потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах. *Эффективное животноводство*. 2019; 8: 24–27. <https://elibrary.ru/krrbaf>

22. Chojnacka K. et al. Innovative high digestibility protein feed materials reducing environmental impact through improved nitrogen-use efficiency in sustainable agriculture. *Journal of Environmental Management*. 2021; 291: 112693. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112693>

23. Головин А.В. Влияние защищенных белковых добавок на продуктивность и обмен веществ коров. *Ветеринария и кормление*. 2023; 3: 27–31. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-6>

17. Nekrasov R.V., Golovin A.V., Makhaev E.A. (eds.). Nutrient requirements for dairy cattle and pigs. Monograph. Moscow: Russian Academy of Sciences. 2018; 290 (in Russian). ISBN 978-5-906906-77-9 <https://elibrary.ru/xvldml>

18. Hanigan M.D., Souza V.C., Martineau R., Daley V.L., Kononoff P. Predicting ruminally undegraded and microbial protein flows from the rumen. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(8): 8685–8707. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19672>

19. Kharitonov E.L., Berezin A.S. Physiological basis of optimization of amino acid nutrition of physiological basis of optimization of amino acid nutrition of dairy cattle. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2018; 18–1: 56–60 (in Russian). <https://elibrary.ru/yrjalz>

20. Schwab C.G., Broderick G.A. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 10094–10112. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>

21. Ryadchikov V.G., Shlyakhova O.G., Tantavi A., Komarova N.S. Requirement standards for lactating cows for essential amino acids. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2019; 8: 24–27 (in Russian). <https://elibrary.ru/krrbaf>

22. Chojnacka K. et al. Innovative high digestibility protein feed materials reducing environmental impact through improved nitrogen-use efficiency in sustainable agriculture. *Journal of Environmental Management*. 2021; 291: 112693. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112693>

23. Golovin A.V. Influence of protected protein supplements on the productivity and metabolism of cows. *Veterinaria i kormlenie*. 2023; 3: 27–31 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-6>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Александр Витальевич Головин

Профессор, доктор биологических наук  
alexgol2010@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9853-1106>

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Alexander Vitalievich Golovin

Professor, Doctor of Biological Sciences  
alexgol2010@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9853-1106>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

РЕКЛАМА



Международная выставка  
сельскохозяйственной техники,  
материалов и оборудования  
для животноводства и растениеводства

**30 октября – 01 ноября 2024**

г. Екатеринбург,  
МВЦ «Екатеринбург-Экспо»

**Получите билет**  
по промокоду Agro-science  
**[www.agroprom-ural.ru](http://www.agroprom-ural.ru)**



Организаторы



Е.В. Яушева<sup>1</sup> ✉  
Т.Н. Холодилина<sup>1, 2</sup>  
К.В. Рязанцева<sup>1</sup>  
Е.А. Сизова<sup>1, 2</sup>  
Т.А. Климова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

<sup>2</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

✉ [vasilena56@mail.ru](mailto:vasilena56@mail.ru)

Поступила в редакцию:  
21.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

#### Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-74-81

Elena V. Yausheva<sup>1</sup> ✉  
Tatiana N. Kholodilina<sup>1, 2</sup>  
Christina V. Ryazantseva<sup>1</sup>  
Elena A. Sizova<sup>1, 2</sup>  
Tatiana A. Klimova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>2</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russia

✉ [vasilena56@mail.ru](mailto:vasilena56@mail.ru)

Received by the editorial office:  
21.04.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

# Оценка влияния скармливания совместно экструдированных компонентов рациона на переваримость корма, кишечный микробиом и обмен остеотропных элементов у цыплят-бройлеров

## РЕЗЮМЕ

**Аннотация.** Отруби, как источник клетчатки в рационах, уже не воспринимаются как антипитательный компонент, напротив, рассматривается как пребиотик, стимулирующий работу кишечного микробиома и фактор снижающий стоимость рациона. При этом сохраняется необходимость нивелирования некоторых негативных аспектов в виде повышения количества труднопереваримой клетчатки и снижения усвоения минеральных элементов из рационов, в частности кальция.

**Методы.** Методом снижения антипитательности и улучшения функциональных свойств кормов, обладающих повышенной доступностью компонентов, может выступать экструзия.

**Цели исследования** — изучение влияния скармливания совместно экструдированных компонентов рациона: пшеничных отрубей и известняковой муки на переваримость корма, морфометрические характеристики желудочно-кишечного тракта и состояние его микробиома, а также метаболизм созависимых с кальцием минералов в скелетной структуре.

**Результаты.** Совместное экструдирование пшеничных отрубей и известняковой муки, как источника кальция, приводило к улучшению переваримости питательных веществ (сырого жира) у птицы. Анализ минерального обмена показал увеличение содержания железа, цинка и магния в костной ткани, кальция, цинка, меди и магния — в бедренной кости птицы II группы в сравнении с I. Изменения в микробиоме слепой кишки при скармливании экструдата с карбонатом кальция были связаны с повышением доли бактерий (*Faecalibacterium*), являющихся активными продуцентами ряда короткоцепочечных жирных кислот (пропионата, бутирата). В результате показана перспектива использования совместно экструдированных компонентов: углеводного (отруби) и минерального (известняковая мука) в кормах в рамках функциональной и экономической оптимизации рационов.

**Ключевые слова:** экструзия, известняковая мука, переваримость, микробиом, минеральный обмен

**Для цитирования:** Яушева Е.В., Холодилина Т.Н., Рязанцева К.В., Сизова Е.А., Климова Т.А. Оценка влияния скармливания совместно экструдированных компонентов рациона на переваримость корма, кишечный микробиом и обмен остеотропных элементов у цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 74–81.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-74-81>

© Яушева Е.В., Холодилина Т.Н., Рязанцева К.В., Сизова Е.А., Климова Т.А.

# Evaluation of the effect of feeding co-extruded diet components on feed digestibility, intestinal microbiome and metabolism of osteotropic elements in broiler chickens

## ABSTRACT

**Annotation.** Bran, as a source of fiber in diets, is no longer perceived as an anti-nutritional component; on the contrary, it is considered as a prebiotic, stimulating the functioning of the intestinal microbiome and a factor reducing the cost of the diet. At the same time, there remains a need to level out some negative aspects in the form of an increase fiber for and a decrease in the absorption of mineral elements from diets, in particular calcium.

**Методы.** Extrusion can be a method of reducing antinutritional properties and improving the functional properties of feeds with increased availability of components. The purpose of the study was to study the effect of feeding co-extruded diet components: wheat bran and limestone flour on feed digestibility, morphometric characteristics of the gastrointestinal tract and the state of its microbiome, as well as the metabolism of calcium-codependent minerals in the skeletal structure.

**Результаты.** The combined extrusion of wheat bran and limestone flour, as a source of calcium, led to improved digestibility of nutrients (crude fat) in poultry. Analysis of mineral metabolism showed an increase in the content of iron, zinc and magnesium in bone tissue, and calcium, zinc, copper and magnesium in the femur of birds of group II in comparison with I. Changes in the microbiome of the cecum, when feeding extrudate with calcium carbonate, were associated with an increase in the proportion of bacteria (*Faecalibacterium*), which are active producers of a number of short-chain fatty acids (propionate, butyrate). As a result, the prospect of using jointly extruded components: carbohydrate (bran) and mineral (limestone flour) in feeds as part of the functional and economic optimization of diets is shown.

**Key words:** extrusion, limestone flour, digestibility, microbiome, mineral metabolism

**For citation:** Yausheva E.V., Kholodilina T.N., Ryazantseva K.V., Sizova E.A., Klimova T.A. Evaluation of the effect of feeding co-extruded diet components on feed digestibility, intestinal microbiome and metabolism of osteotropic elements in broiler chickens. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 74–81 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-74-81>

© Yausheva E.V., Kholodilina T.N., Ryazantseva K.V., Sizova E.A., Klimova T.A.

## Введение/Introduction

Подход к разработке рационов для современных высокопродуктивных кроссов должен учитывать не только сбалансированность компонентов рациона по питательности и элементному составу, но и биодоступность [1, 2]. Повышение подготовленности компонентов корма для расщепления в желудочно-кишечном тракте представляет собой перспективное направление в рамках совершенствования рационов для сельскохозяйственных животных. Состояние желудочно-кишечного тракта и эффективность процессов пищеварения напрямую зависит от степени подготовленности рационов к ферментации [3, 4].

В решении данного вопроса интерес вызывают исследования, связанные с пересмотром роли сложно-растворимых пищевых волокон в составе рациона и их влиянии на степень усвоения питательных веществ [5]. Современные подходы к изучению значимости клетчатки в рационах птиц позволили расширить границы применения трудногидролизуемых углеводов в промышленном птицеводстве [6–8].

Клетчатка в рационах уже не воспринимается как антипитательный фактор, напротив, рассматривается как пребиотик, стимулирующий работу кишечного микробиома на выработку необходимых организму птицы летучих жирных кислот [5, 9–11]. При этом нельзя не учитывать необходимость ингибирования фитиновых кислот в растительном сырье для нивелирования негативного действия в виде снижения усвоения минеральных элементов из рационов, в частности *Ca*, *Fe*, *Zn* [12–14].

Особенно актуально это при использовании в рационах таких распространенных компонентов, как пшеничные отруби [15].

Одним из передовых методов снижения антипитательных свойств и получения функциональных кормов является экструзия [16]. Однако использование экструдированных кормов оказывает значительное влияние на доступность микро- и макроэлементов в составе рационов. Известны данные о возможности сорбции химических элементов экструдатами [17, 18]. Экструзионная обработка зерновых культур способна приводить к снижению усвоения кальция у животных и его отложения в бедренной кости [19].

Ранее проведенные авторами исследования показали эффективность применения кормов, обработанных экструзией и обогащенных высокодисперсными металлами, как результат — повышение биологической доступности ряда микроэлементов и улучшения показателя переваримости компонентов рациона [20].

В связи с этим дополнение экструдированных кормов рядом важных элементов для роста и развития сельскохозяйственных животных, в особенности кальция, является необходимым условием при формировании полноценных рационов [21]. Являясь минеральной основой организма, кальций принимает участие во многих биологических процессах, а именно в развитии и минерализации костей, метаболизме других элементов [22].

Введение в экструдат кальция и создание препаратов с лучшей доступностью остеотропных минералов особенно актуально для птицеводства, так как увеличение генетического потенциала приводит к интенсивному наращиванию мышечной массы, создавая дополнительную нагрузку на скелет [23]. Травмы, деформации костной

ткани снижают показатели продуктивности, поражая до половины промышленного стада птицефабрик [24].

Таким образом, учитывая перспективы применения экструдированной клетчатки в рационах, важной составляющей при ее использовании будет являться не только изучение физиологического состояния организма животного, но и оценка динамики элементного статуса мышечной и костной ткани.

*Цели исследования* — изучение влияния скармливания совместно экструдированных компонентов рациона: пшеничных отрубей и известняковой муки на переваримость корма, морфометрические характеристики желудочно-кишечного тракта и состояние его микробиома, а также метаболизм созависимых с кальцием минералов в скелетной структуре.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования были проведены в виварии Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук в 2023 году на цыплятах-бройлерах кросса Арбор Айкрос.

Методом пар-аналогов цыплят в возрасте 11 суток распределили на 2 группы ( $n = 30$ ). В возрасте 18 суток в рационе цыплят-бройлеров опытных групп заменили 10% (100 г/кг рациона) зерна пшеницы на экструдат пшеничных отрубей. Источником кальция в эксперименте служила известняковая мука (ООО «Аккерман цемент», Россия), имеющая в составе 40% кальция в форме  $\text{CaCO}_3$ , которая в рацион I группы была внесена в нативном виде, в рацион цыплят-бройлеров II группы известняковую муку вносили после совместного с отрубями процесса экструдирования.

Кормление птиц проводилось полнорационными комбикормами (ОАО «Оренбургский комбикормовый завод», ГОСТ 18221-2018<sup>1</sup>, Россия) согласно рекомендациям ВНИТИП<sup>2</sup>.

Экструзионная обработка исследуемых компонентов проводилась по методике, описанной авторами ранее [25]. Балансовый опыт по оценке переваримости питательных веществ рациона и элементного (*Ca*, *Zn*, *Cu*, *Fe*, *P*, *Mn*, *Mg*) состава биоматериалов проводили двукратно (стартовый и ростовой рационы) в Центре коллективного пользования биологических систем и агротехнологий Российской академии наук по общепринятым методикам<sup>3–4</sup>.

Элементный анализ осуществляли на одноквадрупольном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900 ICP-MS (Agilent, США). Анализ *Fe* и *Zn* проводили в гелиевом режиме с использованием столкновительной ячейки. Стандартные растворы получали из мультисольной смеси (Merck, Германия).

Взвешивание органов желудочно-кишечного тракта (желудок, мышечный желудок, кишечник) проводили на полумикровесцах ВЛА-135М (класс точности I, «Госметр», Россия), отбор содержимого слепой кишки — в возрасте 42 суток ( $n = 3$ ) с каждой группы во время убоя.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполняли в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельного закона Межпарламентской Ассамблеи государств — участников Содружества Независимых Государств

<sup>1</sup> ГОСТ 18221-2018 Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы. Общие технические условия.

<sup>2</sup> Егоров И.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н. и др. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы. Сергиев Посад: Лика». 2019; 200.

<sup>3</sup> Научные основы кормления сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Околелова, Ш.И. Имагулов. Сергиев Посад. 2008; 351.

<sup>4</sup> ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

«Об обращении с животными», статья 20<sup>5</sup>, Руководства по работе с лабораторными животными Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Методика проведения исследований одобрена этическим комитетом Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук<sup>6</sup>. При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Подготовку библиотек ДНК, секвенирование и биоинформационную обработку проводили в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов» Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН (г. Оренбург, Россия), выделение тотальной ДНК из образцов — комбинированным методом, включавшим механическую гомогенизацию в анализаторе LT (Qiagen, Германия) с лизирующей матрицей Y (MP Biomedicals, США) с использованием набора QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit (Qiagen, Германия).

Чистоту ДНК и концентрацию контролировали с помощью фотометрии на приборе NanoDrop 8000 (Thermo Fisher Scientific Inc., США) и флуорометра Qubit 4 (Life Technologies, США) с набором для высокочувствительного анализа dsDNA (Life Technologies, США).

Библиотеки ДНК были очищены с использованием гранул Agencourt AMPure XP (Beckman Coulter, США) и проверены с помощью капиллярного электрофореза в усовершенствованной системе Qiaxcel (Qiagen, Hilden, Германия) с использованием набора для скрининга ДНК QIAxcel (Qiagen, Hilden, Германия). Секвенирование проводили на платформе MiSeq (Illumina, США) с использованием набора реактивов MiSeqReagent Kit V3 2×300 (Illumina, США).

Визуализацию результатов биоинформатической обработки и статистический анализ осуществляли с помощью MicrobiomeAnalyst [26]. Полученные операционные таксономические единицы (ОТЕ) после фильтрации и присвоения таксономической принадлежности использовались для расчета альфа- (индекс Chao1, индекс Фишера (Fisher's alpha), индекс разнообразия Шенона (Shannon), индекс разнообразия Симпсона (Simpson), статистический метод: ANOVA) и бета- (метод ординации: NMDS; дистанционный метод: индекс Брея — Кертиса; статистический метод: PERMANOVA) разнообразия.

Статистический анализ проводили с помощью офисного программного комплекса Microsoft Office с применением программы Excel (Microsoft, США) с обработкой данных в Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Достоверными считали результаты при  $p \leq 0,05$  (по t-критерию Стьюдента).

**Результаты и обсуждение / Results and discussion**

Развитие производства кормов возможно за счет повышения качества продукции и снижения себестоимости производства комбикормов. Качество можно улучшить, используя метод экструзии, который повышает пищевую ценность корма. Экструзия вызывает большую модификацию углеводов, белков и жиров, изменяя физические, химические и питательные свойства за счет повышенных температур производства (до 150 °C) [27].

Переваримость является важным показателем, отражающим степень усвоения питательных веществ и темпы роста животных. При добавлении в рацион цыплят-бройлеров совместно экструдированных пшеничных отрубей с известняковой мукой наблюдались изменения в отдельных показателях усвояемости корма на 7-е сутки балансового эксперимента (рис. 1).

Так, у цыплят II группы переваримость сухого вещества (СВ) находилась на уровне 71,2%, что на 5,6% ( $p \leq 0,05$ ) ниже показателей I группы, где птица получала с кормом экструдат отрубей без известняковой муки. Однако по окончании эксперимента дополнительная корректировка рациона экструдированными с известняковой мукой и пшеничными отрубями приводила к достоверному повышению переваримости сырого жира (СЖ) на 8,5% ( $p \leq 0,05$ ) во II группе при сравнении с I группой (рис. 2).

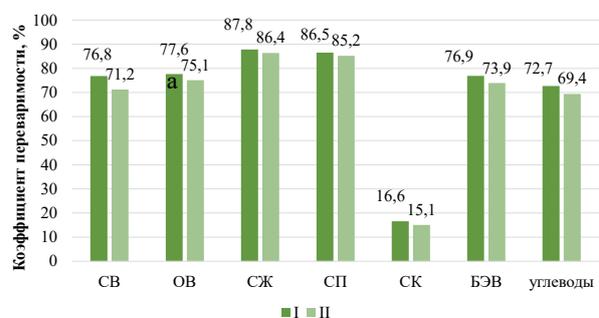
Различий по переваримости СВ, органического вещества (ОВ), сырого протеина (СП), сырой клетчатки (СК), безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) и углеводов между группами отмечено не было.

Ранее проведенные авторами исследования показали, что использование экструдированной клетчатки разной полисахаридной природы в рационе приводило к увеличению показателей переваримости сырого жира у птицы в сравнении с использованием клетчатки в нативном виде [28].

Известно, что фитиновые кислоты содержатся в высоком количестве в пшеничных отрубях и при взаимодействии с кальцием и рядом других элементов (Zn, Co,

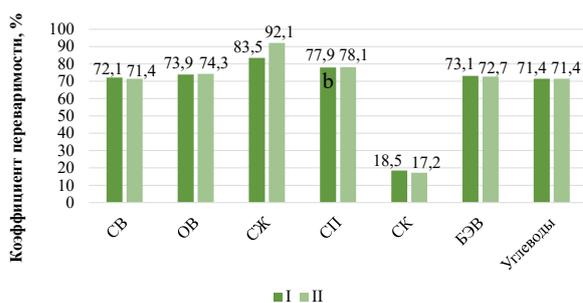
**Рис. 1.** Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона (возраст 28 суток)  
Примечание: <sup>a</sup>  $p \leq 0,05$ .

**Fig. 1.** Digestibility coefficients of nutrients in the starter diet (age 28 days)  
Note: <sup>a</sup>  $p \leq 0,05$ .



**Рис. 2.** Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона (возраст 42 суток)  
Примечание: <sup>b</sup>  $p \leq 0,05$ .

**Fig. 2.** Digestibility coefficients of nutrients in the growth diet (age 42 days)  
Note: <sup>b</sup>  $p \leq 0,05$ .



<sup>5</sup> Постановление Межпарламентской Ассамблеи государств — участников Содружества Независимых Государств СНГ от 31 октября 2007 года № 29-17. Модельный закон «Об обращении с животными».

<sup>6</sup> Протокол ФНЦ БСТ РАН от 16.06.2023 № 2.

Mn, Fe и др.) образуют комплексы, устойчивые к ферментативному гидролизу, тем самым снижая усвояемость питательных веществ [29, 30]. Однако не было отмечено достоверного снижения переваримости питательных веществ по окончании исследования.

В данном исследовании обогащение рациона, содержащего экструдированные компоненты разных функциональных групп кормов, способствовало улучшению переваримости сырого жира у птицы в сравнении с отрубями, подвергнутыми барогидротермической обработке.

Было отмечено, что исследуемый фактор не оказывает влияния на морфометрические показатели органов пищеварительного тракта цыплят-бройлеров (табл. 1).

Масса отдельных органов пищеварительного тракта опытных групп имела схожие значения. Различий по массе костной ткани между группами не отмечалось.

Увеличение переваримости питательных веществ сопровождалось изменениями в минеральном обмене в костной ткани. Элементный анализ костной ткани показал наличие увеличения содержания железа ( $p \leq 0,001$ ), цинка ( $p \leq 0,01$ ) и Mg ( $p \leq 0,05$ ) во II группе (табл. 2).

Различий по содержанию кальция и фосфора в костной ткани не отмечалось между группами (рис. 3).

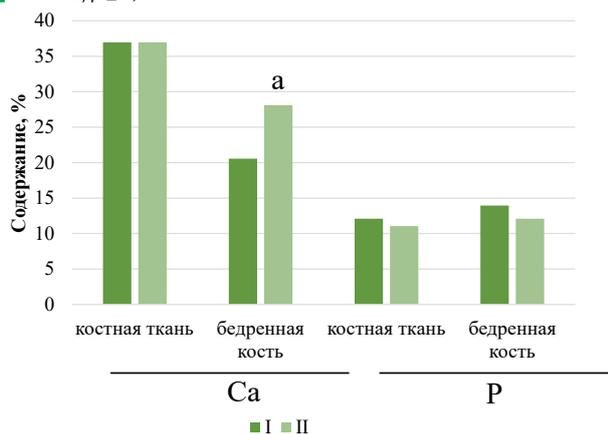
Исследование элементного состава бедренной кости показало более высокую концентрацию цинка ( $p \leq 0,01$ ) и магния ( $p \leq 0,001$ ) во II группе в сравнении с I (табл. 3). Наблюдалась незначительное увеличение концентрации меди ( $p \leq 0,001$ ) в бедренной кости птицы опытной группы относительно контрольной. При оценке содержания железа в бедренной кости, в отличие от костной ткани, наблюдалась тенденция к снижению его концентрации, однако достоверных изменений не выявлено.

Скармливание совместно экструдированных пшеничных отрубей с известняковой мукой приводило к увеличению содержания кальция ( $p \leq 0,05$ ) в бедренной кости птицы, тогда как уровень фосфора не изменялся.

Принимая во внимание данные о том, что увеличение содержания кальция в рационе приводит к формированию Са-Р комплексов, которые снижают усвоение фосфора, авторами не было отмечено изменений содержания данного элемента в костной ткани [31]. Введение в рацион бикомпонентной экструдированной добавки способствовало лучшему усвоению ряда минеральных веществ, в том числе тех, которые имеют высокое сродство к фитиновой кислоте [32]. Предполагаем, что

**Рис. 3.** Содержание кальция и фосфора в костной ткани и бедренной кости в конце эксперимента  
Примечание: а)  $p \leq 0,05$ .

**Fig. 3.** Calcium and phosphorus content in bone tissue and femur at the end of the experiment  
Note: a)  $p \leq 0,05$ .



**Таблица 1.** Масса органов пищеварительного тракта и костной ткани цыплят-бройлеров, г

**Table 1.** Weight of digestive tract organs and bone tissue of broiler chickens, g

Органы и ткани	Группа	
	I	II
Мышечный желудок	36,70 ± 4,31	37,30 ± 1,11
Железистый желудок	10,90 ± 1,14	9,62 ± 0,41
Кишечник	92,30 ± 3,61	94,30 ± 5,36
Костная ткань (без бедренной кости)	285,61 ± 32,49	285,4 ± 26,05
Бедренная кость	30,65 ± 2,39	32,45 ± 3,54

**Таблица 2.** Содержание химических элементов в костной ткани (без бедренной кости)

**Table 2.** Content of chemical elements in bone tissue (without femur)

Элемент	Группа	
	I	II
мг/массу тканей		
Fe	4,18 ± 0,48	6,94 ± 0,63***
Cu	0,18 ± 0,02	0,18 ± 0,02
Zn	20,70 ± 2,36	30,90 ± 2,82**
Mn	0,67 ± 0,08	0,55 ± 0,05
г/массу тканей		
Mg	81,91 ± 9,32	107,00 ± 9,77*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

**Таблица 3.** Концентрация химических элементов в бедренной кости цыплят-бройлеров

**Table 3.** Concentration of chemical elements in the femur of broiler chickens

Элемент	Группа	
	I группа	II группа
мг/массу тканей органа		
Fe	3,950 ± 0,310	3,180 ± 0,31
Cu	0,030 ± 0,002	0,034 ± 0,003***
Zn	4,350 ± 0,340	5,350 ± 0,519***
Mn	0,070 ± 0,005	0,070 ± 0,007
г/массу тканей		
Mg	8,910 ± 0,700	10,700 ± 1,040***

Примечание: \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

экструзия приводит к изменениям, способствующим повышенной доступности ферментов к химическим связям, и тем самым препятствует формированию нерастворимых комплексов [33, 34].

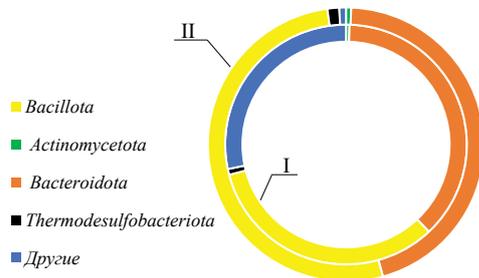
В результате было установлено достоверное увеличение в костной ткани меди, железа и цинка у птицы II группы в сравнении с I. Принимая во внимание, что медь и цинк являются важными участниками костного метаболизма и оказывают влияние на синтез костного коллагена и прочность костной ткани, предполагаем, что это окажет положительный эффект на развитие костного скелета [35, 36].

Известно, что изменения в микробиоме оказывают влияние на всасывание кальция, прочность и плотность костей [37]. Исследование микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров выявило высокое разнообразие таксономических групп. Было получено 49042 и 44124 ридов (прочтений) для I и II групп. Отмечалась тенденция к увеличению количества операционных таксономических единиц (ОТЕ) при сравнении групп без и с добавлением кальция (266 и 382 ОТУ для I и II групп).

Оценка бактериального состава микробиома слепой кишки показала, что *Bacillota* и *Bacteroidota* являются доминирующими таксонами в опытных группах, что также отмечается в других исследованиях [38]. Использование совместно экструдированной смеси углеводов (отруби) с известняковой мукой в рационе

**Рис. 4.** Относительная численность (% от всех прочтений) на уровне филума идентифицированных микроорганизмов в слепой кишке птицы I и II групп  
 Примечание: \* другие — таксоны, численность каждого из которых не превышала 2% от общего числа идентифицированных микроорганизмов

**Fig. 4.** Relative abundance (% of all reads) at the phylum level of identified microorganisms in the cecum of poultry groups I and II  
 Note: \* others — taxa, the number of each of which did not exceed 2% of the total number of identified microorganisms



цыплят-бройлеров приводило к изменениям в микробиоме слепой кишки птицы и способствовало увеличению доли бактерий филумов *Bacteroidota* (+7,59%) и *Bacillota* (+19,2%) в сравнении с обработанными отрубями без минеральной добавки (рис. 4).

Было отмечено более высокое содержание бактериальных таксонов *Bacteroidaceae* (+4,57%) и *Oscillospiraceae* (+14,5%), *unclassified Oscillospiraceae* (+7,49%), *Faecalibacterium* (+3,25%) и *Phocaeicola* (+4,76%) (рис. 5)

В то же время отмечалось снижение доли бактериального семейства *Rikenellaceae* (-22%), что закономерно на уровне рода было связано с меньшим содержанием микроорганизмов таксонов *Alistipes* (-16,1%) и *Rikenella* (-5,41%) (рис. 6).

Расчет индексов Chao1 и ACE показал достоверно более высокие значения во II группе в сравнении с I, что свидетельствовало о большем богатстве бактериального сообщества при использовании экструдированных отрубей вместе с известняковой мукой (табл. 4).

Анализ индексов альфа-разнообразия, таких как Fisher's alpha, Simpson и Shannon, достоверных различий при сравнении экспериментальных групп не показал.

Вычисление показателей бета-разнообразия показало различия в организации бактериальных сообществ в слепой кишке цыплят-бройлеров при сравнении I и II ( $p = 0,042$ ) групп (рис. 7).

Использование в рационе совместно экструдированных пшеничных отрубей с известняковой мукой приводило к увеличению доли бактерий, относящихся к различным таксономическим группам, которые разлагают целлюлозу и являются активными продуцентами короткоцепочечных жирных кислот, таких как бутират и пропионат [39–41]. Предполагаем, что это могло быть одной из причин, способствующей более активному усвоению кальция и отложению его в костях.

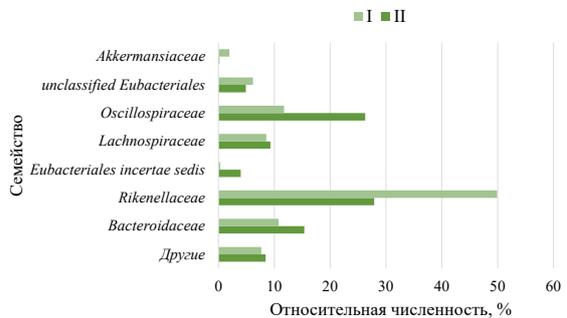
Метаболиты кишечной микробиоты, в особенности бутират, являются важным источником энергии для энтероцитов и играют важную роль в здоровье кишечника

Таблица 4. Индексы альфа-разнообразия  
 Table 4. Alpha diversity indices

Показатель	группа		P-value
	I	II	
Chao1	212,50 ± 2,50	243,50 ± 9,50	0,04
ACE	219,70 ± 2,49	250,90 ± 9,32	0,04
Fisher's alpha	32,40 ± 0,35	38,30 ± 2,70	0,07
Simpson	0,85 ± 0,06	0,96 ± 0,02	0,39
Shannon	3,40 ± 0,49	4,05 ± 0,45	0,25

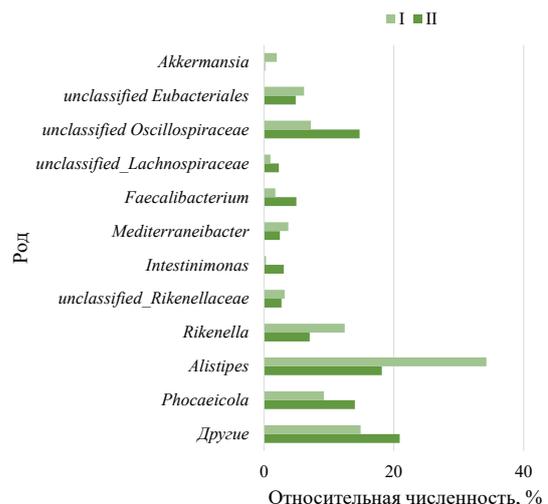
**Рис. 5.** Относительная численность (% от всех прочтений) на уровне семейства идентифицированных микроорганизмов в слепой кишке птицы I и II групп  
 Примечание: \* другие — таксоны, численность каждого из которых не превышала 2% от общего числа идентифицированных микроорганизмов

**Fig. 5.** Relative abundance (% of all reads) at the family level, of identified microorganisms in the cecum of poultry groups I and II  
 Note: \* others were taxa, the number of each of which did not exceed 2% of the total number of identified microorganisms.



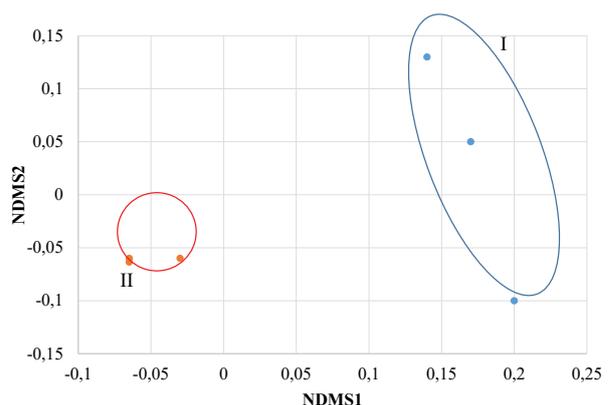
**Рис. 6.** Относительная численность (% от всех прочтений) на уровне рода идентифицированных микроорганизмов в слепой кишке птицы I и II опытных групп  
 Примечание: \* другие — таксоны, численность каждого из которых не превышала 2% от общего числа идентифицированных микроорганизмов

**Fig. 6.** Relative abundance (% of all reads), at the family level, of identified microorganisms in the cecum of poultry from experimental groups I and II  
 Note: \* others were taxa, the number of each of which did not exceed 2% of the total number of identified microorganisms.



**Рис. 7.** Бета-разнообразие микробиоты слепого отростка кишечника цыплят-бройлеров I и II групп с использованием статистического метода PERMANOVA, неметрического многомерного масштабирования и несходства Брея — Кертиса ( $n = 3$ )

**Fig. 7.** Beta diversity of microbiota of the caecum of broiler chickens of groups I and II using the statistical method PERMANOVA, non-metric multidimensional scaling and Bray — Curtis dissimilarity ( $n = 3$ )



птицы. Отмечается, что бутират, ацетат и пропионат оказывают влияние на пролиферацию клеток эпителия слизистой оболочки кишечника (тем самым увеличивая площадь всасывания), способствуют увеличению транспорта кальция и его всасывания [38, 42].

### Выводы/Conclusions

Использование в рационе экструдированных компонентов совместно с карбонатом кальция приводило к изменениям в процессах пищеварения и минеральном обмене. Была отмечена положительная динамика в усвоении питательных веществ из корма в опытной группе в сравнении с контролем, что выражалось в увеличении переваримости сырого жира на 8,5% ( $p \leq 0,05$ ).

Исследование элементного состава показало увеличение содержания железа (+ 66%,  $p \leq 0,05$ ), цинка (+ 49,3%,  $p \leq 0,05$ ) и магния (+ 30,6%,  $p \leq 0,05$ ) в костной

ткани, кальция (+ 6,9%,  $p \leq 0,05$ ), цинка (+ 23%,  $p \leq 0,05$ ), меди (+ 13,3%,  $p \leq 0,05$ ) и магния (20,1%,  $p \leq 0,05$ ) в бедренной кости птицы, получавшей в рационе обработанные экструзией пшеничные отруби с карбонатом кальция в сравнении с контролем.

В микробиоме слепой кишки наблюдалось увеличение доли бактерий таксонов *Bacteroidaceae* (+4,57%) и *Oscillospiraceae* (+14,5%), *unclassified Oscillospiraceae* (+7,49%), осуществляющих расщепление целлюлозы и синтез короткоцепочечных кислот (бутирата, пропионата) у птицы в группе, получавшей с рационом известняковою муку.

Таким образом, результаты исследования показали перспективы применения экструдированных пшеничных отрубей, обогащенных кальцием в рационах кормления сельскохозяйственной птицы. Полученные данные могут быть использованы в рамках функциональной и экономической оптимизации рационов.

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 Российского научного фонда № 23-16-00165.  
<https://rscf.ru/project/23-16-00165/>

### FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation No. 23-16-00165.  
<https://rscf.ru/project/23-16-00165/>

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Asasi R., Ahmadi H., Torshizi M.A.K., Torshizi R.V., Shariatmadari F. Assessing the nutritional equivalency of DL-methionine and L-methionine in broiler chickens: a meta-analytical study. *Poultry Science*. 2023; 102(12): 103143. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103143>
- Moita V.H.C., Kim S.W. Nutritional and Functional Roles of Phytase and Xylanase Enhancing the Intestinal Health and Growth of Nursery Pigs and Broiler Chickens. *Animals*. 2022; 12(23): 3322. <https://doi.org/10.3390/ani12233322>
- Lang W., Hong P., Li R., Zhang H., Huang Y., Zheng X. Growth performance and intestinal morphology of Hyline chickens fed diets with different diet particle sizes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019; 103(2): 518–524. <https://doi.org/10.1111/jpn.13046>
- Deng Z., Duarte M.E., Jang K.B., Kim S.W. Soy protein concentrate replacing animal protein supplements and its impacts on intestinal immune status, intestinal oxidative stress status, nutrient digestibility, mucosa-associated microbiota, and growth performance of nursery pigs. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(10): skac255. <https://doi.org/10.1093/jas/skac255>
- Shang Q., Wu D., Liu H., Mahfuz S., Piao X. The Impact of Wheat Bran on the Morphology and Physiology of the Gastrointestinal Tract in Broiler Chickens. *Animals*. 2020; 10(10): 1831. <https://doi.org/10.3390/ani10101831>
- Adedokun S.A., Adeola O. Regression-Derived Ileal Endogenous Amino Acid Losses in Broiler Chickens and Cannulated Pigs Fed Corn Fiber, Wheat Bran, and Pectin. *Animals*. 2020; 10(11): 2145. <https://doi.org/10.3390/ani10112145>
- Tejeda O.J., Kim W.K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals*. 2021; 11(2): 461. <https://doi.org/10.3390/ani11020461>
- Röhe I., Zentek J. Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021; 12: 82. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00594-y>
- Yang J., Qin K., Sun Y., Yang X. Microbiota-accessible fiber activates short-chain fatty acid and bile acid metabolism to improve intestinal mucus barrier in broiler chickens. *Microbiology Spectrum*. 2024; 12(1): e02065-23. <https://doi.org/10.1128/spectrum.02065-23>
- Lin Y., Olukosi O.A. Qualitative and quantitative profiles of jejunal oligosaccharides and cecal short-chain fatty acids in broiler chickens receiving different dietary levels of fiber, protein and exogenous enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021; 101(12): 5190–5201. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11165>
- Okrathok S., Sirisopapong M., Mermillod P., Khempaka S. Modified dietary fiber from cassava pulp affects the cecal microbial population, short-chain fatty acid, and ammonia production in broiler chickens. *Poultry Science*. 2023; 102(1): 102265. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102265>
- Kim O.-H. et al. High-phytate/low-calcium diet is a risk factor for crystal nephropathies, renal phosphate wasting, and bone loss. *eLife*. 2020; 9: e52709. <https://doi.org/10.7554/eLife.52709>
- Torre M., Rodriguez A.R., Saura-Calixto F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1991; 30(1): 1–22. <https://doi.org/10.1080/10408399109527539>

### REFERENCES

- Asasi R., Ahmadi H., Torshizi M.A.K., Torshizi R.V., Shariatmadari F. Assessing the nutritional equivalency of DL-methionine and L-methionine in broiler chickens: a meta-analytical study. *Poultry Science*. 2023; 102(12): 103143. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103143>
- Moita V.H.C., Kim S.W. Nutritional and Functional Roles of Phytase and Xylanase Enhancing the Intestinal Health and Growth of Nursery Pigs and Broiler Chickens. *Animals*. 2022; 12(23): 3322. <https://doi.org/10.3390/ani12233322>
- Lang W., Hong P., Li R., Zhang H., Huang Y., Zheng X. Growth performance and intestinal morphology of Hyline chickens fed diets with different diet particle sizes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019; 103(2): 518–524. <https://doi.org/10.1111/jpn.13046>
- Deng Z., Duarte M.E., Jang K.B., Kim S.W. Soy protein concentrate replacing animal protein supplements and its impacts on intestinal immune status, intestinal oxidative stress status, nutrient digestibility, mucosa-associated microbiota, and growth performance of nursery pigs. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(10): skac255. <https://doi.org/10.1093/jas/skac255>
- Shang Q., Wu D., Liu H., Mahfuz S., Piao X. The Impact of Wheat Bran on the Morphology and Physiology of the Gastrointestinal Tract in Broiler Chickens. *Animals*. 2020; 10(10): 1831. <https://doi.org/10.3390/ani10101831>
- Adedokun S.A., Adeola O. Regression-Derived Ileal Endogenous Amino Acid Losses in Broiler Chickens and Cannulated Pigs Fed Corn Fiber, Wheat Bran, and Pectin. *Animals*. 2020; 10(11): 2145. <https://doi.org/10.3390/ani10112145>
- Tejeda O.J., Kim W.K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals*. 2021; 11(2): 461. <https://doi.org/10.3390/ani11020461>
- Röhe I., Zentek J. Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021; 12: 82. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00594-y>
- Yang J., Qin K., Sun Y., Yang X. Microbiota-accessible fiber activates short-chain fatty acid and bile acid metabolism to improve intestinal mucus barrier in broiler chickens. *Microbiology Spectrum*. 2024; 12(1): e02065-23. <https://doi.org/10.1128/spectrum.02065-23>
- Lin Y., Olukosi O.A. Qualitative and quantitative profiles of jejunal oligosaccharides and cecal short-chain fatty acids in broiler chickens receiving different dietary levels of fiber, protein and exogenous enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021; 101(12): 5190–5201. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11165>
- Okrathok S., Sirisopapong M., Mermillod P., Khempaka S. Modified dietary fiber from cassava pulp affects the cecal microbial population, short-chain fatty acid, and ammonia production in broiler chickens. *Poultry Science*. 2023; 102(1): 102265. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102265>
- Kim O.-H. et al. High-phytate/low-calcium diet is a risk factor for crystal nephropathies, renal phosphate wasting, and bone loss. *eLife*. 2020; 9: e52709. <https://doi.org/10.7554/eLife.52709>
- Torre M., Rodriguez A.R., Saura-Calixto F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1991; 30(1): 1–22. <https://doi.org/10.1080/10408399109527539>

14. Claye S.S., Idouraine A., Weber C.W. In vitro mineral binding capacity of five fiber sources and their insoluble components for copper and zinc. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1996; 49(4): 257–269. <https://doi.org/10.1007/BF01091975>
15. Reinhold J.G., Garcia J.S., Garzon P. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1981; 34(7): 1384–1391. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.7.1384>
16. Mironeasa S., Cojovanu I., Mironeasa C., Ungureanu-luga M. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Bioactive Compounds from Vegetal Sources. *Antioxidants*. 2023; 12(7): 1453. <https://doi.org/10.3390/antiox12071453>
17. Gualberto D.G., Bergman C.J., Weber C.W. Mineral binding capacity of dephytinized insoluble fiber from extruded wheat, oat and rice brans. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1997; 51(4): 295–310. <https://doi.org/10.1023/a:1007972205452>
18. Albarracin M., Weisstaub A.R., Zuleta A., Mandalunis P., González R.J., Drago S.R. Effects of extruded whole maize, polydextrose and cellulose as sources of fibre on calcium bioavailability and metabolic parameters of growing Wistar rats. *Food & Function*. 2014; 5(4): 804–810. <https://doi.org/10.1039/c3fo60424a>
19. Galán M.G., Weisstaub A., Zuleta A., Drago S.R. Effects of extruded whole-grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) based diets on calcium absorption and bone health of growing Wistar rats. *Food & Function*. 2020; 11(1): 508–513. <https://doi.org/10.1039/c9fo01817d>
20. Курилкина М.Я., Холодилина Т.Н., Муслимова Д.М., Казачкова Н.М., Мирошникова Е.П. Воздействие экструдированных продуктов на биологическую доступность и обмен химических элементов в организме цыплят-бройлеров. *Вестник мясного скотоводства*. 2016; 2: 69–75. <https://www.elibrary.ru/waqtzr>
21. Рязанцева К.В., Нечитайло К.С., Сизова Е.А. Нормирование минерального питания цыплят-бройлеров (обзор). *Животноводство и кормопроизводство*. 2021; 104(1): 119–137. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-119>
22. Рязанцева К.В., Сизова Е.А. Химический состав костной ткани цыплят-бройлеров на фоне высокоэнергетического рациона. *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Новосибирск: Золотой колос*. 2021; 406–410. <https://www.elibrary.ru/azgcww>
23. Hartcher K.M., Lum H.K. Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. *World's Poultry Science Journal*. 2019; 76(1): 154–167. <https://doi.org/10.1080/00439339.2019.1680025>
24. Opengart K., Bilgili S.F., Warren G.L., Baker K.T., Moore J.D., Dougherty S. Incidence, severity, and relationship of broiler footpad lesions and gait scores of market-age broilers raised under commercial conditions in the southeastern United States. *Journal of Applied Poultry Research*. 2018; 27(3): 424–432. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy002>
25. Холодилина Т.Н., Курилкина М.Я., Атландерова К.Н. Экструзионная обработка как фактор, определяющий аминокислотный состав различных компонентов корма для цыплят-бройлеров. *Животноводство и кормопроизводство*. 2022; 105(1): 74–81. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-74>
26. Dhariwal A., Chong J., Habib S., King I.L., Agellon, L.B., Xia J. MicrobiomeAnalyst: A web-based tool for comprehensive statistical, visual and meta-analysis of microbiome data. *Nucleic Acids Research*. 2017; 45(W1): W180–W188. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx295>
27. Risyahadi S.T., Sukria H.A., Retnani Y., Wijayanti I., Jayanegara A., Qomariyah N. Effects of dietary extrusion on the performance and apparent ileal digestion of broilers: a meta-analysis. *Italian Journal of Animal Science*. 2023; 22(1): 291–300. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2184277>
28. Холодилина Т.Н., Яушева Е.В., Рязанцева К.В., Сизова Е.А., Нечитайло К.С. Продуктивные качества, переваримость кормов и кишечный микробиом у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) при добавлении в рацион нативных и экструдированных углеводных компонентов. *Сельскохозяйственная биология*. 2024; 59(2): 274–288. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.2.274rus>
29. Selle P.H., Cowieson A.J., Ravindran V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livestock Science*. 2009; 124(1–3): 126–141. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.01.006>
30. Selle P.H., Macelline S.P., Chrystal P.V., Liu S.Y. The Contribution of Phytate-Degrading Enzymes to Chicken-Meat Production. *Animals*. 2023; 13(4): 603. <https://doi.org/10.3390/ani13040603>
31. David L.S., Anwar M.N., Abdollahi M.R., Bedford M.R., Ravindran V. Calcium Nutrition of Broilers: Current Perspectives and Challenges. *Animals*. 2023; 13(10): 1590. <https://doi.org/10.3390/ani13101590>
32. Moran E.T., Bedford M.R. Basis for the diversity and extent in loss of digestible nutrients created by dietary phytin: Emphasis on fowl and swine. *Animal Nutrition*. 2024; 16: 422–428. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.11.010>
33. Hejdysz M., Kaczmarek S.A., Kubiś M., Adamski M., Perz K., Rutkowski A. The effect of faba bean extrusion on the growth performance, nutrient utilization, metabolizable energy, excretion of sialic acids and meat quality of broiler chickens. *Animal*. 2019; 13(8): 1583–1590. <https://doi.org/10.1017/S175173111800366X>
34. Hejdysz M., Kaczmarek S.A., Rutkowski A. Effect of extrusion on the nutritional value of peas for broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*. 2016; 70(5): 364–377. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2016.1206736>
14. Claye S.S., Idouraine A., Weber C.W. In vitro mineral binding capacity of five fiber sources and their insoluble components for copper and zinc. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1996; 49(4): 257–269. <https://doi.org/10.1007/BF01091975>
15. Reinhold J.G., Garcia J.S., Garzon P. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1981; 34(7): 1384–1391. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.7.1384>
16. Mironeasa S., Cojovanu I., Mironeasa C., Ungureanu-luga M. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Bioactive Compounds from Vegetal Sources. *Antioxidants*. 2023; 12(7): 1453. <https://doi.org/10.3390/antiox12071453>
17. Gualberto D.G., Bergman C.J., Weber C.W. Mineral binding capacity of dephytinized insoluble fiber from extruded wheat, oat and rice brans. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1997; 51(4): 295–310. <https://doi.org/10.1023/a:1007972205452>
18. Albarracin M., Weisstaub A.R., Zuleta A., Mandalunis P., González R.J., Drago S.R. Effects of extruded whole maize, polydextrose and cellulose as sources of fibre on calcium bioavailability and metabolic parameters of growing Wistar rats. *Food & Function*. 2014; 5(4): 804–810. <https://doi.org/10.1039/c3fo60424a>
19. Galán M.G., Weisstaub A., Zuleta A., Drago S.R. Effects of extruded whole-grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) based diets on calcium absorption and bone health of growing Wistar rats. *Food & Function*. 2020; 11(1): 508–513. <https://doi.org/10.1039/c9fo01817d>
20. Kuriikina M.Ya., Kholodilina T.N., Muslyumova D.M., Kazachkova N.M., Miroshnikova E.P. Impact of extruded products on biological availability and exchange of chemical elements in the body of broiler chickens. *Herald of beef cattle breeding*. 2016; 2: 69–75 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/waqtzr>
21. Ryazantseva K.V., Nechitalo K.S., Sizova E.A. Broiler chickens mineral nutrition rationing (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2021; 104(1): 119–137 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-119>
22. Ryazantseva K.V., Sizova E.A. Chemical composition of bone tissue of broiler chickens against the background of a high-energy diet. *The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas. Collection of the VI All-Russian (national) scientific conference with international participation*. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2021; 406–410 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/azgcww>
23. Hartcher K.M., Lum H.K. Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. *World's Poultry Science Journal*. 2019; 76(1): 154–167. <https://doi.org/10.1080/00439339.2019.1680025>
24. Opengart K., Bilgili S.F., Warren G.L., Baker K.T., Moore J.D., Dougherty S. Incidence, severity, and relationship of broiler footpad lesions and gait scores of market-age broilers raised under commercial conditions in the southeastern United States. *Journal of Applied Poultry Research*. 2018; 27(3): 424–432. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy002>
25. Kholodilina T.N., Kuriikina M.Ya., Atlanderova K.N. Extrusion processing as factor determining the amino acid composition of various feed components for broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022; 105(1): 74–81 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-74>
26. Dhariwal A., Chong J., Habib S., King I.L., Agellon, L.B., Xia J. MicrobiomeAnalyst: A web-based tool for comprehensive statistical, visual and meta-analysis of microbiome data. *Nucleic Acids Research*. 2017; 45(W1): W180–W188. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx295>
27. Risyahadi S.T., Sukria H.A., Retnani Y., Wijayanti I., Jayanegara A., Qomariyah N. Effects of dietary extrusion on the performance and apparent ileal digestion of broilers: a meta-analysis. *Italian Journal of Animal Science*. 2023; 22(1): 291–300. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2184277>
28. Holodilina T.N., Yausheva E.V., Ryazantseva K.V., Sizova E.A., Nechitalo K.S. Productive performance, feed digestibility and gut microbiome of broiler chickens (*Gallus gallus* L.) fed diets with native and extruded carbohydrate containing ingredients. *Agricultural Biology*. 2024; 59(2): 274–288. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.2.274eng>
29. Selle P.H., Cowieson A.J., Ravindran V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livestock Science*. 2009; 124(1–3): 126–141. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.01.006>
30. Selle P.H., Macelline S.P., Chrystal P.V., Liu S.Y. The Contribution of Phytate-Degrading Enzymes to Chicken-Meat Production. *Animals*. 2023; 13(4): 603. <https://doi.org/10.3390/ani13040603>
31. David L.S., Anwar M.N., Abdollahi M.R., Bedford M.R., Ravindran V. Calcium Nutrition of Broilers: Current Perspectives and Challenges. *Animals*. 2023; 13(10): 1590. <https://doi.org/10.3390/ani13101590>
32. Moran E.T., Bedford M.R. Basis for the diversity and extent in loss of digestible nutrients created by dietary phytin: Emphasis on fowl and swine. *Animal Nutrition*. 2024; 16: 422–428. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.11.010>
33. Hejdysz M., Kaczmarek S.A., Kubiś M., Adamski M., Perz K., Rutkowski A. The effect of faba bean extrusion on the growth performance, nutrient utilization, metabolizable energy, excretion of sialic acids and meat quality of broiler chickens. *Animal*. 2019; 13(8): 1583–1590. <https://doi.org/10.1017/S175173111800366X>
34. Hejdysz M., Kaczmarek S.A., Rutkowski A. Effect of extrusion on the nutritional value of peas for broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*. 2016; 70(5): 364–377. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2016.1206736>

35. Torres C.A., Korver D.R. Influences of trace mineral nutrition and maternal flock age on broiler embryo bone development. *Poultry Science*. 2018; 97(8): 2996–3003.  
<https://doi.org/10.3382/ps/pey136>

36. Wen X., Wang J., Pei X., Zhang X. Zinc-based biomaterials for bone repair and regeneration: mechanism and applications. *Journal of Materials Chemistry B*. 2023; 11(48): 11405–11425.  
<https://doi.org/10.1039/d3tb01874a>

37. McCabe L., Britton R.A., Parameswaran N. Prebiotic and Probiotic Regulation of Bone Health: Role of the Intestine and its Microbiome. *Current Osteoporosis Reports*. 2015; 13(6): 363–371.  
<https://doi.org/10.1007/s11914-015-0292-x>

38. Shang Q.H. *et al.* Effects of wheat bran in comparison to antibiotics on growth performance, intestinal immunity, barrier function, and microbial composition in broiler chickens. *Poultry Science*. 2020; 99(10): 4929–4938.  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.031>

39. Ganesan K., Chung S.K., Vanamala J., Xu B. Causal Relationship between Diet-Induced Gut Microbiota Changes and Diabetes: A Novel Strategy to Transplant *Faecalibacterium prausnitzii* in Preventing Diabetes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018; 19(12): 3720.  
<https://doi.org/10.3390/ijms19123720>

40. Hiippala K. *et al.* The Potential of Gut Commensals in Reinforcing Intestinal Barrier Function and Alleviating Inflammation. *Nutrients*. 2018; 10(8): 988.  
<https://doi.org/10.3390/nu10080988>

41. Vermeulen K. *et al.* Reduced-Particle-Size Wheat Bran Is Efficiently Colonized by a Lactic Acid-Producing Community and Reduces Levels of *Enterobacteriaceae* in the Cecal Microbiota of Broilers. *Applied and Environmental Microbiology*. 2018; 84(21): e01343-18.  
<https://doi.org/10.1128/AEM.01343-18>

42. Wang J., Wu S., Zhang Y., Yang J., Hu Z. Gut microbiota and calcium balance. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13: 1033933.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1033933>

35. Torres C.A., Korver D.R. Influences of trace mineral nutrition and maternal flock age on broiler embryo bone development. *Poultry Science*. 2018; 97(8): 2996–3003.  
<https://doi.org/10.3382/ps/pey136>

36. Wen X., Wang J., Pei X., Zhang X. Zinc-based biomaterials for bone repair and regeneration: mechanism and applications. *Journal of Materials Chemistry B*. 2023; 11(48): 11405–11425.  
<https://doi.org/10.1039/d3tb01874a>

37. McCabe L., Britton R.A., Parameswaran N. Prebiotic and Probiotic Regulation of Bone Health: Role of the Intestine and its Microbiome. *Current Osteoporosis Reports*. 2015; 13(6): 363–371.  
<https://doi.org/10.1007/s11914-015-0292-x>

38. Shang Q.H. *et al.* Effects of wheat bran in comparison to antibiotics on growth performance, intestinal immunity, barrier function, and microbial composition in broiler chickens. *Poultry Science*. 2020; 99(10): 4929–4938.  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.031>

39. Ganesan K., Chung S.K., Vanamala J., Xu B. Causal Relationship between Diet-Induced Gut Microbiota Changes and Diabetes: A Novel Strategy to Transplant *Faecalibacterium prausnitzii* in Preventing Diabetes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018; 19(12): 3720.  
<https://doi.org/10.3390/ijms19123720>

40. Hiippala K. *et al.* The Potential of Gut Commensals in Reinforcing Intestinal Barrier Function and Alleviating Inflammation. *Nutrients*. 2018; 10(8): 988.  
<https://doi.org/10.3390/nu10080988>

41. Vermeulen K. *et al.* Reduced-Particle-Size Wheat Bran Is Efficiently Colonized by a Lactic Acid-Producing Community and Reduces Levels of *Enterobacteriaceae* in the Cecal Microbiota of Broilers. *Applied and Environmental Microbiology*. 2018; 84(21): e01343-18.  
<https://doi.org/10.1128/AEM.01343-18>

42. Wang J., Wu S., Zhang Y., Yang J., Hu Z. Gut microbiota and calcium balance. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13: 1033933.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1033933>

## ОБ АВТОРАХ

### Елена Владимировна Яшуева<sup>1</sup>

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук  
 vasilena56@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1589-2211>

### Татьяна Николаевна Холодилкина<sup>1, 2</sup>

ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук<sup>1</sup>;  
 доцент кафедры экологии и природопользования, кандидат  
 сельскохозяйственных наук<sup>2</sup>  
 xolodilina@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3946-8247>

### Кристина Владимировна Рязанцева<sup>1</sup>

младший научный сотрудник  
 reger94@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5134-0396>

### Елена Анатольевна Сизова<sup>1, 2</sup>

ведущий научный сотрудник, доцент, доктор биологических наук,  
 кандидат биологических наук<sup>1</sup>;  
 профессор научно-образовательного центра «Биологические  
 системы и нанотехнологии», доцент, доктор биологических наук,  
 кандидат биологических наук<sup>2</sup>  
 sizova.l78@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

### Татьяна Андреевна Климова<sup>1</sup>

младший научный сотрудник  
 ga-lche-nok@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4298-1663>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 46000, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, Оренбург, 460018, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

### Elena Vladimirovna Yausheva<sup>1</sup>

Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences  
 vasilena56@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1589-2211>

### Tatyana Nikolaevna Kholodilina<sup>1, 2</sup>

Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences<sup>1</sup>;  
 Associate Professor of the Department of Ecology and Nature  
 Management, Candidate of Agricultural Sciences<sup>2</sup>  
 xolodilina@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3946-8247>

### Kristina Vladimirovna Ryazantseva<sup>1</sup>

Junior Researcher  
 reger94@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5134-0396>

### Elena Anatolyevna Sizova<sup>1, 2</sup>

Leading Researcher, Associate Professor, Doctor of Biological  
 Sciences, Candidate of Biological Sciences<sup>1</sup>;  
 Professor of the Scientific and Educational Center “Biological  
 Systems and Nanotechnology”, Associate Professor, Doctor  
 of Biological Sciences, Candidate of Biological Sciences<sup>2</sup>  
 sizova.l78@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5125-5981>

### Tatyana Andreevna Klimova<sup>1</sup>

Junior Research Assistant  
 ga-lche-nok@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4298-1663>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9<sup>th</sup> Str., Orenburg, 46000, Russia

<sup>2</sup> Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia

Е.В. Шейда<sup>1, 2</sup> ✉Г.К. Дускаев<sup>1</sup>С.А. Мирошников<sup>1</sup>М.С. Аринжанова<sup>1</sup>Д.А. Проскурин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

✉ elena-shejjda@mail.ru

Поступила в редакцию:  
28.03.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

## Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-82-87

Elena V. Sheida<sup>1, 2</sup> ✉Galimzhan K. Duskaev<sup>1</sup>Sergey A. Miroshnikov<sup>1</sup>Maria S. Arinzhanova<sup>1</sup>Dmitry A. Proskurin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Federal State Educational Institution of Higher Education Orenburg State University, Orenburg, Russia

✉ elena-shejjda@mail.ru

Received by the editorial office:  
28.03.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

# Изменение метаболических параметров рубцового содержимого в результате преобразования отходов маслоэкстракционных производств в системе непрерывной ферментации

## РЕЗЮМЕ

**Аннотация.** В данной работе авторы провели оценку метаболических параметров рубцового содержимого в результате преобразования растительного субстрата (льняной жмых) в конструкции биореактора (ферментере непрерывного действия).

**Методы.** Исследование проводили методом *in vitro* по специализированной методике с использованием биореактора, продолжительность ферментации в котором составляла 20 суток непрерывной ферментации без дополнительного добавления субстрата. Рубцовое содержимое было получено от бычков казахской белоголовой породы возрастом 15 месяцев с хронической fistulой рубца. Уровень летучих жирных кислот в содержимом рубца определялся методом газовой хроматографии. Определение химического состава испытуемого субстрата осуществлялось по общепринятым методикам.

**Результаты.** Непрерывная ферментация льняного жмыха в биореакторе в течение 14 суток показала способность данного субстрата поддерживать активность рубцовой микрофлоры для разложения питательных компонентов. В результате расщепления льняного жмыха отмечено сохранение достаточно высокого уровня летучих жирных кислот и метаболитов азота в инокуляте рубца, а также увеличение переваримости СВ, СЖ, СП в данном кормовом средстве. Результаты исследования показывают, что льняной жмых может быть использован для синтеза микробного белка и в качестве источника белка и жира при добавлении в рацион жвачных животных с использованием системы непрерывного культивирования.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, искусственный рубец, биореактор, льняной жмых, метаболиты, биомасса рубца

**Для цитирования:** Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Аринжанова М.С., Проскурин Д.А. Изменение метаболических параметров рубцового содержимого в результате преобразования отходов маслоэкстракционных производств в системе непрерывной ферментации. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 82–87.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-82-87>

© Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Аринжанова М.С., Проскурин Д.А.

# Changes in the metabolic parameters of rumen changes as a result of converting oil extraction waste into a continuous fermentation system

## ABSTRACT

**Annotation.** In this paper, the authors evaluated the metabolic parameters of the scar content as a result of the transformation of a vegetable substrate (linseed cake) in the design of a bioreactor (continuous fermenter).

**Methods.** The study was carried out *in vitro* using a specialized technique using a bioreactor, the duration of fermentation in which was 20 days of continuous fermentation without additional addition of a substrate. The scar content was obtained from Kazakh white-headed bull calves aged 15 months with chronic scar fistula. The level of volatile fatty acids in the contents of the rumen was determined by gas chromatography. The chemical composition of the test substrate was determined according to generally accepted methods.

**Results.** Continuous fermentation of linseed cake in a bioreactor for 14 days showed the ability of this substrate to maintain the activity of the scar microbiota for the decomposition of nutritional components. As a result of the splitting of flaxseed cake, the preservation of a sufficiently high level of volatile fatty acids and nitrogen metabolites in the rumen inoculum was noted, as well as an increase in the digestibility of DM, CF, CP in this feed medium, was noted. The results of this study show that flaxseed cake can be used for the synthesis of microbial protein and as a source of protein and fat when added to the diet of ruminants using a continuous cultivation system.

**Key words:** cattle, artificial rumen, bioreactor, flaxseed cake, metabolites, rumen biomass

**For citation:** Sheida E.V., Duskaev G.K., Miroshnikov S.A., Arinzhanova M.S., Proskurin D.A. Changes in the metabolic parameters of rumen changes as a result of converting oil extraction waste into a continuous fermentation system. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 82–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-82-87>

© Sheida E.V., Duskaev G.K., Miroshnikov S.A., Arinzhanova M.S., Proskurin D.A.

## Введение/Introduction

В настоящее время при организации переработки отходов маслоэкстракционных производств крайне низкой является эффективность использования побочных продуктов сельского хозяйства, таких как лузга, шелуха, и некоторых других отходов, содержащих трудноперевариваемую клетчатку [1, 2]. Тем не менее состав этих отходов позволяет рассматривать их как перспективное сырье для пищевой промышленности и животноводства.

Главные проблемы — низкая биологическая доступность питательных веществ этих растительных субстратов и негативное влияние на микробиоту рубца за счет содержания большого количества жира и лигнина [3]. В связи с этим ожидаемо, что перспективные решения по наращиванию производства продовольствия в ближайшие годы станут возможными через создание промышленных технологий, построенных на принципах работы пищеварительного аппарата жвачных, являющихся интересным источником устойчивого консорциума микроорганизмов, способных перерабатывать растительные отходы со значительным содержанием некрахмалистых полисахаридов [1, 4].

Прийти к осуществлению этой непростой задачи можно благодаря совершенствованию уже существующих систем непрерывного культивирования различных конструкций, моделирующих пищеварение рубца жвачных (*Rumen continuous fermenter*, RCF) [5]. Данные аппараты в настоящее время используются для оценки влияния состава корма, кормовых добавок и рациона на синтез микробного белка, пищеварение и процессы ферментации, осуществляемые в инокуляте рубца жвачных животных.

Важным преимуществом ферментеров непрерывного культивирования *in vitro* является способность удалять конечные продукты ферментации и поддерживать относительно стабильную ферментацию в течение длительного периода времени [6]. Основные недостатки таких систем — накопление непереваренных материалов в ферментационных колбах, трудности с поддержанием микробного разнообразия и постоянства среды инокулята рубца, близкой к *in vivo* и т. д. [7, 8].

За 60-летнюю историю с начала разработки первого аппарата ферментации непрерывного культивирования учеными был сделан большой шаг для преодоления недостатков работы данных устройств, но тем не менее не все проблемы были решены [9].

Моделирование «идеального» биореактора, поддерживающего и воспроизводящего условия среды и естественное микробное сообщество рубца жвачного животного, является актуальной задачей и может дать начало передовой природоподобной технологии, производящей такие конечные продукты ферментации, как летучие жирные кислоты, водород и метан, которые могут использоваться в качестве прекурсоров для производства биотоплива или в качестве биотоплива [10].

Таким образом, совершенствование конструкции ферментера непрерывного действия не только даст возможность преобразования отходов сельского хозяйства благодаря внедрению в биотехнологическую промышленность принципов работы пищеварения жвачных [11, 12], но и поможет приблизиться к изучению структуры и функционирования экосистемы сложного консорциума микроорганизмов, обитающих в преджелудках животного-хозяина.

*Цель исследования* — проанализировать изменения инокулята рубцовой жидкости в результате преобразования льняного жмыха в условиях непрерывной работы биореактора в течение продолжительного времени.

## Материалы и методы / Materials and methods

Исследования проводили с 04.2021 по 05.2023 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» (Оренбург, Россия).

Объекты исследования — растительные отходы масложировой промышленности: льняной жмых по ГОСТ 10974<sup>1</sup> (Самарская область, Россия), ферментированная рубцовая жидкость.

Отбор рубцовой жидкости для загрузки в биореактор производили из рубца быков казахской белоголовой породы при убое (убойный цех мясоперерабатывающего комбината «Мегаторг», х. Чулошников, Оренбургская обл., Россия). Полученную рубцовую жидкость помещали в термосы объемом 3 л, транспортировку осуществляли в течение 30 минут.

Группой соавторов совместно с ООО «Основа» (г. Москва, Россия) была разработана конструкция биореактора (рис. 1), продолжительность ферментации в котором составляла 20 суток непрерывной ферментации без дополнительного добавления субстрата.

Установка состоит из реактора, представляющего собой цилиндрическую емкость, с рабочим объемом 100 л с конусным дном и нижним выпуском. Рамная мешалка с плавающими скребками из фторопласта и наклонными серповидными лопастями встроена внутрь емкости.

Ферментер был заполнен на 80% от объема емкости ( $V = 100$  л), причем 2/3 этого объема загружали опытными образцами растительных субстратов. Ферментация осуществлялась в биореакторе на таком растительном субстрате, как льняной жмых (отход масложировой промышленности).

Образцы льняного жмыха подвергались высушиванию (сушильный шкаф) (Binder, Германия) (+60 °C) до константного веса, в последующем проводился анализ химического состава до и после ферментации.

Рубцовая жидкость представляла жидкую часть ферментера и была получена от бычков казахской белоголовой породы возрастом 15 месяцев с хронической фистулой рубца ( $n = 4$ ).

Рацион кормления подопытных животных составлялся с учетом рекомендаций<sup>2</sup> и включал: сено разнотравное — 47,4%, сено бобовое — 32,6%, зерновую смесь — 19%, минеральный премикс — 1,0%. В рационе: сухое вещество — 94,7%, сырой протеин — 5,9%, сырая клетчатка — 28%, НДК — 6,3%, КДК — 4,6%, гемицеллюлоза — 1,65%, сырой жир — 2,73%, органическое вещество — 93,4%, Са — 0,51%, Р — 0,37%.

Корм скармливался животным два раза в день, при этом они имели свободный доступ к питьевой воде.

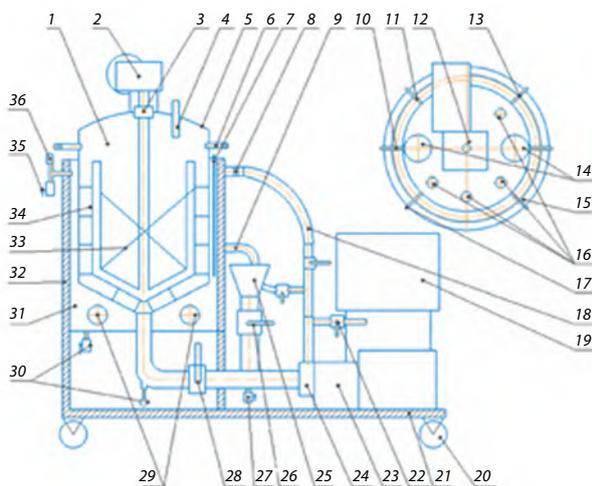
Сбор рубцовой жидкости у фистульных животных проводился через 3 часа после кормления. Транспортировка осуществлялась в термосе в течение 30 мин. с терморегуляцией на уровне +38,5–39,0 °C. Фильтрация рубцовой жидкости была выполнена через 4 слоя марли

<sup>1</sup> ГОСТ 10974-95 Жмых льняной. Технические условия.

<sup>2</sup> Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглова В.В., Клейменова Н.И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. 3-е изд., доп. и перераб. Москва. 2003; 456.

**Рис. 1.** Схема-конструкция биореактора (ферментера): 1 — цилиндрическая рабочая емкость; 2 — привод мешалки; 3 — герметичная муфта вала мешалки; 4 — моющая головка; 5 — съемная крышка; 6 — ниппель для подачи газа; 7 — датчик температуры воды в рубашке; 8 — верхний тангенциальный гомогенизирующий ввод в емкость; 9 — нижний тангенциальный ввод в емкость; 10 — ниппель с манометром; 11 — запасной ниппель; 12 — верхняя часть привода мешалки; 13 — ниппель для подачи пара; 14 — диоптры; 15 — запасной ниппель; 16 — ниппели для установки датчиков pH; 17 — ниппель для подачи пара; 18 — гибкий трубопровод; 19 — щит управления; 20 — ролики для перемещения; 21 — рама; 22 — разгрузочный штуцер с краном; 23 — насос-гомогенизатор; 24 — соединительный штуцер; 25 — тройник с загрузочной воронкой; 26 — кран для слива продуктов; 27 — кран для слива остатков продукта и промывных растворов; 28 — кран для регулировки потока продукта; 29 — ТЭНы; 30 — ниппели с кранами; 31 — водяная рубашка; 32 — теплоизоляция; 33 — наклонные серповидные лопасти; 34 — плавающие скребки из фторопласта; 35 — тройник с краном для контроля уровня заполнения рубашки; 36 — дыхательный клапан

**Fig. 1.** Scheme-design of a bioreactor (fermenter): 1 — cylindrical working tank; 2 — agitator drive; 3 — sealed coupling of the agitator shaft; 4 — washing head; 5 — removable lid; 6 — nipple for gas supply; 7 — water temperature sensor in the jacket; 8 — upper tangential homogenizing inlet into the tank; 9 — lower tangential inlet into capacity; 10 — nipple with pressure gauge; 11 — spare nipple; 12 — upper part of the agitator drive; 13 — nipple for steam supply; 14 — diopters; 15 — spare nipple; 16 — nipples for installing pH sensors; 17 — nipple for steam supply; 18 — flexible pipeline; 19 — control panel; 20 — rollers for moving; 21 — frame; 22 — discharge fitting with a crane; 23 — homogenizer pump; 24 — connecting fitting; 25 — tee with a loading funnel; 26 — faucet for draining products; 27 — faucet for draining product residues and washing solutions; 28 — faucet for adjusting product flow; 29 — heating elements; 30 — nipples with taps; 31 — water jacket; 32 — thermal insulation; 33 — inclined crescent-shaped blades; 34 — floating scrapers made of fluoroplast; 35 — tee with a tap to control the filling level of the shirt; 36 — exhaust valve



с последующим смешиванием с буферным раствором солей (имитирующим слюну) в соотношении 1:4.

Буферный раствор выполняет функции слюны и поддерживает pH ферментера, близкую к физиологической. Буферный раствор состоит из:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , мочевины. Раствор перед смешиванием был подогрет до  $+39^\circ\text{C}$  и насыщен  $\text{CO}_2$ .

Содержание животных и процедуры при выполнении экспериментов соответствовали требованиям инструкций и рекомендаций по выполнению биологических исследований<sup>3, 4</sup>. При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму

страдания животных и уменьшить количество исследуемых опытных образцов.

На 4-е, 7-е и 14-е сутки инкубации проводился отбор рубцового содержимого ферментера с последующим отцеживанием данной жидкости через 4 слоя марли и немедленной отправкой в лабораторию для определения уровня летучих жирных кислот (ЛЖК) и форм азота.

Уровень ЛЖК в рубцовом содержимом ферментера определялся методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М» (СКБ «Хроматек», Россия). Определение форм азота производилось по ГОСТ 26889<sup>5</sup>.

Массовую долю сухого вещества образцов до и после ферментирования определяли по ГОСТ 31640<sup>6</sup>, сырого протеина — по ГОСТ 13496.4<sup>7</sup>, массовую долю сырого жира — по ГОСТ 13496.15<sup>8</sup>, массовую долю сырой клетчатки — по ГОСТ 31675<sup>9</sup>, массовую долю сырой золы — по ГОСТ 26226<sup>10</sup>.

Микробильную массу определяли методом дифференцированного центрифугирования (мини-центрифуга, 100–15 000 об/мин) (MIULAB, Китай) с последующим высушиванием<sup>11</sup> (сушильный шкаф) (Binder, Германия), основанным на различиях в скорости седиментации частиц, отличающихся размерами и плотностью.

Для осаждения бактерий использовали центрифуги с фактором разделения около 7000 (9–10 тыс. об/мин). Чистую осадочную фракцию взвешивали, определяли бактериальную массу.

Численные данные были обработаны с помощью программы SPSS Statistics 20 (IBM, США), рассчитывали средние (M), среднеквадратичные ( $\pm\sigma$ ) отклонения, ошибки стандартного отклонения ( $\pm\text{SE}$ ). 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

Перед загрузкой в биореактор был проведен химический анализ испытуемого образца льняного жмыха (табл. 1). Сравнение результатов анализа химического состава льняного жмыха до и после ферментации позволило установить понижение массовой доли сухого вещества на 47,3%, сырого белка — на 14%, сырой золы — на 47%, жира — на 77,4% в испытуемом ферментируемом образце.

Таблица 1. Химический состав льняного жмыха до и после ферментации, %

Table 1. Chemical composition of linseed cake before and after fermentation, %

Наименование показателей	Жмых льняной до ферментации	Жмых льняной после ферментации
Массовая доля сухого вещества	93,00 ± 3,40	49,00 ± 2,10
Массовая доля жира	12,80 ± 0,54	5,50 ± 0,08
Массовая доля сырой клетчатки	10,80 ± 0,42	24,10 ± 0,51
Массовая доля сырого белка	38,40 ± 1,05	62,40 ± 2,14
Массовая доля сырой золы	3,40 ± 0,04	3,40 ± 0,05

<sup>3</sup> Сарымсакова Б.Е., Розенсон Р.И., Баттакова Ж.Е. Руководство по этике научных исследований: методические рекомендации. Астана. 2007; 98.

<sup>4</sup> Веселова Т.А., Мальцева А.А., Швец И.М. Биоэтические проблемы в биологических и экологических исследованиях: учебно-методическое пособие в электронном виде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. 2018; 187.

<sup>5</sup> ГОСТ 26889-86 Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кельдаль.

<sup>6</sup> ГОСТ 31640-2012 Межгосударственный стандарт корма. Методы определения содержания сухого вещества.

<sup>7</sup> ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

<sup>8</sup> ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира.

<sup>9</sup> ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

<sup>10</sup> ГОСТ 26226-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы.

<sup>11</sup> Нуржанов Б.С. Научно-практическое обоснование использования комплексных кормовых добавок в рационах крупного рогатого скота: дисс. ... д-ра с.-х. наук. Оренбург. 2021; 260.

K.J. Soder *et al.* (2013 г.) наблюдали снижение усвояемости сухого вещества и клетчатки в рубце при использовании в рационе на основе фуража 10% льняного жмыха в системе непрерывного культивирования [13]. Как правило, содержание липидов в рационе около 5% не должно вызывать какого-либо вредного дисбаланса в среде рубца и вряд ли негативно скажется на усвояемости [14]. В настоящем *in vitro* исследовании при непрерывной ферментации льняного жмыха с содержанием жира до 12,8% зафиксировано снижение разложения сырой клетчатки.

Для определения эффективности синтеза микробного белка при разложении льняного жмыха была оценена концентрация метаболитов азота в инокуляте ферментера. Концентрация общего азота, обнаруженная в исследовании, аналогична концентрации в ранее опубликованных исследованиях [15]. На 7-е сутки ферментации наблюдалось увеличение уровня общего азота в рубцовом содержимом относительно 4-х суток на 75,8%, при этом на 14-е сутки наблюдалось снижение данного показателя на 22,2% относительно 7-х суток (рис. 2).

Аналогичная тенденция выявлена в отношении концентраций белкового и небелкового азота в инокуляте рубцовой жидкости. Так, было отмечено возрастание данных метаболитов на 7-е сутки инкубации относительно 4-х суток на 76,5% и 2,2 раза, соответственно, с дальнейшим понижением концентрации на 14-е сутки относительно 7-х суток на 20,4% и 16%.

Более ранние исследования [16, 17] показали, что концентрация общего азота в рубце ниже 8,5 мг/г может потенциально угнетать синтез микробного белка. Наблюдаемая авторами концентрация азота в содержимом ферментера в данном исследовании указывает на то, что доступность азота не ухудшала рост микроорганизмов.

В исследованиях с включением льняного жмыха в объеме 4,1% в рацион жвачных не было отмечено изменений в синтезе ЛЖК и их соотношении [18]. Однако при увеличении части льняного жмыха в рационе до 10% и более, было зафиксировано изменение соотношения пропорций отдельных ЛЖК, в частности ацетата и пропионата [13, 15].

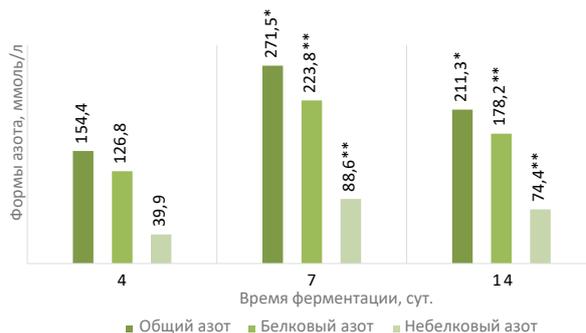
В данном исследовании было отмечено повышение концентрации пропионовой и масляной кислоты на 7-е сутки инкубации рубцового содержимого в реакторе в 2,1 и 3 раза относительно 4-х суток (рис. 3). В свою очередь, на 14-е сутки наблюдалось понижение масляной и пропионовой кислоты по сравнению с 7-ми сутками на 25,5% и 27,4% соответственно.

Показатель концентрации уксусной кислоты на 7-е сутки инкубации вырос относительно результатов 4-х суток на 36,5%, затем к 14-м суткам данная концентрация снизилась на 25,4 % по сравнению с 7-ми сутками. Концентрация валерьяновой и капроновой кислоты на протяжении всего времени ферментации оставалась на незначительном уровне.

Пик увеличения биомассы бактерий в содержимом ферментера наблюдался на 7-е сутки инкубации, концентрация бактерий в 2,8 раза превышала значения 4-х суток ферментации (рис. 4). На 14-е сутки инкубации инокулята рубцового содержимого отмечено

**Рис. 2.** Концентрация метаболитов азота в рубцовом содержимом при ферментации льняного жмыха, ммоль/л

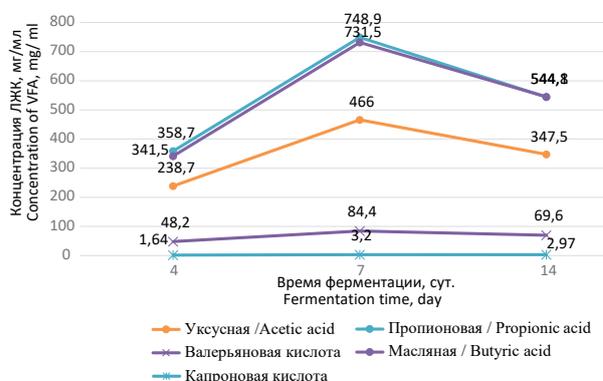
**Fig. 2.** Concentration of nitrogen metabolites in the ruminal contents of fermentation of flaxseed cake, mmol/l



Примечание: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,05$  при сравнении со значениями, полученными на 4-е сутки ферментации.

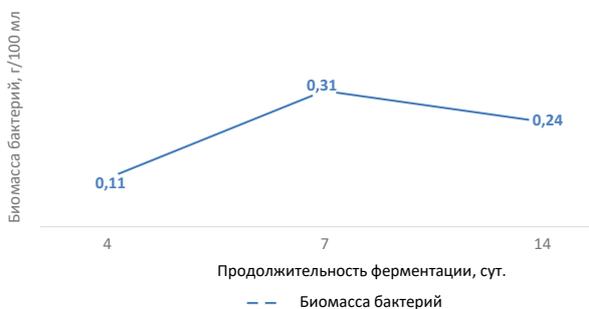
**Рис. 3.** Концентрация ЛЖК в рубцовом содержимом при ферментации льняного жмыха, мг/мл

**Fig. 3.** The concentration of VFA in the scar content during fermentation of hemp cake, mg/ml



**Рис. 4.** Биомасса бактерий в содержимом ферментера, г / 100 мл

**Fig. 4.** Biomass of bacteria in the contents of the fermenter, g / 100 ml



незначительное снижение числа микроорганизмов (на 22,6%) относительно 7-х суток.

**Выводы/Conclusion**

Непрерывная ферментация льняного жмыха в биореакторе в течение 14 суток показала способность данного субстрата поддерживать активность рубцовой микробиоты для переваримости питательных компонентов.

В результате расщепления льняного жмыха отмечено сохранение достаточно высокого уровня летучих жирных кислот и метаболитов азота в инокуляте рубца, а также увеличение переваримости сухого вещества, сырого жира, сырого протеина в данном кормовом средстве.

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

Данное исследование было выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-16-00088-П).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nguyen L.N. *et al.* Application of rumen and anaerobic sludge microbes for bio harvesting from lignocellulosic biomass. *Chemosphere*. 2019; 228: 702–708. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.159>
2. Chandel A.K., Singh O.V. Weedy lignocellulosic feedstock and microbial metabolic engineering: advancing the generation of 'Biofuel'. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011; 89(5): 1289–1303. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3057-6>
3. Bajpai P. Lignocellulosic Biomass in Biotechnology. *Elsevier*. 2021; 248. ISBN 978-0-12-821889-1
4. Weimer P.J. Degradation of Cellulose and Hemicellulose by Ruminant Microorganisms. *Microorganisms*. 2022; 10(12): 2345. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122345>
5. Liang J. *et al.* Promising biological conversion of lignocellulosic biomass to renewable energy with rumen microorganisms: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020; 134: 110335. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110335>
6. Martinez M.E., Ranilla M.J., Tejido M.L., Ramos S., Carro M.D. Comparison of fermentation of diets of variable composition and microbial populations in the rumen of sheep and Rusitec fermenters. I. Digestibility, fermentation parameters, and microbial growth. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(8): 3684–3698. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2933>
7. Sujani S., White R.R., Firkins J.L., Wenner B.A. Network analysis to evaluate complexities in relationships among fermentation variables measured within continuous culture experiments. *Journal of Animal Science*. 2023; 101: skad085. <https://doi.org/10.1093/jas/skad085>
8. Muetzel S., Lawrence P., Hoffmann E.M., Becker K. Evaluation of a stratified continuous rumen incubation system. *Animal Feed Science and Technology*. 2009; 151(1–2): 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsys.2008.11.001>
9. Nagler M., Kozjek K., Etemadi M., Insam H., Podmirseg S.M. Simple yet effective: Microbial and biotechnological benefits of rumen liquid addition to lignocellulose-degrading biogas plants. *Journal of Biotechnology*. 2019; 300: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.05.004>
10. Bhujbal S.K., Ghosh P., Vijay V.K., Singh L. Biomimicry of ruminant digestion strategies for accelerating lignocellulose bioconversion in anaerobic digestion. *Trends in Biotechnology*. 2022; 40(12): 1401–1404. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.08.002>
11. Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Мирошников И.С., Проскурин Д.А., Овечкин М.В. Проектирование и эксплуатация биореактора для переработки отходов растениеводства. *Животноводство и кормопроизводство*. 2023; 106(3): 179–189. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-179>
12. Soder K.J., Brito A.F., Rubano M.D. Effect of supplementing orchardgrass herbage with a total mixed ration or flaxseed on fermentation profile and bacterial protein synthesis in continuous culture. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(5): 3228–3237. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6307>
13. Moran J. How the rumen works. Moran J. *Tropical Dairy Farming: Feeding Management for Smallholder Dairy Farmers in the Humid Tropics*. Collingwood, Victoria, Australia: Landlinks Press. 2005; 41–49.
14. Neveu C., Baurhoo B., Mustafa A. Effect of feeding extruded flaxseed with different grains on the performance of dairy cows and milk fatty acid profile. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(3): 1543–1551. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6728>
15. Kang-Meznarich J.H., Broderick G.A. Effects of Incremental Urea Supplementation on Ruminant Ammonia Concentration and Bacterial Protein Formation. *Journal of Animal Science*. 1980; 51(2): 422–431. <https://doi.org/10.2527/jas1980.512422x>
16. Brito A.F., Broderick G.A., Reynal S.M. Effect of Varying Dietary Ratios of Alfalfa Silage to Corn Silage on Omasal Flow and Microbial Protein Synthesis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(10): 3939–3953. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72436-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72436-5)
17. Côrtes C. *et al.* Milk composition, milk fatty acid profile, digestion, and ruminal fermentation in dairy cows fed whole flaxseed and calcium salts of flaxseed oil. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(7): 3146–3157. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2905>
18. Silva L.G. *et al.* Effects of flaxseed and chia seed on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and long-chain fatty acid flow in a dual-flow continuous culture system. *Journal of Animal Science*. 2016; 94(4): 1600–1609. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9750>

## ОБ АВТОРАХ

**Елена Владимировна Шейда<sup>1, 2</sup>**

научный сотрудник, кандидат биологических наук<sup>1</sup>;  
старший научный сотрудник, кандидат биологических наук<sup>2</sup>  
elena-shaejjda@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

**Галимжан Калиханович Дускаев<sup>1</sup>**

ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук  
gduskaev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

## FUNDING

This study was carried out with financial support Russian Science Foundation (Project № 20-16-00088-P).

## REFERENCES

1. Nguyen L.N. *et al.* Application of rumen and anaerobic sludge microbes for bio harvesting from lignocellulosic biomass. *Chemosphere*. 2019; 228: 702–708. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.159>
2. Chandel A.K., Singh O.V. Weedy lignocellulosic feedstock and microbial metabolic engineering: advancing the generation of 'Biofuel'. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011; 89(5): 1289–1303. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3057-6>
3. Bajpai P. Lignocellulosic Biomass in Biotechnology. *Elsevier*. 2021; 248. ISBN 978-0-12-821889-1
4. Weimer P.J. Degradation of Cellulose and Hemicellulose by Ruminant Microorganisms. *Microorganisms*. 2022; 10(12): 2345. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122345>
5. Liang J. *et al.* Promising biological conversion of lignocellulosic biomass to renewable energy with rumen microorganisms: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020; 134: 110335. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110335>
6. Martinez M.E., Ranilla M.J., Tejido M.L., Ramos S., Carro M.D. Comparison of fermentation of diets of variable composition and microbial populations in the rumen of sheep and Rusitec fermenters. I. Digestibility, fermentation parameters, and microbial growth. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(8): 3684–3698. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2933>
7. Sujani S., White R.R., Firkins J.L., Wenner B.A. Network analysis to evaluate complexities in relationships among fermentation variables measured within continuous culture experiments. *Journal of Animal Science*. 2023; 101: skad085. <https://doi.org/10.1093/jas/skad085>
8. Muetzel S., Lawrence P., Hoffmann E.M., Becker K. Evaluation of a stratified continuous rumen incubation system. *Animal Feed Science and Technology*. 2009; 151(1–2): 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsys.2008.11.001>
9. Nagler M., Kozjek K., Etemadi M., Insam H., Podmirseg S.M. Simple yet effective: Microbial and biotechnological benefits of rumen liquid addition to lignocellulose-degrading biogas plants. *Journal of Biotechnology*. 2019; 300: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.05.004>
10. Bhujbal S.K., Ghosh P., Vijay V.K., Singh L. Biomimicry of ruminant digestion strategies for accelerating lignocellulose bioconversion in anaerobic digestion. *Trends in Biotechnology*. 2022; 40(12): 1401–1404. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.08.002>
11. Sheida E.V., Duskaev G.K., Miroshnikov S.A., Miroshnikov I.S., Proskurin D.A., Ovechkin M.V. Design and operation of a bioreactor for processing plant waste. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023; 106(3): 179–189 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-3-179>
12. Soder K.J., Brito A.F., Rubano M.D. Effect of supplementing orchardgrass herbage with a total mixed ration or flaxseed on fermentation profile and bacterial protein synthesis in continuous culture. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(5): 3228–3237. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6307>
13. Moran J. How the rumen works. Moran J. *Tropical Dairy Farming: Feeding Management for Smallholder Dairy Farmers in the Humid Tropics*. Collingwood, Victoria, Australia: Landlinks Press. 2005; 41–49.
14. Neveu C., Baurhoo B., Mustafa A. Effect of feeding extruded flaxseed with different grains on the performance of dairy cows and milk fatty acid profile. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(3): 1543–1551. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6728>
15. Kang-Meznarich J.H., Broderick G.A. Effects of Incremental Urea Supplementation on Ruminant Ammonia Concentration and Bacterial Protein Formation. *Journal of Animal Science*. 1980; 51(2): 422–431. <https://doi.org/10.2527/jas1980.512422x>
16. Brito A.F., Broderick G.A., Reynal S.M. Effect of Varying Dietary Ratios of Alfalfa Silage to Corn Silage on Omasal Flow and Microbial Protein Synthesis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(10): 3939–3953. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72436-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72436-5)
17. Côrtes C. *et al.* Milk composition, milk fatty acid profile, digestion, and ruminal fermentation in dairy cows fed whole flaxseed and calcium salts of flaxseed oil. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(7): 3146–3157. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2905>
18. Silva L.G. *et al.* Effects of flaxseed and chia seed on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and long-chain fatty acid flow in a dual-flow continuous culture system. *Journal of Animal Science*. 2016; 94(4): 1600–1609. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9750>

## ABOUT THE AUTHORS

**Elena Vladimirovna Sheida<sup>1, 2</sup>**

Researcher, Candidate of Biological Sciences<sup>1</sup>;  
Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences<sup>2</sup>  
elena-shejjda@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

**Galimzhan Kalihanovich Duskaev<sup>1</sup>**

Leading Researcher, Doctor of Biological Sciences  
gduskaev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

**Сергей Александрович Мирошников<sup>1</sup>**

член-корреспондент РАН,  
доктор биологических наук  
fncbst@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

**Мария Сергеевна Аринжанова<sup>1</sup>**

младший научный сотрудник, аспирант  
marymiroshnikova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1898-9307>

**Дмитрий Александрович Проскурин<sup>1</sup>**

научный сотрудник, кандидат технических наук  
dimitrpro@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7030-0912>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем  
и агротехнологий Российской академии наук,  
ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет,  
пр-т Победы, 13, Оренбург, 460000, Россия

**Sergey Aleksandrovich Miroshnikov<sup>1</sup>**

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,  
Doctor of Biological Sciences  
fncbst@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1173-1952>

**Maria Sergeevna Arinzhanova<sup>1</sup>**

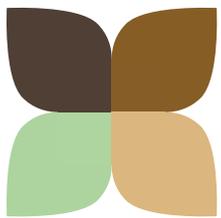
Junior Researcher, Graduate Student  
marymiroshnikova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1898-9307>

**Dmitry Aleksandrovich Proskurin<sup>1</sup>**

Researcher, Candidate of Technical Sciences  
dimitrpro@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7030-0912>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center for Biological Systems  
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences  
29 January 9<sup>th</sup> Str., Orenburg, 46000, Russia

<sup>2</sup> Orenburg State University,  
13 Pobedy Ave., Orenburg, 460000, Russia



# ПроПротеин

## Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | [info@proprotein.org](mailto:info@proprotein.org) | [www.proprotein.org](http://www.proprotein.org)

## Форум и выставка по производству и использованию новых пищевых протеинов: растительные заменители мяса, культивируемое мясо, насекомые как еда

Форум является уникальным специализированным  
событием отрасли в России и СНГ и пройдет  
26 сентября 2024 г. в отеле «Лесная Сафмар» в Москве

### Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов форума  
позволит вам заявить о своей компании, продукции  
и услугах и стать лидером быстрорастущего рынка.



А.Н. Сизенцов ✉  
 Е.П. Мирошникова  
 А.Е. Аринжанов  
 Ю.В. Киякова

Оренбургский государственный  
 университет, Оренбург, Россия

✉ Kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
 19.12.2023

Одобрена после рецензирования:  
 12.07.2024

Принята к публикации:  
 28.07.2024

## Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-88-95

Alexey N. Sizentsov ✉  
 Elena P. Miroshnikova  
 Azamat E. Arinzhanov  
 Julia V. Kilyakova

Orenburg state university, Orenburg, Russia

✉ Kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office:  
 19.12.2023

Accepted in revised:  
 12.07.2024

Accepted for publication:  
 28.07.2024

## Экспериментальная оценка взаимосвязи индигенного состава микрофлоры кишечника и элементного статуса карпа обыкновенного (*Cyprinus caprio*) на фоне применения новой кормовой добавки

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Аквакультура является интенсивно развивающейся отраслью во всем мире и представляет собой важный источник пищи для населения. Удовлетворение пищевых потребностей в микронутриентах является физиологически значимой частью питания рыб и, как следствие, обеспечивает их здоровье. В настоящее время применяются разные подходы для обеспечения устойчивости рыб к заболеваниям различной этиологии и повышения их продуктивности. Один из перспективных методических подходов — изучение микробиома рыб в качестве устойчивой альтернативы для улучшения методов аквакультуры.

**Цель исследования** — изучить степень взаимосвязи между составом микрофлоры кишечника и уровнем эссенциальных элементов в теле карпа (*Cyprinus caprio*) на фоне применения кормовых добавок «Бубитан» и «Интебио».

**Методы.** Объектом исследований являлись годовики карпа ( $n = 60$ ), выращенные в условиях ООО «Иркла-рыба» (Оренбургская обл.). В качестве регулирующих рост и развитие факторов использовали кормовые добавки «Интебио» и «Бутитан». Динамические показатели изменения видового состава микробиома кишечника и элементного статуса проводили с использованием методов метагеномного секвенирования, атомно-эмиссионной (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП).

**Результаты.** Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии тестируемых добавок на показатели индигенной микрофлоры. Наиболее близкие по отношению к контролю показатели распределения таксономических групп микробиоценоза кишечника зарегистрированы на фоне применения кормовой добавки «Бутитан». Корреляционный анализ данных позволяет с высоким уровнем достоверности констатировать, что значительное увеличение численности микроорганизмов рода *Hydrotalea* и *Flavobacterium* оказывает положительное влияние на степень усвоения из корма макро- и микроэлементов.

**Ключевые слова:** *Cyprinus caprio*, кормление рыб, фитобиотики, метагеномный анализ, индигенный состав микрофлоры кишечника, элементный статус

**Для цитирования:** Сизенцов А.Н., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киякова Ю.В. Экспериментальная оценка взаимосвязи индигенного состава микрофлоры кишечника и элементного статуса карпа обыкновенного (*Cyprinus caprio*) на фоне применения новой кормовой добавки. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 88–95.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-88-95>

© Сизенцов А.Н., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киякова Ю.В.

## Experimental assessment of the relationship between the indigenous composition of the intestinal microflora and the elemental status of the common carp (*Cyprinus caprio*) against the background of the use of new feed additive

### ABSTRACT

**Relevance.** Aquaculture is an intensively developing industry worldwide and is an important source of food for the population. Satisfaction of nutritional needs in micronutrients is a physiologically significant part of fish nutrition and, as a result, ensures their health. Currently, various approaches are being used to ensure the resistance of fish to diseases of various etiologies and to increase their productivity. One of the promising methodological approaches is the study of the fish microbiome as a sustainable alternative to improve aquaculture methods.

**The aim of the study** was to study the degree of relationship between the composition of the intestinal microflora and the level of essential elements in the body of carp (*Cyprinus caprio*) against the background of the use of feed additives “Bubitan” and “Intebio”.

**Methods.** The object of research was carp yearlings ( $n = 60$ ) grown in the conditions of LLC “Irkla-fish” (Orenburg region). Feed additives “Intebio” and “Butitan” were used as growth and development regulating factors. Dynamic indicators of changes in the species composition of the intestinal microbiome and elemental status were carried out using metagenomic sequencing, atomic emission (NPP-ISP) and mass spectrometry (MS-ISP) methods.

**Results.** The data obtained indicate a significant effect of the tested phytobiotics on the indices of indigenous microflora. The closest indicators of the distribution of taxonomic groups of intestinal microbiocenosis in relation to the control were registered against the background of the use of the phytobiotic «Butitan». Correlation analysis of the data allows us to state with a high level of reliability that a significant increase in the number of microorganisms of the genus *Hydrotalea* and *Flavobacterium* has a positive effect on the degree of assimilation of macro- and microelements from the feed.

**Key words:** *Cyprinus caprio*, fish feeding, phytobiotics, metagenomic analysis, indigenous composition of intestinal microflora, elemental status

**For citation:** Sizentsov A.N., Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Kilyakova Yu.V. Experimental evaluation of the relationship between the endogenous composition of the intestinal microflora and the elemental status of common carp (*Cyprinus caprio*) against the background of the use of new feed additive. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 88–95 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-88-95>

© Sizentsov A.N., Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Kilyakova Yu.V.

## Введение/Introduction

Аквакультура — интенсивно развивающаяся отрасль во всем мире и представляет собой важный источник пищи для населения. Удовлетворение пищевых потребностей в микронутриентах является физиологически значимой частью питания рыб и, как следствие, обеспечивает их здоровье.

В настоящее время применяются разные подходы для обеспечения устойчивости рыб к заболеваниям различной этиологии и повышения их продуктивности. Один из перспективных методических подходов — изучение микробиома рыб в качестве устойчивой альтернативы для улучшения методов аквакультуры [1].

Микробиом в организме рыб выполняет разнообразные физиологически значимые функции, изучение последнего и практический опыт его корректировки позволяют не только улучшить здоровье, продуктивность, но и повысить пищевые характеристики конечной продукции [2].

Согласно литературным данным, к автохтонной микрофлоре кишечника пресноводных рыб можно отнести представителей филогенетических групп *Proteobacteria*, *Fusobacteria*, *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, присутствие которых способствует активному разложению растительных полимеров, ферментации органических соединений, что в конечном итоге обеспечивает организм хозяина питательными веществами и энергией [3, 4].

Несмотря на то что ряд микроорганизмов обладают фактором патогенности для одних видов рыб, для других они могут выступать в качестве пробиотического компонента. Так, например, некоторые представители рода *Aeromonas* обладают выраженными целлюлозо-разлагающими характеристиками, *Cetobacterium* участвуют в продукции цианкобллина и в избытке присутствуют в кишечном тракте *Cyprinus caprio* [5].

Так, бактерии рода *Vibrio* выступают в качестве доминирующей факультативной микробиоты кишечника различных морских рыб. Способность специфических бактерий занимать места прикрепления в личиночном кишечнике, препятствуя размножению и колонизации условно-патогенными бактериями, является важным защитным механизмом, особенно на ранних личиночных стадиях, когда иммунная система еще не полностью сформировалась.

В ходе проведенных исследований [6] установлено, что присутствие бактерий рода *Vibrio* значительно увеличивает содержание отдельных первичных метаболитов, таких как тимин, аденин, гуанин, кафестол, кортизол, валин, пролин, серин, лизин, лейцин, аденин, глутамин, пролин, пиперидин, гуанозин и пропионовая кислота. Появление в структурном микробиоме симбиотических бактерий рода *Bradyrhizobium* и *Mesorhizobium*, как правило, обусловлено всеядностью рыб, так как данные родовые группы связаны с корнями растений, выступающих в качестве корма [7].

В литературе представлены данные о том, что представители *Actinobacteria* производят различные вторичные метаболиты, многие из которых — сильнодействующие антибиотики [8].

Филогенетические группы *Firmicutes* и *Bacteroidetes* являются основными агентами, обеспечивающими бактериальную деградацию целлюлозы в эвтрофных местообитаниях с нейтральным pH, тогда как *Actinobacteria* доминируют в аэробной деградации целлюлозы в сфагновых торфяниках в кислых условиях (pH) от 3,5 до 5,5.

*Fibrobacter spp.* являются основными целлюлозо-разрушающими бактериями в рубце, в то время как аналогичная функция установлена у представителей *Bacillus*, *Vibrio*, *Aeromonas* и *Enterobacter* в кишечнике белого амура [9]. Установлено, что целлюлозо-разлагающей активностью обладают *Anoxybacillus*, *Leuconostoc*, *Clostridium*, *Actinomyces* *Streptococcus* и *Prevotella* [10].

Согласно литературным данным, присутствие в структуре кишечного микробиома микроорганизмов рода *Nitrobacter*, *Rhodobacter* и *Roseomonas* обеспечивает активное разложение нитратов и пестицидов. Представители рода *Paludibacter* обладают ферментативным метаболизмом и способны расщеплять олигофруктозу (рафтилозу P95), тип *Planctomycetes* участвует в деградации полисахаридов. *Cyanobacteria* являются важным источником пищи для некоторых видов рыб, у хищных рыб участвуют в переваривании белков. *Chitinophagales* участвуют в разложении хитина и ряда органических веществ. *Lactobacillus* активно участвуют в расщеплении полиненасыщенных жирных кислот, способствуют метаболизму глюкозы и липидов у рыб-хозяев [11, 12].

**Цель работы** — оценить степень влияния двух новых кормовых добавок на видовое разнообразие резидентной микрофлоры кишечника карпа обыкновенного с использованием метода метагеномного секвенирования.

## Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования были проведены в условиях аквариумного стенда кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета в 2022 году.

Объекты исследований — годовики карпа, выращенные в условиях ООО «Ирикла-рыба» (Оренбургская обл., Россия).

Для проведения исследований методом пар-аналогов были сформированы 3 группы (n = 20). После подготовительного периода (7 суток) животные были переведены на условия учетного периода (56 суток).

Контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная группа — ОР + кормовую добавку «Интебио» (2 г/кг), II группа — ОР + кормовую добавку «Бутитан» (2 г/кг).

В качестве основного рациона был использован корм КРК-110-1 производства ОАО «Оренбургский комбикормовый завод» (Россия).

Кормовая добавка «Интебио» является натуральным заменителем кормовых антибиотиков. Основу препарата составляют эфирные масла чеснока, лимона, чабреца и эвкалипта. Данный препарат разработан в компании ООО «Биотроф» (Россия) для широкого применения (как в птицеводстве, так и в животноводстве) и обладает антимикробной, антиоксидантной и противовоспалительной активностью.

Кормовая добавка «Бутитан» (Tanin Sevnica d. d. Словения) — препарат, эффективность биологического действия которого, согласно инструкции, достигается вследствие синергетического эффекта бутирата кальция и экстракта сладкого каштана, составляющих основу препарата.

Содержание и убой экспериментальных рыб проводили в соответствии с инструкциями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry

of Health)<sup>1</sup> и The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D. C., 1966). При выполнении исследований были приняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов.

Для оценки степени влияния изучаемых кормовых добавок на микробиом кишечника использовали метод метагеномного секвенирования. Исследовали образцы содержимого кишечника, полученные в ходе убоя исследуемой рыбы. ДНК выделялась и очищалась по модифицированной методике<sup>2</sup>.

Для построения спектров оптической плотности и оценки чистоты препарата ДНК (по OD260/OD280) использовали спектрофотометр NanoDrop (Thermo Scientific, США), для измерения концентрации (нг/мкл) — флуориметр Qubit 2.0 (Invitrogen/Life Technologies, США). Концентрация ДНК измерялась трехкратно: после выделения ДНК, после первой полимеразной цепной реакции (ПЦР) со специфичными 16S прокариотическими праймерами, после второй ПЦР с адаптерами и индексами протоколов Nextera XT.

Анализ микрофлоры осуществлялся методом метагеномного секвенирования (Illumina MiSeq, Illumina, США) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle). Для биоинформатической обработки результатов была использована программа PEAR (Pair-End AssembleR, PEAR v0.9.8, США). Результаты секвенирования обработаны с использованием пакета программ Microsoft Excel (версия Windows 2019, разработчик Microsoft, США).

Для определения элементного состава мышечной ткани использовали метод атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) на оборудовании Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием офисного программного комплекса Microsoft Office с применением программы Excel (Microsoft, США) с обработкой данных в Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США).

Достоверность различий полученных результатов определяли по t-критерию Стьюдента.

**Результаты и обсуждение / Results and discussion**

В ходе проведенного исследования было установлено, что основными представителями индигенной микрофлоры кишечника карпа

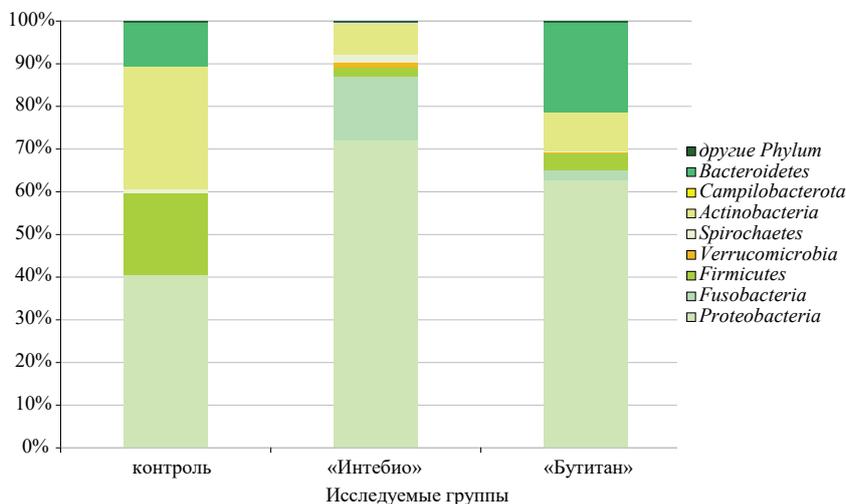
в контрольной группе являются филогенетические группы: *Proteobacteria* (40,5%), *Actinobacteria* (28,6%), *Firmicutes* (19,1%) и *Bacteroidetes* (10,2%) (рис. 1).

Однако следует отметить, что на фоне применения кормовых добавок происходит существенное перераспределение основных групп микроорганизмов, формирующих автохтонную микрофлору. Так, уровень *Proteobacteria* на фоне применения препарата «Интебио» увеличился до 72,2%, что на 31,7% превышает показатели группы интактных рыб. В группе, где применялся «Бутитан», данный показатель составил 62,7%, превышающий показатели контрольных значений на 22,2%.

Использование метода метагеномного секвенирования позволило определить распределение *Proteobacteria* до уровня основных родовых групп (рис. 2), что предоставило возможность оценить степень влияния изучаемых кормовых добавок на микроорганизмы, формирующие основную филогенетическую группу

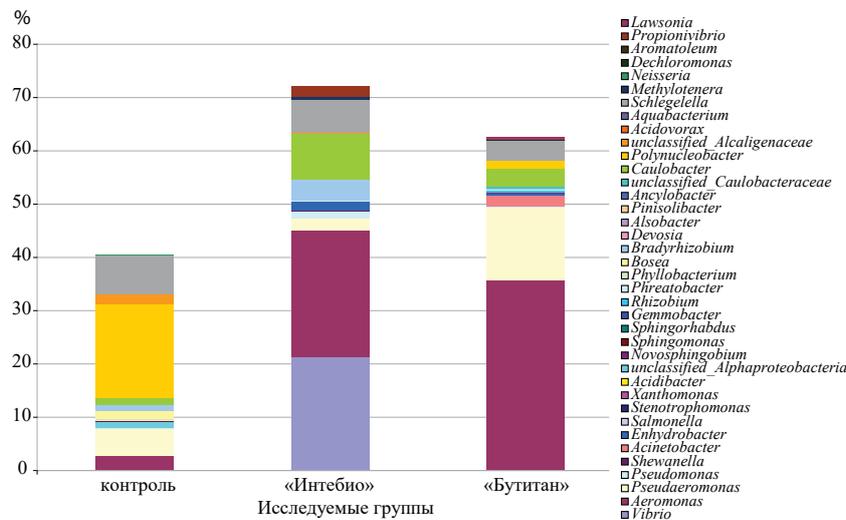
**Рис. 1.** Распределение основных филогенетических групп микроорганизмов в кишечнике исследуемых групп в зависимости от типа кормления (контроль, «Интебио» и «Бутитан»)

**Fig. 1.** Comparative analysis of the distribution of the main phylogenetic groups of microorganisms in the intestines of the studied groups depending on the type of feeding (control, "Intebio" and "Butitan")



**Рис. 2.** Разнообразие родов микроорганизмов, входящих в филум Proteobacteria, выделенных из кишечника экспериментальных рыб в зависимости от типа кормления

**Fig. 2.** The variety of genera of microorganisms included in the phylum Proteobacteria isolated from the intestines of experimental fish, depending on the type of feeding



<sup>1</sup> Приказ Министерства здравоохранения СССР от 12 августа 1977 года № 755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» (с изм. и доп.).

<sup>2</sup> Андронов Е.Е., Пинаев А.Г., Першина Е.В., Чижевская Е.П. Научно-методические рекомендации по выделению высокоочищенных препаратов ДНК из объектов окружающей среды / Методические указания. Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии. Санкт-Петербург. 2011; 23.

резидентной микрофлоры. Так, в интактной группе к основным представителям *Proteobacteria* (более 5%) можно отнести *Polynucleobacter* (17,6%), *Schlegelella* (7,3%). В диапазоне от 1 до 5% содержались представители следующих родов: *Bradyrhizobium* — 1,08%, *Caulobacter* — 1,29%, *Bosea* — 1,49%, *Aeromonas* — 2,72%, *Pseudaeromonas* — 4,96%. На фоне применения препарата «Интебио» родовое распределение *Proteobacteria*, выделенное из содержимого кишечника, выглядело следующим образом: основные представители — *Aeromonas* (23,87%), *Vibrio* (21,27%), *Caulobacter* (8,57%), *Schlegelella* (6,15%), *Bradyrhizobium* (4,01%), *Pseudaeromonas* (2,17%), *Propionivibrio* (1,95%), *Enhydrobacter* (1,67%), *Pseudomonas* (1,35%).

Представленные данные свидетельствуют о существенном различии родового распределения в наиболее обширной филогенетической группе, что в свою очередь проявляется в виде существенного сдвига процентного соотношения по сравнению с показателями интактной группы (рис. 1).

Модельный эксперимент по применению «Бутитана» выявил значительные различия не столько в качественном, сколько в количественном распределении основных родовых групп *Proteobacteria*. Так, на долю рода *Aeromonas* в данной группе приходится 35,67% от всего видового разнообразия резидентной микрофлоры, в отличие от показателей интактной группы, где данный показатель составил 2,72%.

Доля *Pseudaeromonas* составила 13,69%, что на 8,73% больше по отношению к контрольным значениям. 1%-ный барьер (более 148,85 выделенных таксономических групп) превысили *Polynucleobacter* (1,68%), *Acinetobacter* (2,06%), *Caulobacter* (3,38%), *Schlegelella* (3,75%). Следует отметить, что в данной группе были идентифицированы роды в структуре филогенетической группы, отсутствующие в контрольной группе (*Shewanella*, *Acinetobacter*, *Enhydrobacter*, *Acidibacter*, *Acidovorax*, *Dechloromonas*, *Propionivibrio* и *Lawsonia*).

Возвращаясь к анализу общего распределения структурного микробиома на уровне филогенетических групп (рис. 1), следует отметить, что в опытных группах наряду с видовым разнообразием регистрируются и значительные различия в численности выделенных таксонов из кишечника исследуемых групп (табл. 1). У интактных рыб (*Cyprinus carpio*) среднее значение данного показателя составило 16 958 таксонов, что на 0,11% ниже, чем в группе с применением «Интебио», и на 12,22% выше количества таксонов на фоне применения кормовой добавки «Бутитан».

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о значительном влиянии добавок на микрофлору кишечника исследуемых рыб. Так, на фоне применения препарата «Интебио» наряду со значительным увеличением *Proteobacteria* регистрируется высокий уровень содержания таксономической филогенетической группы *Fusobacteria* (14,83%), представленных родом *Cetobacterium*. При этом следует отметить, что данная филогенетическая группа не выделена из микробиома кишечника интактной группы.

Таблица 1. Распределение таксонов микроорганизмов, выделенных из кишечника *Cyprinus carpio*, по основным филогенетическим группам в зависимости от типа кормления

Table 1. Analysis of the distribution of taxa of microorganisms isolated from the intestines of *Cyprinus carpio*, according to the main phylogenetic groups, depending on the type of feeding

Phylum	Исследуемые группы					
	Контроль		«Интебио»		«Бутитан»	
	среднее значение	%	среднее значение	%	среднее значение	%
<i>Proteobacteria</i>	6867	40,499*	12 702,5	72,181*	9320,9	62,662*
<i>Fusobacteria</i>	0	0	2609,7	14,83*	361,3	2,427
<i>Firmicutes</i>	3233	19,066*	386,9	2,197	592	3,977
<i>Verrucomicrobia</i>	0	0	209,7	1,192	48	0,322
<i>Spirochaetes</i>	192,0	1,132	311,0	1,767	18,7	0,126
<i>Actinobacteria</i>	4861	28,637*	1323,6	7,519*	1353,9	9,096*
<i>Campilobacterota</i>	0	0	3,3	0,019	0	0
<i>Bacteroidetes</i>	1743,3	10,280*	52,1	0,297	3135,7	21,067*
<i>Planctomycetes</i>	0	0	4,7	0,027	0	0
<i>Gemmatimonadetes</i>	0	0	0	0	54,0	0,363
<i>Cyanobacteria</i>	22,7	0,134	0	0	0	0
<i>Ascomycota</i>	22,3	0,132	0	0	0	0
<i>Fungi incertae sedis</i>	2,0	0,012	0	0	0	0
<i>Chytridiomycota</i>	6,4	0,038	0	0	0	0
Итого	16958	100,00	17604	100,00	14 885	100,00

Примечание: \* основные филогенетические группы, на долю которых приходится более 5% от общего числа выделенных таксонов.

Основная доля содержания *Actinobacteria* (7,52%) представлена родами *Aurantimicrobium* (4,40%), *Cutibacterium* (1,59%) и *Micrococcus* (1,02%), в то время как на долю *Aurantimicrobium* в контрольной группе приходится 23,87%.

В опытной группе с применением в качестве кормовой добавки «Бутитан» уровень содержания *Actinobacteria* составил 9,10% с относительно равномерным распределением между родами *Rubrobacter* (2,18%), *Corynebacterium* (1,76%), *Micrococcus* (1,64%), *Cutibacterium* (1,53%) и *Aurantimicrobium* (1,14%).

К основной автохтонной филогенетической группе микробиома кишечника можно отнести *Bacteroidetes*, так как на ее долю приходится 10,28% от общего числа выделенных из кишечника таксонов. Основными родами, формирующими данную группу, являются *Flavobacterium* (2,47%) и *Hydrotalea* (7,66%).

Аналогичная картина регистрируется и в опытной группе на фоне применения препарата «Бутитан», однако следует отметить более высокие значения данного показателя (табл. 1). Соответственно, на долю *Flavobacterium* и *Hydrotalea* в данной группе приходится 4,75% и 16,24%, а общая численность представителей данной филогенетической группы составляет 21,07%.

Для оценки уровня взаимодействия между представителями структурного микробиома был проведен анализ корреляционной зависимости (табл. 2).

Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют о высоком уровне взаимодействия между основными таксономическими группами, формирующими микробиом кишечника рыб, о чем свидетельствуют более 85% результатов с различным уровнем достоверности ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ).

Более детальный анализ корреляционной зависимости позволяет с высокой долей достоверности констатировать наличие прямой зависимости между *Proteobacteria* с *Fusobacteria*, *Verrucomicrobia* и *Campilobacterota* ( $p \leq 0,01$ ). *Fusobacteria* с *Spirochaetes*, *Verrucomicrobia* и *Campilobacterota* ( $p \leq 0,01$ ). *Firmicutes* и *Actinobacteria* ( $p \leq 0,01$ ), *VerrucomicrobiacSpirochaetes* и *Campilobacterota* ( $p \leq 0,01$ ). *Spirochaetes* с *Campilobacterota* ( $p \leq 0,01$ ).

Таблица 2. Корреляционная зависимость между основными таксономическими группами, идентифицированными методом метагеномного секвенирования в кишечнике экспериментальных рыб *Cyprinus carpio*

Table 2. Correlation between the main taxonomic groups identified by metagenomic sequencing in the intestines of experimental *Cyprinus carpio* fish

группы	Proteobacteria	Fusobacteria	Firmicutes	Verrucomicrobia	Spirochaetes	Actinobacteria	Campilobacterota	Bacteroidetes	другие Phylum
Proteobacteria	1,00								
Fusobacteria	0,95**	1,00							
Firmicutes	-0,85**	-0,66**	1,00						
Verrucomicrobia	0,98**	0,99**	-0,72**	1,00					
Spirochaetes	0,49	0,73**	0,04	0,66**	1,00				
Actinobacteria	-0,82**	-0,61*	0,99**	-0,68**	0,10	1,00			
Campilobacterota	0,91**	0,99**	-0,56*	0,98**	0,81**	-0,51	1,00		
Bacteroidetes	-0,62*	-0,83**	0,12	-0,77**	-0,99**	0,06	-0,89**	1,00	
Другие Phylum	-0,95**	-0,99**	0,65*	-0,99**	-0,73**	0,61*	-0,99**	0,83**	1,00

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ .

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что к категории индигенной микрофлоры кишечника исследуемых рыб (*Cyprinus carpio*) можно отнести *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes* и *Bacteroidetes*. Представители данных филогенетических групп независимо от типа в совокупности имеют наиболее высокие показатели и составили в интактной группе 98,44% от общего числа таксонов, 82,19% в группе с применением «Интебио» и 96,81% на фоне применения «Бутитана» соответственно.

Рыба является одним из основных продуктов питания, где наряду с белковым, жировым, витаминным и аминокислотным компонентами, обеспечивающими полноценное поддержание организма человека на физиологическом уровне, немаловажное значение отводится микро- и макроэлементам с высоким уровнем биологической доступности.

Корректировка элементного статуса тела рыб — важный биотехнологический подход, обеспечивающий население эндемичных территорий жизненно важными элементами. Резидентная микрофлора кишечника активно участвует в обменных процессах, в том числе и элементном обмене, формируя биологически доступные формы, связывая их с различными белковыми и липидными [13] молекулами, образуя лигандные комплексы.

Основываясь на этом, было проведено исследование распределения макро- и микроэлементов в теле исследуемого карпа в зависимости от типа кормления (табл. 3, 5).

Анализ системного распределения ключевых макроэлементов (табл. 3) в теле карпа (*Cyprinus carpio*) на фоне применения кормовых добавок свидетельствует о выраженной положительной динамике исследуемых элементов в группе применения «Бутитана». В данной тестируемой группе зарегистрировано значительное увеличение кальция (на 135,06%) ( $p \leq 0,001$ ), калия (на 45,95%) ( $p \leq 0,05$ ), магния (на 22,99%) ( $p \leq 0,05$ ), натрия (на 5,97%) и фосфора (на 57,85%) ( $p \leq 0,01$ ).

Применение «Интебио» оказывает стимулирующее действие на накопление отдельных макроэлементов, однако достоверно значимое различие установлено только в отношении Са (на 51,39%) ( $p \leq 0,05$ ). Уровень содержания К и Р превышал значения интактной группы на 6,51% и 22,59% соответственно. Однако следует отметить, что концентрация Mg в тканях была идентична

показателям интактной группы, а содержание натрия снизилось на 20,52% по отношению к контрольным значениям.

Для определения степени взаимодействия показателей интактной микрофлоры кишечника с содержанием различных элементов в тканях рыбы был проведен анализ корреляционной зависимости (табл. 4, 6).

Полученные данные (табл. 4) свидетельствуют о наличии выраженной прямой зависимости между элементами. В частности, содержание кальция достоверно ( $p \leq 0,01$ ) коррелирует с калием, магнием и фосфором, уровень калия — с магнием, фосфором ( $p \leq 0,01$ ), натрия ( $p \leq 0,05$ ), магния — с натрием ( $p \leq 0,05$ ) и фосфором ( $p \leq 0,01$ ).

Положительные динамические характеристики взаимодействия между резидентной микрофлорой и содержанием элементов в тканях уста-

новлены у представителей филогенетической группы *Bacteroidetes* в отношении всех исследуемых макроэлементов: Са ( $p \leq 0,05$ ), К ( $p \leq 0,01$ ), Mg ( $p \leq 0,01$ ), Na ( $p \leq 0,01$ ), P ( $p \leq 0,05$ ). Обратная достоверная зависимость в отношении исследуемых элементов установлена у *Spirochaetes*.

В отношении других филогенетических групп микроорганизмов, формирующих автохтонную микрофлору кишечника исследуемых рыб (*Cyprinus carpio*), проведенный анализ не выявил выраженных структурных взаимодействий, как у *Bacteroidetes* и *Spirochaetes*. Однако следует отметить, что в большинстве случаев преобладает обратная зависимость. Так, *Actinobacteria* отрицательно коррелирует с кальцием ( $p \leq 0,01$ ), калием

Таблица 3. Содержание макроэлементов в теле карпа (*Cyprinus carpio*) в зависимости от типа кормления

Table 3. Analysis of the content of macronutrients in the body of carp (*Cyprinus carpio*) depending on the type of feeding

Группа	Кальций	Калий	Магний	Натрий	Фосфор
Контроль	251 ± 25	3859 ± 386	278 ± 28	687 ± 69	2147 ± 215
I опытная	590 ± 59***	5632 ± 563*	361 ± 36*	728 ± 73	3389 ± 339**
II опытная	380 ± 38*	4113 ± 411	279 ± 28	546 ± 55	2632 ± 263

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Таблица 4. Корреляционная зависимость макроэлементов с основными филогенетическими группами структурного микробиома кишечника

Table 4. Analysis of the correlation dependence of macronutrients with the main phylogenetic groups of the structural intestinal microbiome

Показатели	Кальций	Калий	Магний	Натрий	Фосфор
Кальций	1,00				
Калий	0,97**	1,00			
Магний	0,93**	0,99**	1,00		
Натрий	0,35	0,57*	0,67*	1,00	
Фосфор	0,99**	0,97**	0,93**	0,34	1,00
Proteobacteria	0,57*	0,35	0,23	-0,57*	0,58*
Fusobacteria	0,02	-0,24	-0,35	-0,93**	0,03
Firmicutes	-0,73*	-0,53*	-0,42	0,39	-0,73*
Verrucomicrobia	0,13	-0,12	-0,24	-0,89**	0,14
Spirochaetes	-0,71*	-0,86**	-0,92*	-0,91**	-0,70*
Actinobacteria	-0,75**	-0,56*	-0,45	0,37	-0,75**
Campilobacterota	-0,14	-0,38	-0,49	-0,98**	-0,13
Bacteroidetes	0,63*	0,81**	0,87**	0,95**	0,62*
Другие Phylum	0,13	0,37	0,48	0,97**	0,12

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ .

( $p \leq 0,05$ ), магнием и фосфором ( $p \leq 0,01$ ). Аналогичную картину имеет *Firmicutes*, в отношении которого установлены достоверные отрицательные значения по тем же элементам (табл. 4).

Степень распределения эссенциальных элементов в тканях исследуемых рыб (табл. 5), как и в случае с макроэлементами, свидетельствует о более выраженном биологическом действии добавки «Бутитан» в дозе 2 г / 1 кг корма. Уровень распределения исследуемых эссенциальных элементов в данной группе имел более высокие значения по отношению к аналогичным показателям интактной группы.

Следует отметить достоверно значимые различия ( $p \leq 0,01$ ) содержания меди, марганца и цинка — на 93,67%, 108,0% и 55,79% соответственно. Концентрация железа и селена в данной группе превысила контрольные значения на 44,13% и 5,88% соответственно.

На фоне применения препарата «Интебио» в концентрации 2 г / 1 кг корма было установлено достоверно значимое увеличение концентрации меди (на 88,61%) ( $p \leq 0,01$ ) и марганца (на 45,83%) ( $p \leq 0,05$ ) в теле исследуемой рыбы по отношению к показателям контрольной группы. Содержание железа (1,63%) и цинка (26,68%) имело более высокие показатели в сравнении с интактными значениями. Однако следует отметить, что в данной группе регистрируется незначительное снижение селена (на 5,88%) в сравнении с контрольными показателями.

Анализ корреляционной зависимости свидетельствует о высоком уровне прямой зависимости распределения эссенциальных элементов в теле рыб. Так, медь достоверно коррелирует с железом ( $p \leq 0,05$ ), марганцем ( $p \leq 0,01$ ) и цинком ( $p \leq 0,01$ ). Железо в свою очередь обладает высоким уровнем взаимодействия ( $p \leq 0,01$ ) с марганцем, селеном и цинком. Марганец положительно коррелирует с селеном ( $p \leq 0,05$ ) и цинком ( $p \leq 0,01$ ).

Таблица 5. Содержание эссенциальных элементов в теле карпа (*Cyprinus carpio*) в зависимости от типа кормления

Table 5. Analysis of the content of essential elements in the body of carp (*Cyprinus carpio*) depending on the type of feeding

Группа	Медь	Железо	Марганец	Селен	Цинк
Контроль	0,79 ± 0,10	9,79 ± 0,98	0,24 ± 0,03	0,17 ± 0,02	9,07 ± 0,91
I опытная	1,53 ± 0,15**	14,11 ± 3,41	0,5 ± 0,06**	0,18 ± 0,02	14,13 ± 1,41**
II опытная	1,49 ± 0,15**	9,95 ± 1,0	0,35 ± 0,042*	0,16 ± 0,02	11,49 ± 1,15

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ .

Таблица 6. Корреляционная зависимость эссенциальных элементов с основными филогенетическими группами автохтонной микрофлоры кишечника

Table 6. Analysis of the correlation dependence of essential elements with the main phylogenetic groups of the autochthonous intestinal microflora

Показатели	Медь	Железо	Марганец	Селен	Цинк
Медь	1,00				
Железо	0,57*	1,00			
Марганец	0,85**	0,92**	1,00		
Селен	0,05	0,85**	0,57*	1,00	
Цинк	0,88**	0,90**	0,99**	0,52	1,00
<i>Proteobacteria</i>	0,94**	0,26	0,61*	-0,29	0,66*
<i>Fusobacteria</i>	0,59*	-0,33	0,06	-0,78**	0,13
<i>Firmicutes</i>	-0,99**	-0,45	-0,76**	0,10	-0,80**
<i>Verrucomicrobia</i>	0,68*	-0,22	0,18	-0,70*	0,24
<i>Spirochaetes</i>	-0,18	-0,91**	-0,68*	-0,99**	-0,63*
<i>Actinobacteria</i>	-0,99**	-0,48	-0,78**	0,07	-0,82**
<i>Campilobacterota</i>	0,46	-0,47	-0,09	-0,87**	-0,03
<i>Bacteroidetes</i>	0,07	0,86**	0,59*	0,99**	0,54
Другие Phylum	-0,46	0,46	0,08	0,86**	0,02

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ .

Отрицательной зависимости между исследуемыми элементами не установлено.

При оценке степени взаимодействия между резидентной микрофлорой и микроэлементами установлена положительная корреляционная зависимость между филогенетической группой *Bacteroidetes* и всеми определяемыми элементами с достоверно значимым уровнем взаимодействия с железом ( $p \leq 0,01$ ), марганцем ( $p \leq 0,05$ ) и селеном ( $p \leq 0,01$ ). Установлена прямая взаимосвязь между *Proteobacteria* и медью ( $p \leq 0,01$ ), марганцем и цинком ( $p \leq 0,05$ ). Наличие отрицательной зависимости между *Spirochaetes* и исследуемыми эссенциальными элементами свидетельствует о том, что на фоне снижения уровня данной филогенетической группы в микробиоме кишечника возрастает уровень усвоения исследуемых элементов из корма.

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что использование кормовых добавок оказывает существенное влияние на процессы усвоения из рациона микро- и макроэлементов.

Представленные в литературе данные свидетельствуют о наличии прямой взаимосвязи избыточного содержания отдельных микроэлементов с резидентной микрофлорой кишечника. Так, например, биоаккумуляция селена привела к сдвигу в составе микробиома, в значительной степени обусловленному обогащением *Bacteroides plebeius*, что связано с расщеплением сульфатированных полисахаридов водорослей [14].

Высокие динамические характеристики усвоения элементов гипотетически могут быть обусловлены следующими механизмами. Во-первых, кормовые добавки могут стимулировать рост ворсинок в кишечнике (увеличение высоты и ширины), что увеличивает не только поверхность всасывания питательных веществ, но и способствует увеличению доли симбиотной микрофлоры [15] с опосредованным влиянием на ростовые характеристики. Во-вторых, микроорганизмы обладают высокими биоаккумулирующими характеристиками, что в совокупности определяет более высокую долю формирования лигандных комплексов элементов [16] или наноструктурных компонентов, обладающих более высоким уровнем биологического потенциала взаимодействия с макроорганизмом.

### Выводы/Conclusions

Наиболее близкие по отношению к контролю показатели по распределению таксономических групп, формирующих микробиом кишечника, зарегистрированы на фоне применения препарата «Бутитан», однако следует отметить значительное перераспределение между уровнем выделяемых таксонов, а также значительное снижение общего количества идентифицированных микроорганизмов.

На фоне применения «Интебио» регистрируется значительное увеличение численности *Proteobacteria* за счет родов *Aeromonas*, *Vibrio*, *Caulobacter* и *Schlegelella*, показатели которых значительно превышали показатели интактной группы.

Следует отметить, что существенный вклад в формирование микробиома в данной опытной группе внесли представители рода *Cetobacterium*, входящие в филум *Fusobacteria*, на долю которого приходится 14,83%, в отличие от контрольной группы, где данные микроорганизмы не были идентифицированы в ходе исследования.

Проведенный корреляционный анализ позволил установить наличие выраженной прямой зависимости между филогенетической группой *Bacteroidetes*

как с макроэлементами (Ca ( $p \leq 0,05$ ), K ( $p \leq 0,01$ ), Mg ( $p \leq 0,01$ ), Na ( $p \leq 0,01$ ), P ( $p \leq 0,05$ ), так и с микроэлементами (Fe ( $p \leq 0,01$ ), Mn ( $p \leq 0,05$ ), Se ( $p \leq 0,01$ ).

Анализ полученных данных с высокой долей уверенности позволяет констатировать значительное влияние тестируемых добавок на показатели индигенной микрофлоры. Значительное перераспределение, как между основными филогенетическими группами, так и между родами внутри них, гипотетически может быть обусловлено высоким уровнем влияния на системы коммуникативного взаимодействия между различными видами микроорганизмов, участвующих в процессах переваривания пищи, метаболической и иммунологической активности.

Одним из возможных факторов влияния является чувствительность отдельных представителей микробиома к активным веществам, входящим в состав тестируемых в эксперименте препаратов «Интебио» и «Бутитан», что в конечном итоге приводит к субингибированию микроорганизмов, обладающих выраженными антагонистическими характеристиками, что в конечном итоге приводит к значительному изменению показателей резидентной микрофлоры кишечника.

Общей положительной динамикой на фоне применения обоих кормовых добавок является их высокая биологическая активность в отношении грибов (*Ascomycota* и *Fungi incertae sedis*), которые регистрировались только в образцах интактной группы.

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 № 22-26-00281.

### FUNDING

The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-26-00281.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Morshed S.M., Lee T.-H. The role of the microbiome on fish mucosal immunity under changing environments. *Fish & Shellfish Immunology*. 2023; 139: 108877. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.108877>
- Сизентов А.Н., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киякова Ю.В., Сарсенбаева Ж.Б. Оценка действия фитобиотиков, подготовленных различным способом на Quorum Sensing *P. aeruginosa* на модели *in vitro*. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022; 6: 79–83. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-98-6-79-83>
- Gonçalves A.T., Gallardo-Escárate C. Microbiome dynamic modulation through functional diets based on pre- and probiotics (mannan-oligosaccharides and *Saccharomyces cerevisiae*) in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Microbiology*. 2017; 122(5): 1333–1347. <https://doi.org/10.1111/jam.13437>
- Zhu H. *et al.* Multi-kingdom microbiota and functions changes associated with culture mode in genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Frontiers in Physiology*. 2022; 13: 974398. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.974398>
- Blanch A.R., Hispano C., Bultó P., Ballesté E., González-López J.J., Vilanova X. Comparison of *Vibrio spp.* populations found in seawater, in exhibition aquaria, in fish intestine and in fish feed. *Journal of Applied Microbiology*. 2009; 106(1): 57–65. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.03974.x>
- Breen P., Winters A.D., Theis K.R., Withey J.H. The *Vibrio cholerae* Type Six Secretion System Is Dispensable for Colonization but Affects Pathogenesis and the Structure of Zebrafish Intestinal Microbiome. *Infection and Immunity*. 2021; 89(9): e00151-21. <https://doi.org/10.1128/IAI.00151-21>
- Eichmiller J.J., Hamilton M.J., Staley C., Sadowsky M.J., Sorensen P.W. Environment shapes the fecal microbiome of invasive carp species. *Microbiome*. 2016; 4: 44. <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0190-1>
- Gillingham M.A.F. *et al.* Bioaccumulation of trace elements affects chick body condition and gut microbiome in greater flamingos. *Science of The Total Environment*. 2021; 761: 143250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143250>
- Kim P.S. *et al.* Host habitat is the major determinant of the gut microbiome of fish. *Microbiome*. 2021; 9: 166. <https://doi.org/10.1186/s40168-021-01113-x>
- Luna G.M., Quero G.M., Kokou F., Kormas K. Time to integrate biotechnological approaches into fish gut microbiome research. *Current Opinion in Biotechnology*. 2022; 73: 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.07.018>
- Peshkov S.A., Khursan S.L. Complexation of the Zn, Co, Cd, and Pb ions by metallothioneins: A QM/MM simulation. *Computational and Theoretical Chemistry*. 2017; 1106: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2017.02.029>
- Quero G.M. *et al.* Host-associated and Environmental Microbiomes in an Open-Sea Mediterranean Gilthead Sea Bream Fish Farm. *Microbial Ecology*. 2023; 86(2): 1319–1330. <https://doi.org/10.1007/s00248-022-02120-7>
- Su S. *et al.* Relationship Between the Fatty Acid Profiles and Gut Bacterial Communities of the Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*) From Ecologically Different Habitats. *Frontiers in Microbiology*. 2020; 11: 565267. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.565267>
- Gillingham M.A.F. *et al.* Bioaccumulation of trace elements affects chick body condition and gut microbiome in greater flamingos. *Science of The Total Environment*. 2021; 761: 143250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143250>

### REFERENCES

- Morshed S.M., Lee T.-H. The role of the microbiome on fish mucosal immunity under changing environments. *Fish & Shellfish Immunology*. 2023; 139: 108877. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.108877>
- Sizentsov A.N., Miroshnikova E.P., Arinzhonov A.E., Kilyakova Yu.V., Sarsenbaeva Zh.B. Evaluation of the effect of phytobiotics prepared in various ways on Quorum Sensing *P. aeruginosa* in an *in vitro* model. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; 6: 79–83 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-98-6-79-83>
- Gonçalves A.T., Gallardo-Escárate C. Microbiome dynamic modulation through functional diets based on pre- and probiotics (mannan-oligosaccharides and *Saccharomyces cerevisiae*) in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Microbiology*. 2017; 122(5): 1333–1347. <https://doi.org/10.1111/jam.13437>
- Zhu H. *et al.* Multi-kingdom microbiota and functions changes associated with culture mode in genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Frontiers in Physiology*. 2022; 13: 974398. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.974398>
- Blanch A.R., Hispano C., Bultó P., Ballesté E., González-López J.J., Vilanova X. Comparison of *Vibrio spp.* populations found in seawater, in exhibition aquaria, in fish intestine and in fish feed. *Journal of Applied Microbiology*. 2009; 106(1): 57–65. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.03974.x>
- Breen P., Winters A.D., Theis K.R., Withey J.H. The *Vibrio cholerae* Type Six Secretion System Is Dispensable for Colonization but Affects Pathogenesis and the Structure of Zebrafish Intestinal Microbiome. *Infection and Immunity*. 2021; 89(9): e00151-21. <https://doi.org/10.1128/IAI.00151-21>
- Eichmiller J.J., Hamilton M.J., Staley C., Sadowsky M.J., Sorensen P.W. Environment shapes the fecal microbiome of invasive carp species. *Microbiome*. 2016; 4: 44. <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0190-1>
- Gillingham M.A.F. *et al.* Bioaccumulation of trace elements affects chick body condition and gut microbiome in greater flamingos. *Science of The Total Environment*. 2021; 761: 143250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143250>
- Kim P.S. *et al.* Host habitat is the major determinant of the gut microbiome of fish. *Microbiome*. 2021; 9: 166. <https://doi.org/10.1186/s40168-021-01113-x>
- Luna G.M., Quero G.M., Kokou F., Kormas K. Time to integrate biotechnological approaches into fish gut microbiome research. *Current Opinion in Biotechnology*. 2022; 73: 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.07.018>
- Peshkov S.A., Khursan S.L. Complexation of the Zn, Co, Cd, and Pb ions by metallothioneins: A QM/MM simulation. *Computational and Theoretical Chemistry*. 2017; 1106: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2017.02.029>
- Quero G.M. *et al.* Host-associated and Environmental Microbiomes in an Open-Sea Mediterranean Gilthead Sea Bream Fish Farm. *Microbial Ecology*. 2023; 86(2): 1319–1330. <https://doi.org/10.1007/s00248-022-02120-7>
- Su S. *et al.* Relationship Between the Fatty Acid Profiles and Gut Bacterial Communities of the Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*) From Ecologically Different Habitats. *Frontiers in Microbiology*. 2020; 11: 565267. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.565267>
- Gillingham M.A.F. *et al.* Bioaccumulation of trace elements affects chick body condition and gut microbiome in greater flamingos. *Science of The Total Environment*. 2021; 761: 143250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143250>

15. Miroshnikova M., Miroshnikova E., Sizentsov A., Arinzhanov A., Kilyakova Y. Experimental evaluation of the effectiveness of the Quercus cortex extract in the carp feeding system. *Journal of Animal Science*. 2021; 99(S3): 339. <https://doi.org/10.1093/jas/skab235.623>

16. Sizentsov A. *et al.* Technology for evaluating the ability of probiotic strains to accumulate copper ions *in vitro* and *in vivo* using *Bacillus* bacteria. *Veterinary World*. 2021; 14(7): 1752–1759. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1752-1759>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Алексей Николаевич Сизентцов

доцент кафедры биохимии  
и микробиологии, кандидат биологических наук  
asizen@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

##### Елена Петровна Мирошникова

заведующая кафедрой биотехнологии животного сырья  
и аквакультуры, доктор биологических наук, профессор  
elenaakva@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

##### Азамат Ерсайнович Аринжанов

доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры,  
кандидат сельскохозяйственных наук  
arin.azamat@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

##### Юлия Владимировна Киялякова

доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры,  
кандидат биологических наук  
fish-ka06@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

Оренбургский государственный университет,  
пр-т Победы, 13, Оренбург, 460018, Россия

15. Miroshnikova M., Miroshnikova E., Sizentsov A., Arinzhanov A., Kilyakova Y. Experimental evaluation of the effectiveness of the Quercus cortex extract in the carp feeding system. *Journal of Animal Science*. 2021; 99(S3): 339. <https://doi.org/10.1093/jas/skab235.623>

16. Sizentsov A. *et al.* Technology for evaluating the ability of probiotic strains to accumulate copper ions *in vitro* and *in vivo* using *Bacillus* bacteria. *Veterinary World*. 2021; 14(7): 1752–1759. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1752-1759>

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Aleksey Nikolaevich Sizentsov

Associate Professor of the Department of Biochemistry and  
Microbiology, Candidate of Biological Sciences  
asizen@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

##### Elena Petrovna Miroshnikova

Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials  
and Aquaculture, Doctor of Biological Sciences, Professor  
elenaakva@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

##### Azamat Ersainovich Arinzhanov

Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal  
Raw Materials and Aquaculture, Candidate of Agricultural Sciences  
arin.azamat@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

##### Yulia Vladimirovna Kilyakova

Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal  
Raw Materials and Aquaculture, Candidate of Biological Sciences  
fish-ka06@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

Orenburg State University,  
13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia



ufi  
Approved  
Event



Реклама



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ  
НА НАШ  
TELEGRAM-КАНАЛ  
@AGRORUS1



# АГРОРУСЬ PRO 2024

## 28-30 АВГУСТА 2024

### 33-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА



КОНГРЕССНАЯ  
ПРОГРАММА

ЭКСПОЗИЦИИ  
РЕГИОНОВ РОССИИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ  
ЭКСПОЗИЦИИ

ЦЕНТР  
ДЕЛОВЫХ  
КОНТАКТОВ

ОТРАСЛЕВОЙ  
КОНКУРС  
«ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ»



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
**ЭКСПОФОРУМ**  
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

AGRORUS.EXPOFORUM.RU  
ТЕЛ.: +7 (812) 240-40-40, ДОБ. 2980, 2427, 2434



6+

А.А. Белооков<sup>1</sup> ✉  
О.В. Белоокова<sup>1</sup>  
М.Б. Ребезов<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ [belookov@yandex.ru](mailto:belookov@yandex.ru)

Поступила в редакцию:  
30.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

## Research article

Alexey A. Belookov<sup>1</sup> ✉  
Oksana V. Belookova<sup>1</sup>  
Maksim B. Rebezov<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

<sup>2</sup> V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ [belookov@yandex.ru](mailto:belookov@yandex.ru)

Received by the editorial office:  
30.04.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

# Влияния хряков-производителей различной селекции на экономические показатели использования свиноматок

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Важным фактором повышения продуктивности свиней выступает межпородное скрещивание (или гибридизация). В результате эффекта гетерозиса увеличивается многоплодие свиноматок, повышается сохранность приплода, интенсивность роста молодняка, улучшается качество мяса и, как следствие, повышается рентабельность отрасли свиноводства.

**Методы.** В работе дана оценка влияния хряков-производителей от компаний PIC, Genesus Genetics и Нурог на воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы от компании Нурог. Для реализации эксперимента по принципу пар-аналогов были сформированы 3 группы свиноматок крупной белой породы от компании Нурог по 5 голов в каждой. Свиноматок 1-й группы осеменели семенем хряков породы ландрас от компании PIC, 2-й группы — семенем хряков породы ландрас от компании Genesus Genetics, 3-й группы — семенем хряков породы ландрас от компании Нурог.

**Результаты.** В научно-хозяйственном опыте установлено, что многоплодие свиноматок 3-й группы составило 13,0 голов, что меньше, чем в 1-й и 2-й опытных группах, на 7,7%. Количество поросят на момент отъема в 1-й и 2-й группах на свиноматку составило 12 голов, что больше, чем в 3-й группе, на 5,3%.

На 1 кг прироста живой массы на опорос израсходовано в 3-й группе 9,38 ЭКЕ, что больше на 8,1% по сравнению с 1-й и на 8,4% по сравнению со 2-й опытной группой. В расчете на 1000 руб. потребленного корма дополнительно по сравнению с 3-й группой (5,44 руб.) было получено больше прироста живой массы в 1-й опытной (на 0,44 руб.) и во 2-й опытной (на 0,47 руб.) группах.

**Ключевые слова:** свиноводство, порода, продуктивность, поросята, межпородное скрещивание, экономическая эффективность

**Для цитирования:** Белооков А.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Влияния хряков-производителей различной селекции на экономические показатели использования свиноматок. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 96–100.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-96-100>

© Белооков А.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б.

# The influence of boars of producers of various breeding on the economic indicators of the use of sows

## ABSTRACT

**Relevance.** Interbreeding or hybridization is an important factor in increasing pig productivity. As a result of the heterosis effect, the multiplicity of sows increases, the safety of offspring increases, the growth rate of young animals improves, the quality of meat improves and, as a result, the profitability of the pig industry increases.

**Methods.** The paper evaluates the influence of boar producers from the companies PIC, Genesus Genetics and Hypor on the reproductive qualities of sows of a large white breed from the company Hypor. To implement the experiment, according to the principle of pairs of analogues, 3 groups of sows of a large white breed from the company Hypor were formed, 5 heads each. The sows of group 1 were inseminated with the seed of Landrace boars from PIC, group 2 with the seed of Landrace boars from Genesus Genetics, group 3 with the seed of Landrace boars from Hypor.

**Results.** In scientific and economic experience, it was found that the multiplicity of sows of the 3rd group amounted to 13.0 heads, which is 7.7% less than in the 1st and 2nd experimental groups. The number of piglets at the time of weaning in groups 1 and 2 per sow was 12, which is 5.3% more than in group 3. For 1 kg of live weight gain, 9.38 EQ was spent on farrowing in the 3rd group, which is 8.1% more than in the 1st and 8.4% more than in the 2nd experimental group. Based on 1000 rubles of feed consumed, in addition, compared with the 3rd group (5.44 rubles), more live weight gain was obtained in the 1st experimental (by 0.44 rubles) and in the 2nd experimental (by 0.47 rubles) groups.

**Key words:** pig breeding, breed, productivity, piglets, interbreeding, economic efficiency

**For citation:** Belookov A.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. The influence of boars of producers of various breeding on the economic indicators of the use of sows. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 96–100 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-96-100>

© Belookov A.A., Belookova O.V., Rebezov M.B.

**Введение/Introduction**

Свиноводство среди других отраслей животноводства занимает ведущее место по плодовитости и скороспелости животных и относится к важным источникам мясной продукции. Перед свиноводством поставлена важная задача: не только произвести ценные продукты питания, но и сделать это с минимальными затратами [1–5].

Сегодня применяются различные методы повышения эффективности производства, которые используются комплексно, один из них — селекционная работа [6–9].

В сложившейся практике повышение рентабельности животноводческих предприятий невозможно без интенсификации селекционного процесса. Работа специалистов в интенсификации производства направлена на извлечение максимальной выгоды из генетического потенциала животного [10–12].

К числу основных задач, стоящих перед селекционерами, следует отнести снижение себестоимости продукции; повышение качества мяса (увеличение доли постного мяса в туше, оптимальные «мраморность» и сочность, снижение толщины шпика); обеспечение высоких технологических характеристик мяса для глубокой переработки, повышение воспроизводительных качеств свиней, снижение затрат корма на единицу прироста и улучшение скороспелости [13–17].

Важным фактором повышения продуктивности свиной выступает межпородное скрещивание (или гибридизация). В результате эффекта гетерозиса увеличивается многоплодие свиноматок, повышаются сохранность приплода, интенсивность роста молодняка, улучшается качество мяса и, как следствие, повышается рентабельность отрасли свиноводства.

На современном этапе в селекционной работе в свиноводстве много внимания уделяется изучению как отечественных, так и зарубежных пород свиней с целью их рационального использования [18–22].

В последние годы для повышения продуктивности свиней и получения высококачественной свинины стали широко применять межпородное скрещивание [23–27].

Преимущество межпородного скрещивания перед чистопородным разведением состоит в том, что за счет эффекта гетерозиса можно увеличить производство свинины без дополнительных затрат. Однако использование свиней зарубежной селекции применительно к условиям Челябинской области изучено недостаточно, потому что не установлена эффективность их продуктивного использования как при чистопородном разведении, так и при их скрещивании.

На основании вышеизложенного было изучено влияние хряков-производителей породы ландрас разной селекции (компаний Нурог, PIC и Genesus Genetics) на показатели воспроизводительной способности свиноматок крупной белой породы селекции компании Нурог.

**Материалы и методы исследования / Materials and methods**

Научно-хозяйственный опыт был проведен в условиях ОСП СК «Ромкор» (Троицкий р-н, Челябинская обл., Россия).

Для реализации эксперимента по принципу параналогов были сформированы 3 группы свиноматок

крупной белой породы от компании Нурог по 5 голов в каждой.

Свиноматок 1-й группы осеменели семенем хряков породы ландрас от компании PIC, 2-й группы — семенем хряков породы ландрас от компании Genesus Genetics, 3-й группы — семенем хряков породы ландрас от компании Нурог.

Проведение эксперимента было выполнено в рамках требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых для научных целей<sup>1</sup>, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ N 498-ФЗ<sup>2</sup>.

Содержание и кормление животных осуществлялись согласно принятым методическим рекомендациям<sup>3</sup>.

В ходе исследований оценивались воспроизводительные качества свиноматок, показатели онтогенеза полученного в ходе эксперимента молодняка F<sub>1</sub>.

По результатам научно-хозяйственного опыта проведены расчеты экономической эффективности разных сочетаний генотипов при промышленном скрещивании свиней в соответствии с рекомендациями ВАСХНИЛ<sup>4</sup> и Н.В. Евдокимова<sup>5</sup>.

Для обработки цифрового материала использовали электронные таблицы, статистический анализ был выполнен с помощью программного обеспечения Excel (Microsoft, США) и Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США). Оценка значимости коэффициента корреляции выполнялась с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимым считалось значение с  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ,  $p \leq 0,001$ . Достоверность коэффициентов корреляции определяли методом Р. Фишера.

**Результаты и обсуждение / Results and discussion**

В период проведения научно-хозяйственного опыта кормление и содержание животных опытных групп были одинаковыми.

Кормление животных осуществлялось полнорационным комбикормом по фазовому принципу при используемой технологии «пусто — занято» (изменения спецификаций корма в общей кормушке для свиней в группах временного содержания).

В зависимости от продуктивного периода свиноматок их кормили специально сбалансированными комбикормами (табл. 1).

Анализ данных (табл. 1) показывает, что свиноматки на голову было потреблено практически одинаковое

Таблица 1. Фактическое потребление отдельных видов кормов свиноматками (в расчете на одно животное)

Table 1. Actual consumption of certain types of feed by sows (per animal)

Показатель	Группа		
	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Комбикорм, кг/гол			
СК-1	328,73	328,07	327,19
СК-2	162,3	160,12	161,04
Содержание в потребленном количестве корма			
ЭКЕ	593,96	590,36	590,53
Сырого протеина, г	76 498,18	76 022,34	76 052,96

<sup>1</sup> 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](https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf)

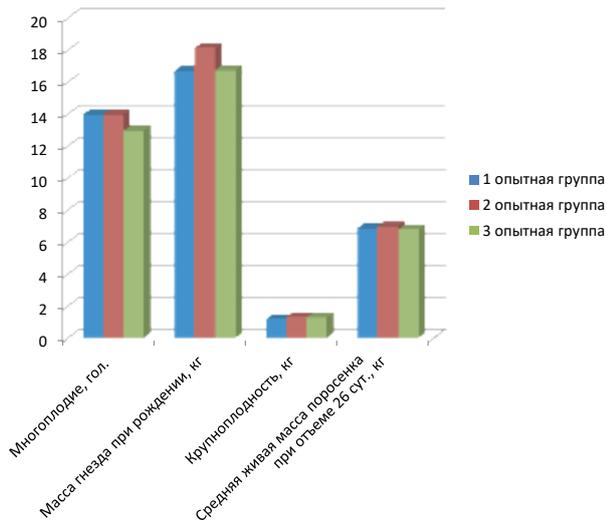
<sup>2</sup> Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

<sup>3</sup> Шейко И.П., Смирнов В.С. Свиноводство. 2005.

<sup>4</sup> Методические рекомендации по организации воспроизводства и искусственного осеменения свиней на промышленных комплексах / ВАСХНИЛ, ВНИИ разведения и генетики с.-х. животных (разраб. В.М. Прокопцевым и др.). 1980.

<sup>5</sup> Евдокимов Н.В. Селекционно-генетические приемы повышения продуктивности хряков. 2013.

**Рис. 1.** Воспроизводительные качества свиноматок  
**Fig. 1.** Reproductive qualities of sows



количество кормов СК-1 и СК-2, разница в потреблении составила по маркам до 0,5% и 0,8% соответственно. Отклонения по потребленному с кормом количеству ЭКЕ между группами составляли не более 0,6%, сырого протеина — 1,2%.

Содержание свиноматок осуществлялось в группах и индивидуальных станках в зависимости от состояния матки (в охоте, супоросная, подсосная). До осеменения свиноматки содержались в индивидуальных станках. После подтверждения супоросности их переводили на групповое содержание (по 10–12 голов). На последней неделе супоросности матку перемещали в индивидуальный станок, рядом с которым оборудованы «гнезда» с локальным обогревом для поросят. Поросята содержались под маткой до отъема в возрасте 26 суток. После отъема молодняк передавался для дальнейшего выращивания и откорма.

Была проведена оценка воспроизводительных качеств подопытных свиноматок (рис. 1).

Из данных (рис. 1) видно, что многоплодие свиноматок 3-й группы составило 13,0 голов, что меньше, чем в 1-й и 2-й опытных группах, на 7,7%.

Масса гнезда поросят при рождении в 3-й группе составила 16,76 кг, тогда как в 1-й опытной группе данный показатель был ниже на 0,04 кг, а во 2-й опытной — выше на 1,4 кг (8,4%). Крупноплодность максимальной была во 2-й (1,31 кг) и 3-й (1,30 кг) группах, а самой низкой — в 1-й опытной (1,2 кг). Разница составила, соответственно, 9,2% и 8,3%.

В период отъема (26 суток) средняя живая масса поросят в 3-й группе составила 6,82 кг, что меньше на 1,2%, чем в 1-й опытной, и на 2,6%, чем во 2-й опытной. Количество поросят в момент отъема в 1-й и 2-й группах на свиноматку — 12 голов, что больше, чем в 3-й группе, на 5,3%.

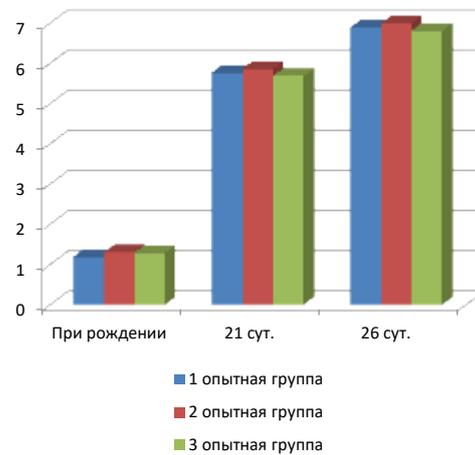
Таким образом, выбор хряка-производителя оказал влияние на воспроизводительные качества свиноматок.

На рисунке 2 представлена динамика живой массы поросят в подсосный период.

Для определения живой массы молодняка были отобраны случайным образом 10 поросят — из каждой группы по 5 хрячков и свинок. Взвешивание отобранного поголовья производилось индивидуально.

Из данных рисунка 2 видно, что при рождении самую низкую живую массу имели поросята 1-й опытной группы (1,2 кг), а самую высокую — из 2-й группы (1,31 кг).

**Рис. 2.** Динамика живой массы поросят в подсосный период, кг  
**Fig. 2.** Dynamics of live weight of piglets in the suckling period, kg



Поросята 2-й опытной группы достоверно опережали по живой массе сверстников из 3-й группы в возрасте 21 дня (5,87 кг) на 3,1%, в возрасте 26 суток (7,0 кг) — на 2,6%, поросята 1-й опытной группы занимали промежуточное положение по данному показателю.

В таблице 2 представлены результаты оценки экономической эффективности воспроизводительных качеств свиноматок.

Данные таблицы 2 показывают, что за время научно-хозяйственного опыта свиноматки 1-й группы съели 491,03 кг, 2-й — 488,19 кг, 3-й — 488,23 кг ком-

**Таблица 2.** Оценка экономической эффективности использования свиноматок

**Table 2.** Assessment of the economic efficiency of using sows

Показатель	Группа		
	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
<i>Скормлено за период опыта (в расчете на 1 свиноматку)</i>			
комбикорм СК-1, кг	328,73	328,07	327,19
комбикорм СК-2, кг	162,3	160,12	161,04
ЭКЕ	594,0	590,4	590,5
сырой протеин, г	76 498,2	76 022,3	76 053,0
Стоимость израсходованных кормов, руб.	11 634	11 562	11 566
<i>Получено прироста живой массы, кг</i>			
в расчете на 1 отъемного поросенка	5,70	5,69	5,52
в среднем на отнятых поросят в расчете на свиноматку	68,40	68,28	62,93
в расчете на группу	342,0	341,4	314,6
Затрачено на 1 кг прироста живой массы (в расчете на приплод 1 свиноматки), руб.	170,08	169,33	183,80
<i>Затрачено на 1 кг прироста живой массы (в расчете на приплод 1 свиноматки)</i>			
ЭКЕ	8,68	8,65	9,38
% к контрольной группе	92,5	92,1	–
сырой протеин, г	1118,39	1113,39	1208,57
комбикорм, кг	7,18	7,15	7,76
<i>Получено прироста живой массы (в расчете на приплод 1 свиноматки), кг</i>			
на 100 ЭКЕ	11,5	11,6	10,7
% к контрольной группе	108,07	108,54	–
на каждую 1000 руб. корма	5,88	5,91	5,44
% к контрольной группе	108,06	108,55	–
Дополнительно получено прироста живой массы (в расчете на приплод 1 свиноматки), кг	5,47	5,35	–
Цена реализации 1 кг живой массы с НДС, руб.	130,00	130,00	130,00
Выручка от реализации дополнительно полученного прироста живой массы (в расчете на приплод 1 свиноматки), руб.	647,00	633,00	0,00

бикорма, что составило 594,0, 590,4 и 590,5 ЭКЕ соответственно.

Свиноматки 1-й и 2-й опытных групп при сравнении с данными 3-й группы показали преимущество в продуктивности. Так, в этих группах получено наибольшее количество прироста живой массы отнятых на свиноматку поросят — 68,40 кг и 68,28 кг соответственно, что на 8,6% и 8,4% больше, чем в 3-й группе.

На 1 кг прироста живой массы на опорос израсходовано в 3-й группе 9,38 ЭКЕ, что больше на 8,1% по сравнению с 1-й опытной группой, на 8,4% — со 2-й. Следовательно, на 100 ЭКЕ в 3-й группе животных (10,7 кг) было получено прироста живой массы поросят меньше на 0,8 кг, чем в 1-й опытной группе, и на 0,9 кг, чем во 2-й.

В расчете на 1000 руб. потребленного корма дополнительно по сравнению с 3-й группой (5,44 руб.) было

получено больше прироста живой массы: на 0,44 руб. — в 1-й опытной группе, на 0,47 руб. — во 2-й.

Выручка от реализации дополнительно полученной продукции в 1-й и 2-й опытных группах (относительно 3-й группы) составила 647 руб. и 633 руб. соответственно.

Таким образом, у свиноматок 1-й и 2-й опытных групп по сравнению с 3-й группой потомство показало лучшие результаты по продуктивности и оплате корма продукцией.

### Выводы/Conclusions

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что хряки-производители оказали влияние на воспроизводительные качества свиноматок, в связи с чем предприятию рекомендуем использовать для воспроизводства стада хряков-производителей породы ландрас от компаний PIC и Genesus Genetics.

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. Заболотная А.А. Эффективность скрещивания гибридных свиноматок F1 с хряками пород дюрок, терминальный и пьетрен. *Свиноводство*. 2015; 7: 15–16. <https://www.elibrary.ru/uyeqeb>
2. Стволов С.С., Белооков А.А., Белоокова О.В., Гриценко С.А., Ребезов М.Б. Оценка влияния хряков-производителей различной селекции на показатели свиноматок и помесей первого поколения. *Аграрная наука*. 2023; 2: 65–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-65-69>
3. Бальников А.А. Сочетаемость свиноматок новых генотипов с хряками специализированных пород зарубежной селекции. *Молодежь в науке — 2016. Материалы Международной конференции молодых ученых*. Минск: Белорусская наука. 2017; 1: 281–292. <https://www.elibrary.ru/yryxzz>
4. Фуников Г.А. Морфологический состав и мясность туш свиней отечественной, канадской и французской селекций. *Аграрная наука*. 2020; 7–8: 73–77. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-73-77>
5. Белоусов Н. Импортзамещение как первый этап создания экспортного потенциала. *Свиноводство*. 2015; 8: 4–7. <https://www.elibrary.ru/vecjun>
6. Ильченко А.А., Дарьин А.И. Перспективные направления интенсификации производства свинины. *Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2023; 2: 100–103. <https://elibrary.ru/wydmzp>
7. Сипова Н.В., Раков Н.М. Откормочные и мясные качества чистопородного молодняка свиней. *Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки. Сборник трудов по материалам XVI Международного конкурса научно-исследовательских работ*. Уфа: Вестник науки. 2024; 244–250. <https://elibrary.ru/bzggxs>
8. Назарченко О.В., Евшиков С.С., Делей И.В. Воспроизводительные качества свиноматок в зависимости от генотипа. *Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции в условиях международных санкций. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Курган: Курганский государственный университет. 2024; 77–81. <https://elibrary.ru/cuirhc>
9. Третьякова О.Л., Святогоров Н.А., Сипова Н.В., Святогорова А.Е. Новые подходы в повышении мясной продуктивности свиней породы дюрок. *Аграрная наука и производство в условиях становления цифровой экономики Российской Федерации. Материалы Международной научно-практической конференции*. Персиановский: Донской государственный аграрный университет. 2024; 2: 40–43. <https://elibrary.ru/byqkam>
10. Величко Л.Ф., Можный С.С., Чупрынина С.О. Влияние породной принадлежности на воспроизводительные качества свиноматок канадской селекции. *Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы. Сборник статей по материалам II Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию академика В.Г. Рядчикова*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. 2024; 59–67. <https://elibrary.ru/yhtvjy>
11. Доновой Д.А. Генетические предпосылки повышения эффективности селекционной работы в свиноводстве. *Устойчивое развитие сельских территорий: взгляд молодых ученых. Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых*. Новосибирск: Золотой колос. 2024; 46–50. <https://elibrary.ru/sioazg>
12. Кочнева М.Л., Чыдым С.М., Жучаев К.В. Физико-химические характеристики мышечной ткани у свиней кемеровской породы и помесей. *Теория и практика современной аграрной науки. Сборник VII Национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием*. Новосибирск: Золотой колос. 2024; 383–385. <https://elibrary.ru/jgqrow>

### REFERENCES

1. Zabolotnaya A.A. Efficiency of crossing of hybrid sows with boars of breeds a Duroc, Terminal and Pietrain. *Industrial & Pure-bred pig-breeding*. 2015; 7: 15–16 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uyeqeb>
2. Stvolov S.S., Belookov A.A., Belookova O.V., Gritsenko S.A., Rebezov M.B. Assessment of the influence of boars of different breeding on the indicators of sows and first generation mixed. *Agrarian science*. 2023; 2: 65–69 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-65-69>
3. Balnikov A.A. Compatibility of the sows of the new genotypes with boars of specialized breeds of foreign selection. *Youth in Science — 2016. Proceedings of the International conference of young scientists*. Minsk: Belorusskaya nauka. 2017; 1: 281–292 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yryxzz>
4. Funikov G.A. Morphological composition and meat of pigs of domestic, Canadian and French breeding. *Agrarian science*. 2020; 7–8: 73–77 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-73-77>
5. Belousov N. Import substitution as the first stage of creating export potential. *Industrial & Pure-bred pig-breeding*. 2015; 8: 4–7 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vecjun>
6. Ilchenko A.A., Daryin A.I. Promising areas of intensification pork production. *Contribution of young scientists to the innovative development of the Russian agro-industrial complex. Collection of materials of the International scientific and practical conference of young scientists*. Penza: Penza State Agrarian University. 2023; 2: 100–103 (in Russian). <https://elibrary.ru/wydmzp>
7. Sipova N.V., Rakov N.M. Fattening and meat qualities of purebred young pigs. *Fundamental and applied aspects of the development of modern science. Collection of works based on the materials of the XVI International competition of scientific research works*. Ufa: Vestnik nauki. 2024; 244–250 (in Russian). <https://elibrary.ru/bzggxs>
8. Nazarchenko O.V., Evshikov S.S., Deley I.V. Reproductive qualities of sows depending on genotype. *Innovative technologies for the production and processing of agricultural products under international sanctions. Collection of articles based on materials of the II All-Russian (national) scientific and practical conference*. Kurgan: Kurgan State University. 2024; 77–81 (in Russian). <https://elibrary.ru/cuirhc>
9. Tret'yakova O.L., Svyatogorov N.A., Sipova N.V., Svyatogorova A.E. New approaches to increasing the meat productivity of Duroc pigs. *Agricultural science and production in the conditions of the formation of the digital economy of the Russian Federation. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Persyanovskiy: Don State Agrarian University. 2024; 2: 40–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/byqkam>
10. Velichko L.F., Mzhnyy S.S., Chuprynyina S.O. The influence of breed affiliation on the reproductive qualities of Canadian breeding sows. *Modern problems in livestock farming: status, solutions, prospects. Collection of articles based on the materials of the II International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of Academician V.G. Ryadchikov*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. 2024; 59–67 (in Russian). <https://elibrary.ru/yhtvjy>
11. Donovoy D.A. Genetic prerequisites for increasing the efficiency of selection work in pig farming. *Sustainable development of rural areas: the view of young scientists. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists*. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2024; 46–50 (in Russian). <https://elibrary.ru/sioazg>
12. Kochneva M.L., Chydym S.M., Zhuchaev K.V. Physico-chemical characteristics of muscle tissue in Kemerovo breed pigs and crossbreeds. *Theory and practice of modern agricultural science. Collection of the VII National (All-Russian) scientific conference with international participation*. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2024; 383–385 (in Russian). <https://elibrary.ru/jgqrow>

13. Сизарева Ю., Сизарев В. Эффективность гибридизации в свиноводстве Орловской области. *Сетевой научный журнал ОрелГАУ*. 2016; 1(6): 111–116. <https://elibrary.ru/wxixhl>
14. Копылов С.В., Каширина А.Д. Гибридизация как способ повышения эффективности свиноводства. *Молодежь и наука*. 2019; 4: 31. <https://elibrary.ru/fmqjtw>
15. Ульянов А.Г., Харитонов А.В. Влияние межпородного скрещивания на откормочные качества свиней. *Современные проблемы и достижения ветеринарной морфологии и патологии в сохранении здоровья животных. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной юбилею доктора ветеринарных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации С.С. Мухитдиновича*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2024; 250–252. <https://elibrary.ru/mofogd>
16. Бурцева С.В. Оценка влияния межпородного подбора свиней ирландской селекции на физико-химические свойства мяса. *Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы VI Международной научно-практической конференции*. Красноярск: Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук. 2022; 105–109. <https://elibrary.ru/geunjpe>
17. Дорохина Э.Э., Клесова Т.В., Доста А.В. Откормочные, убойные и мясные качества свиней разной генетической конструкции. *Научные разработки и инновации в решении приоритетных задач современной зоотехнии. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения и 66-летию трудовой деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора Л.И. Кибкало*. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова. 2022; 215–224. <https://elibrary.ru/rjiytj>
18. Березовский Н.Д. Гибридизация с учетом генотипа материнских форм. *Перспективы развития свиноводства стран СНГ. Сборник научных трудов по материалам XXV Международной научно-практической конференции*. Минск: Беларусская навука. 2018; 13–18. <https://www.elibrary.ru/zbtqgd>
19. Файзуллин Р.А., Сайфутдинов М.Р. Некоторые хозяйственно полезные признаки свиней крупной белой породы ООО «Россия». *Аграрная наука*. 2021; 11–12: 56–59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-56-59>
20. Тяпугин С.Е., Новиков А.А., Суслина Е.Н., Шичкин Д.Г., Дунина М.Г., Башмакова Н.В. Организация разведения и селекционной работы в селекционно-генетических и селекционно-гибридных центрах при использовании метода гибридизации в свиноводстве. *Свиноводство*. 2021; 4: 8–10. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2021-4-8-10>
21. Белооков А.А., Белоокова О.В., Чухутин Е.В. Опыт применения пробиотического препарата в свиноводстве. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2021; 9: 45–50. <https://doi.org/10.33920/sei-05-2109-04>
22. Пермяков А., Казмина Н., Садкова Я., Третьяковских Е., Околышев С., Тимошенко Ю. Новые генотипы в гибридизации свиней. *Животноводство России*. 2019; 6: 26–28. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2019.58.25.009>
23. Белооков А.А., Ребезов М.Б., Стволов С.С. Мясные качества помесного молодняка свиней. *Аграрная наука*. 2024; 2: 71–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-71-75>
24. Белооков А.А., Белоокова О.В., Стволов С.С., Гриценко С.А., Ребезов М.Б., Зяблицева М.А. Оценка мясных качеств помесного молодняка свиней разной селекции. *Аграрная наука*. 2023; 4: 70–74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74>
25. Гриценко С.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Соломаха С.В. Характеристика изменчивости показателей крови свинок родительских пород, используемых для промышленного скрещивания. *Аграрная наука*. 2023; 5: 42–48. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-42-48>
26. Косилов В.И. и др. Пищевая ценность мясной продукции чистопородного и помесного молодняка свиней. *Вестник Омского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2024; 1: 200–206. [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2024\\_1\(6\)\\_27](https://doi.org/10.52754/16948696_2024_1(6)_27)
27. Ильтяков А.В., Миколайчик И.Н., Морозова Л.А. Рациональное использование эффекта гетерозиса при производстве свинины. *Приоритетные направления региональной развития. Сборник статей по материалам III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. 2022; 341–347. <https://elibrary.ru/feqlgo>

#### ОБ АВТОРАХ

**Алексей Анатольевич Белооков<sup>1</sup>**  
доцент, доктор сельскохозяйственных наук,  
[belookov@yandex.ru](mailto:belookov@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

**Оксана Владимировна Белоокова<sup>1</sup>**  
доцент, кандидат сельскохозяйственных наук  
[belookov@yandex.ru](mailto:belookov@yandex.ru)

**Максим Борисович Ребезов<sup>2, 3</sup>**  
главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук,  
кандидат ветеринарных наук, профессор<sup>2</sup>;  
профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, доктор  
сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук<sup>3</sup>  
[rebezov@ya.ru](mailto:rebezov@ya.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

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

<sup>2</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

13. Sizareva Yu., Sizarev V. Efficiency of hybridization in pig breeding of the Oryol region. *Setevoy nauchnyy zhurnal OreIGAU*. 2016; 1(6): 111–116 (in Russian). <https://elibrary.ru/wxixhl>
14. Kopylov S.V., Kashirina A.D. Hybridization as a method of increasing efficiency pigs. *Youth and science*. 2019; 4: 31 (in Russian). <https://elibrary.ru/fmqjtw>
15. Ulyanov A.G., Kharitonov A.V. The effect of interbreeding on the fattening qualities of pigs. *Modern problems and achievements of veterinary morphology and pathology in preserving the health of animals. Proceedings of the national scientific and practical conference dedicated to the anniversary of Doctor of Veterinary Sciences, professor, Honored Scientist of the Russian Federation S.S. Mukhitdinovich*. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great 2024; 250–252 (in Russian). <https://elibrary.ru/mofogd>
16. Burtseva S.V. Assessment of the effect of interbred selection of irish-bred pigs on the physico-chemical properties of meat. *Scientific support of livestock farming in Siberia. Proceedings of the VI International scientific and practical conference*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2022; 105–109 (in Russian). <https://elibrary.ru/geunjpe>
17. Dorokhina E.E., Klesova T.V., Dosta A.V. Fattening, slaughter and meat qualities of pigs of different genetic design. *Scientific developments and innovations in solving priority problems of modern animal science. Proceedings of the all-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth and 66th anniversary of the work of Doctor of Agricultural Sciences, Professor L.I. Kibkalo*. Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanova. 2022; 215–224 (in Russian). <https://elibrary.ru/rjiytj>
18. Berезovsky N.D. Hybridization taking into account the genotype of maternal forms. *Prospects for the development of pig breeding in the CIS countries. Collection of scientific papers based on the materials of the XXV International scientific and practical conference*. Minsk: Belarusskaya navuka. 2018; 13–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zbtqgd>
19. Fayzullin R.A., Sayfutdinov M.R. Some economically useful signs of the pigs of a Large White breed in ООО «Rossiya». *Agrarian science*. 2021; 11–12: 56–59 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-56-59>
20. Tyapugin S.E., Novikov A.A., Suslina E.N., Shichkin D.G., Dunina M.G., Bashmakova N.V. Organization of breeding and breeding work in breeding-genetic and breeding-hybrid centers when using the method of hybridization in pig-breeding. *Industrial & Pure-bred pig-breeding*. 2021; 4: 8–10 (in Russian). <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2021-4-8-10>
21. Belookov A.A., Belookova O.V., Chukhutin E.V. Experience in the use of probiotic drug in pig breeding. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2021; 9: 45–50 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sei-05-2109-04>
22. Permyakov A., Kazmina N., Sadkova Ya., Trebunskykh E., Okolyshchev S., Timoshenko Yu. New genotypes in pig hybridization. *Animal Husbandry of Russia*. 2019; 6: 26–28 (in Russian). <https://doi.org/10.25701/ZZR.2019.58.25.009>
23. Belookov A.A., Rebezov M.B., Stvolov S.S. Meat qualities of crossbred young pigs. *Agrarian science*. 2024; 2: 71–75 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-71-75>
24. Belookov A.A., Belookova O.V., Stvolov S.S., Gritsenko S.A., Rebezov M.B., Zyablitseva M.A. Evaluation of meat qualities of crossbred young pigs of different breeding. *Agrarian science*. 2023; 4: 70–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-70-74>
25. Gritsenko S.A., Derkho M.A., Rebezov M.B., Solomakha S.V. Characteristics of variability of blood parameters of pigs of parent breeds used for industrial crossing. *Agrarian science*. 2023; 5: 42–48 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-42-48>
26. Kosilov V.I. et al. Nutritional value of meat products of purebred and crossbred young pigs. *Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics*. 2024; 1: 200–206 (in Russian). [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2024\\_1\(6\)\\_27](https://doi.org/10.52754/16948696_2024_1(6)_27)
27. Ilyakov A.V., Mikolaychik I.N., Morozova L.A. Rational use of the heterosis effect in pork production. *Priority area of regional development. Collection of articles based on the materials of the III All-Russian (national) scientific and practical conference*. Lesnikovo: Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev. 2022; 341–347 (in Russian). <https://elibrary.ru/feqlgo>

#### ABOUT THE AUTHORS

**Alexey Anatolyevich Belookov<sup>1</sup>**  
Associate Professor, Doctor of Agricultural Sciences  
[belookov@yandex.ru](mailto:belookov@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

**Oksana Vladimirovna Belookova<sup>1</sup>**  
Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences  
[belookov@yandex.ru](mailto:belookov@yandex.ru)

**Maksim Borisovich Rebezov<sup>2, 3</sup>**  
Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences,  
Candidate of Veterinary Sciences, Professor<sup>2</sup>;  
Professor of the Department of Biotechnology and Food Products,  
Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences<sup>3</sup>  
[rebezov@ya.ru](mailto:rebezov@ya.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

<sup>1</sup> South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin Str., Troitsk, 457103, Russia

<sup>2</sup> V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

УДК 636.082.22

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-101-106

Т.В. Лепёхина<sup>1</sup>С.С. Юрочка<sup>2</sup> ✉Ф.Е. Владимиров<sup>2</sup>М.Д. Бойко<sup>1</sup>О.И. Соловьёва<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, Москва, Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

<sup>3</sup>Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ yssvim@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
19.02.2023

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-101-106

Tatyana V. Lepekhina<sup>1</sup>Sergey S. Yurochka<sup>2</sup> ✉Fedor E. Vladimirov<sup>2</sup>Maria D. Boyko<sup>1</sup>Olga I. Solovyova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ yssvim@yandex.ru

Received by the editorial office:  
19.02.2023

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

# Оценка селекционно-генетических параметров показателей молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы

## РЕЗЮМЕ

В статье приведены результаты оценки селекционно-генетических параметров показателей молочной продуктивности и племенных качеств коров зебувидного типа черно-пестрой породы. Установлен уровень коэффициента изменчивости, взаимосвязи и коэффициента наследуемости показателей молочной продуктивности коров по первой, третьей и наивысшей лактациям в стаде Опытной станции «Снегири» — филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН» (Истринский р-н, Московская обл.). В настоящее время стадо опытной станции состоит из гибридного скота, созданного путем скрещивания крупного рогатого скота черно-пестрой породы с разными подвидами зебу (новозеландским, индийским, азербайджанским и кубинским), а также с чистопородными голштино-фризами. В результате длительной племенной работы по отдаленной гибридизации созданы уникальные животные, обладающие повышенной устойчивостью к заболеваниям, значительным адаптационным потенциалом, неприхотливые к кормам и условиям содержания при интенсивной технологии производства молока. Как правило, для молока черно-пестрого скота зебувидного типа характерна сравнительно повышенная концентрация питательных веществ — жира и белка, молочного сахара, а также незаменимых аминокислот. Высокая питательность молока в придачу к повышенным адаптационным способностям характеризуют зебувидный тип черно-пестрого скота как потенциальных ценных животных, племенная работа с которыми приобретает обоснованно высокую актуальность. Оценка селекционно-генетических параметров позволит раскрыть потенциал молочной продуктивности, определить направления селекционно-племенной работы и скорректировать методику отбора для дальнейшего роста производства, а также совершенствования племенных качеств молочного скота данного типа.

**Ключевые слова:** удой, массовая доля жира, массовая доля белка, изменчивость, взаимосвязь, коэффициент наследуемости, селекционно-генетические параметры, молочная продуктивность

**Для цитирования:** Лепёхина Т.В., Юрочка С.С., Владимиров Ф.Е., Бойко М.Д., Соловьёва О.И. Оценка селекционно-генетических параметров показателей молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 101–106.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-101-106>

© Лепёхина Т.В., Юрочка С.С., Владимиров Ф.Е., Бойко М.Д., Соловьёва О.И.

# Assessment of breeding and genetic parameters of milk productivity indicators of zebu cows-a prominent type of black-and-white breed

## ABSTRACT

The article presents the results of an evaluation of the breeding and genetic parameters of milk productivity and breeding qualities of zebuoid-type black-and-white cows. The level of coefficient of variability, interrelation and coefficient of heritability of indicators of dairy productivity of cows for the first, third and highest lactation in the herd of the Experimental station “Snegiri” — a branch of the Federal State Budgetary Institution of Science “N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences” (Istra district, Moscow region) has been established. Currently, the herd at the experimental station consists of hybrid cattle created by crossbreeding black-and-white cattle with various zebuoid subspecies (New Zealand, Indian, Azerbaijani, and Cuban), as well as with purebred Holstein-Friesians. As a result of extensive breeding work involving distant hybridization, unique animals have been developed that exhibit increased disease resistance, significant adaptive potential, and are undemanding in terms of feed and housing conditions under intensive milk production technology. Generally, the milk from zebuoid-type black-and-white cattle is characterized by a comparatively higher concentration of nutrients — fats, proteins, milk sugar, and essential amino acids. The high nutritional value of the milk, combined with the enhanced adaptive abilities, characterizes the zebuoid-type black-and-white cattle as potentially valuable animals, making breeding work with them justifiably highly relevant. The evaluation of breeding and genetic parameters will help uncover the potential for milk productivity, determine the directions for breeding work, and adjust selection methods to further enhance production and improve the breeding qualities of this type of dairy cattle.

**Key words:** milk yield, fat mass fraction, protein mass fraction, variability, relationship, heritability coefficient, breeding and genetic parameters, milk productivity

**For citation:** Lepekhina T.V., Yurochka S.S., Vladimirov F.E., Boyko M.D., Solovyova O.I. Assessment of breeding and genetic parameters of milk productivity indicators of zebu cows-a prominent type of black-and-white breed. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 101–106 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-101-106>

© Lepekhina T.V., Yurochka S.S., Vladimirov F.E., Boyko M.D., Solovyova O.I.

## Введение/Introduction

Страны с развитыми отраслями животноводства стараются сориентировать Программы селекции по комплексу признаков, проводится систематический мониторинг динамики генетически обусловленных популяционных параметров. Учитываемые данные применяются при составлении планов племенной работы в хозяйствах, направленных в основном на совершенствование качеств скота как на породном уровне, так и в определенных стадах. Основой для планов племенной работы и корректировки методик отбора и подбора служит оценка селекционно-генетических параметров хозяйственно полезных признаков животных [1, 2].

В современных условиях интенсивной технологии производства молока закрепление и повышение генетического потенциала специализированного молочного скота возможны лишь при тщательном анализе селекционно-генетических параметров продуктивности. В настоящее время активно разрабатываются методы совершенствования продуктивных качеств крупного рогатого скота посредством анализа селекционно-генетических параметров, среди которых наследуемость, повторяемость хозяйственно полезных признаков и связь между ними [3, 4].

Изучение селекционно-генетических параметров молочной продуктивности способствует возможности детального всестороннего изучения уровня продуктивности как всего стада, так и животных разной линейной принадлежности или генераций [5, 6].

Породы, выведенные на основе европейского (*Bos taurus taurus Linnaeus, 1758*) и зебувидного (*Bos taurus indicus Linnaeus, 1758*) скота, составляют большую часть мирового поголовья крупного рогатого скота. Зебувидный скот и европейский различаются по переносимости тепла и холода, воспроизводительным качествам, течению лактации, темпам роста и развития, а также темпераменту и интеллекту.

Согласно множеству специализированных источников, гибридизацию между европейским и зебувидным скотом проводят достаточно давно с целью увеличения адаптивного и продуктивного потенциала потомства. Отрицательное воздействие антропогенных факторов при интенсивных технологиях производства, некоторые неблагоприятные климатические, экономические условия, а также особенности отечественного скотоводства заставляют современных специалистов — генетиков и селекционеров — стремиться к созданию не просто высокопродуктивных животных, а прежде всего обладающих естественной устойчивостью к опасным заболеваниям, неблагоприятным факторам внешней среды и условиям содержания, крепким телосложением, высокой конверсией кормов, продуктивным долголетием.

На основании вышесказанного исследования в области отдаленной гибридизации между *B. taurus* и *B. indicus* представляют научно-практический интерес, а в связи с этим оценка селекционно-генетических параметров молочного скота, полученного методом гибридизации, приобретает особую актуальность.

Эксперимент по разведению гибридов зебу и черно-пестрой породы крупного рогатого скота на базе научно-экспериментального хозяйства «Снегири» начался в 1956 году. Результатом стал первый в мировой практике случай, когда за пределами ареала зебу удалось создать высокопродуктивное жирномолочное стадо. Полученные в опыте высокопродуктивные гибриды послужили неопровержимым доказательством принципиальной генетической возможности выведения новых

форм молочного скота путем скрещивания азербайджанского зебу с животными черно-пестрой породы. Впервые разработанные и примененные схемы и приемы разведения в условиях Нечерноземной зоны высокопродуктивных жирномолочных гибридов раскрыли новые пути в селекции скота и большие резервы увеличения животноводческой продукции.

Первый этап селекционной работы завершился в 1972 году, когда появилась возможность оценить гибриды третьего поколения и сравнить их по ряду показателей с животными исходных материнских пород, таких как черно-пестрая, джерсейская, айрширская. В 1999 году начали использовать быков голштинской породы для увеличения обильномолочности и улучшения формы вымени гибридных животных.

Таким образом, в течение нескольких десятков лет на базе научно-экспериментального хозяйства «Снегири» сформировалась группа потенциальных высокопродуктивных животных, адаптированных к условиям интенсивной технологии производства молока. Исследования молочной железы гибридных животных, проведенные ранее на базе научно-экспериментального хозяйства «Снегири», показали, что по развитию и форме вымени, размеру сосков они фактически не отличаются от черно-пестрых коров.

Морфологические и физиологические особенности вымени отвечают технологическим требованиям и вполне приемлемы для машинного доения. При оценке экстерьерных особенностей у зебувидного скота не обнаружено характерных для чистопородных зебу недостатков, таких как короткотелость, слабое развитие грудной клетки, свислость зада. Эти животные обладают достаточно крепким телосложением, хорошо развитой средней и задней частями туловища, что может обеспечить проявление высокого уровня молочной продуктивности. При сравнительном анализе их промеров и индексов с животными черно-пестрой породы существенных отличий не зафиксировано [7].

С использованием цифровых технологий в селекции животных отмечают высокую эффективность применения специализированных датчиков с отслеживанием состояния здоровья, фаз полового цикла, показателей экстерьера и некоторых хозяйственно-биологических показателей коров, которые с использованием селекционно-генетических параметров позволят в дальнейшем наиболее эффективно вести селекцию в повышении генетического потенциала молочного скота [8, 9].

В настоящее время бонитировка молочных коров осуществляется вручную с выездом аккредитованного специалиста-зоотехника (бонитера) на молочную ферму. При оценке животных средней по объему промышленной фермы (более 800 голов) часто эксперт не в состоянии проверить всё стадо за один выезд, что приводит к необходимости его повторного визита и удлинению общих сроков оценки.

Согласно ежегоднику ВНИИплем, в 2022 году бонитировкой были охвачены 2073 хозяйства молочного направления из 71 региона РФ. Общее число дойных коров, прошедших бонитировку, составило 1606,11 тыс. голов из 7734,7 тыс. для всех видов хозяйств (~20,7%) или из 4692,3 тыс. (~34,2%) для всех хозяйств, кроме хозяйств населения. Оставшиеся 65,8–79,3% скота пока являются неохваченными бонитировкой. По оценкам экспертов, реальный объем охвата полноценной бонитировкой может быть даже ниже в отдельных группах [10].

Разработка отечественной комплексной оценки животных с использованием цифровых технологий, для

которой необходим большой объем данных как по продуктивности, так и по другим хозяйственно полезным признакам молочных пород, позволит повысить конкурентоспособность отрасли в целом и в дальнейшем обеспечить наиболее эффективную селекционно-племенную работу с отечественными генетическими ресурсами [11].

Черно-пестрая порода крупного рогатого скота характеризуется высокими показателями продуктивности (как по выходу молока, так и по процентному содержанию в нем белка и жира), не имеющими тенденции к снижению с возрастом в лактациях, что объясняет необходимость эффективного ведения селекционно-племенной работы с данной породой [12].

Цель данной работы — оценка молочной продуктивности с использованием селекционно-генетических параметров показателей молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы.

**Материалы и методы исследования /  
Materials and methods**

Исследования проведены в 2023–2024 гг. на стаде коров зебувидного типа черно-пестрой породы Опытной станции «Снегири» — филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН» (Истринский р-н, Московская обл., Россия).

При формировании групп животные находились в аналогичных условиях кормления и содержания, соответствующих физиологическим нормам. Условия содержания животных соответствовали всем необходимым зоогигиеническим требованиям, способ содержания — привязный (в индивидуальных стойлах на привязи). Исследуемые животные получают корм, состав которого рассчитывается в зависимости от физиологического состояния (стельность, период сухостоя, период лактации, уровень продуктивности) и возраста, состоящий из зеленой массы (люцерна, клевер), кукурузного силоса, сенажа и балансирующих кормовых добавок (минеральных, витаминных).

Материал для анализа был взят с информационно-аналитической системы «СЕЛЭКС — Молочный скот» (Россия), функционирующей в хозяйстве.

Исследуемое поголовье коров зебувидного типа черно-пестрой породы составило ( $n = 30$ ) голов после первой законченной лактации.

Для проведения исследования были оценены показатели удоя за 100 и 305 дней лактации, массовую долю жира, массовую долю белка, количество молочного жира и молочного белка по первой, третьей и наивысшей лактации. Оценка молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы проводилась путем вычисления среднего арифметического, стандартного отклонения, ошибки средней арифметической и коэффициента изменчивости, пользуясь методикой Н.А. Плохинского<sup>1</sup>.

В исследуемых группах коров между показателями молочной продуктивности определяли коэффициент корреляции ( $r$ ) между удоем и массовой долей жира, удоем и массовой долей белка, массовой долей жира и массовой долей белка по первой, третьей и наивысшей лактациям.

Определяли коэффициент наследуемости ( $h^2$ ) с использованием удвоенного коэффициента корреляции в

парах «мать — дочь» по трем селекционируемым признакам: удой, массовая доля жира и массовая доля белка по первой, третьей и наивысшей лактациям<sup>1</sup>.

Статистическая обработка полученных данных проведена по общепринятым методам вариационной статистики с использованием программного пакета анализа Microsoft Office Excel 2016 (США). Степень достоверности полученных результатов определяли с использованием  $t$ -критерия Стьюдента.

**Результаты и обсуждение / Results and discussion**

В результате анализа молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы (табл. 1) было отмечено, что удой за 100 дней первой лактации составил 739 кг молока, достоверно меньше на 156 кг ( $p > 0,99$ ), чем за третью лактацию.

В наивысшую лактацию по удою за 100 дней лактации установлена достоверная разница в 641 кг ( $p > 0,999$ ) по сравнению с третьей лактацией. Достоверное превосходство по удою за 305 дней лактации установлено по наивысшей, и было равно 537 кг ( $p > 0,999$ ). По количеству молочного жира установлено достоверное превосходство за наивысшую лактацию и составило 149 кг, разница — 36 кг ( $p > 0,999$ ).

В стаде коров Опытной станции «Снегири» — филиала ГБС РАН Московской области установлено высокое содержание массовой доли жира, которое колебалось от 4,67% по первой и до 4,94% по наивысшей. Такое высокое содержание массовой доли жира говорит об использовании уникального генофонда зебувидного скота, обладающего высокой адаптивной особенностью на территории нашей страны.

Массовая доля белка у коров за первую лактацию составила 3,14%. По количеству молочного жира и белка у коров за первую лактацию установлены соответствующие значения — 113 кг и 77 кг. За третью лактацию удой за 305 дней составил 2729 кг молока, а за наивысшую — 2975 кг.

Таблица 1. Оценка молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы за ряд лактаций  
Table 1. Evaluation of milk productivity of zebu-type cows of the black-and-white breed by a number of lactations

Показатель	Параметр	Первая лактация (n = 30)	Третья лактация (n = 8)	Наивысшая лактация (n = 8)
Удой за 100 дней лактации, кг	$\pm$	739 ± 34**	895 ± 40	98 ± 3***
	$\sigma$	188	222	16
		25,4	24,8	16,8
Удой за 305 дней лактации, кг	$\pm$	2438 ± 100***	2729 ± 123	2975 ± 91
	$\sigma$	546	676	500
		22,4	24,8	16,8
Массовая доля жира, %	$\pm$	4,67 ± 0,22	4,86 ± 0,13	4,94 ± 0,13
	$\sigma$	1,18	0,74	0,73
		25,2	15,2	14,9
Количество молочного жира, кг	$\pm$	113 ± 7***	136 ± 9	149 ± 8
	$\sigma$	38	51	43
		33,4	37,3	29,2
Массовая доля белка, %	$\pm$	3,14 ± 0,08	3,05 ± 0,09	3,05 ± 0,11
	$\sigma$	0,41	0,49	0,59
		13,2	16,0	19,2
Количество молочного белка, кг	$\pm$	77 ± 4	83 ± 4	90 ± 3
	$\sigma$	21	23	18
		27,6	27,6	20,5

Примечание: здесь и далее достоверно: \* при  $p > 0,95$ , \*\* при  $p > 0,99$ , \*\*\* при  $p > 0,999$ .

<sup>1</sup> Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии / под ред. акад. АН УССР Б.В. Гнеденко. М.: Издательство Московского госуниверситета. 1980; 150.

Как показывают данные (табл. 1), с возрастанием удоев к третьей и наивысшей лактации возрастает и массовая доля жира: с первой лактации она повысилась с 4,67 до 4,94% к наивысшей. Это лишний раз подтверждает высокие жирномолочные качества зебувидного скота. По массовой доле белка отмечена иная тенденция: с первой лактации ее показатель, равный 3,14%, снизился к наивысшей лактации до 3,05%.

Коэффициент изменчивости по удою за 100 дней находился в границах от  $C_v = 16,8\%$  (по наивысшей лактации) до  $C_v = 25,4\%$  (по первой лактации). По удою за 305 дней лактации коэффициент изменчивости был в границах от  $C_v = 16,8\%$  (по наивысшей) до  $C_v = 24,8\%$  (по третьей).

Разнообразный уровень коэффициента изменчивости установлен по массовой доле жира по лактациям и был в следующих границах: от  $C_v = 14,9\%$  (по наивысшей) до  $C_v = 25,2\%$  (по третьей).

Несколько иная картина по массовой доле белка, меньший разброс значений коэффициента изменчивости, который был в границах от  $C_v = 13,2\%$  (по первой лактации) до  $C_v = 19,2\%$  (по наивысшей лактации).

Незначительный разброс коэффициента изменчивости по количеству молочного жира и количеству молочного белка установлен в изученном стаде коров зебувидного типа черно-пестрой породы и находился в следующих значениях: по количеству молочного жира — от 29,2% (по наивысшей лактации) до 37,3% (по третьей лактации); по количеству молочного белка — от 20,5% (по наивысшей) до 27,6% (по третьей и наивысшей).

Таким образом, в стаде коров зебувидного типа черно-пестрой породы коэффициент изменчивости находился в допустимых значениях, которые показывают изменения признаков молочной продуктивности, в дальнейшем этот показатель позволит точнее вести отбор лучших животных.

Стандартное отклонение по удою за 100 дней лактации колебалось от  $\sigma = \pm 16$  (по наивысшей) до  $\sigma = \pm 222$  (по третьей). По удою за 305 дней по лактациям стандартное отклонение находилось в границах от  $\sigma = \pm 500$  (по наивысшей) до  $\sigma = \pm 676$  (по третьей).

Стандартное отклонение по массовой доле жира и массовой доле белка находилось в границах: по массовой доле жира — от  $\sigma = \pm 0,73$  (по наивысшей лактации) до  $\sigma = \pm 1,18$  (по первой лактации), по массовой доле белка — от  $\sigma = \pm 0,41$  (по первой) до  $\sigma = \pm 0,59$  (по наивысшей). По количеству молочного жира стандартное отклонение колебалось от  $\sigma = \pm 38$  (по первой лактации) до  $\sigma = \pm 51$  (по третьей лактации). Незначительные изменения признака по стандартному отклонению по количеству молочного белка по лактациям: от  $\sigma = \pm 18$  (по наивысшей) до  $\sigma = \pm 23$  (по третьей).

Таким образом, стандартное отклонение по признакам молочной продуктивности по лактациям, а также по изученным признакам молочной продуктивности находилось в допустимых значениях по данному стаду коров зебувидного типа черно-пестрой породы.

Корреляции между признаками молочной продуктивности в значительной степени определяет способ отбора и его дальнейшую эффективность в желательном направлении наиболее важных селекционных признаков. Наличие положительных взаимосвязей между признаками позволит сократить число выбранных селекционных признаков, что в результате существенно изменит существующую отрицательную корреляцию между удоем и массовой долей жира путем селекции.

В стаде коров зебувидного типа черно-пестрой породы Опытной станции «Снегири» — филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук взаимосвязь между показателями молочной продуктивности за ряд лактаций колебалась в самых разнообразных значениях: от  $r = -0,09$  (по первой) до  $r = +0,68$  (по третьей) между удоем и массовой долей жира, а по наивысшей —  $r = +0,65$  (рис. 1).

Между удоем и массовой долей белка за ряд лактаций установлен уровень взаимосвязи от отрицательных до положительных значений: от  $r = -0,35$  (по наивысшей) до  $r = +0,16$  (по первой), а по третьей —  $r = -0,10$ . Между качественными показателями выявлен разнообразный уровень взаимосвязи между признаками и находился в границах от  $r = -0,31$  (по наивысшей лактации) до  $r = +0,14$  (по первой лактации).

В третью лактацию связь между массовой долей жира и массовой долей белка практически отсутствует, но всё-таки присутствие связи остается замеченным —  $r = +0,05$ . Однако отмечаем, что между удоем и массовой долей жира за третью и наивысшую лактации установлен высокий уровень корреляции, равный, соответственно,  $r = +0,68$  и  $r = +0,65$ . Полученная высокая связь между этими двумя признаками подтверждает данные таблицы 1, отображающие возрастание концентрации жира в молоке с возрастанием удоев.

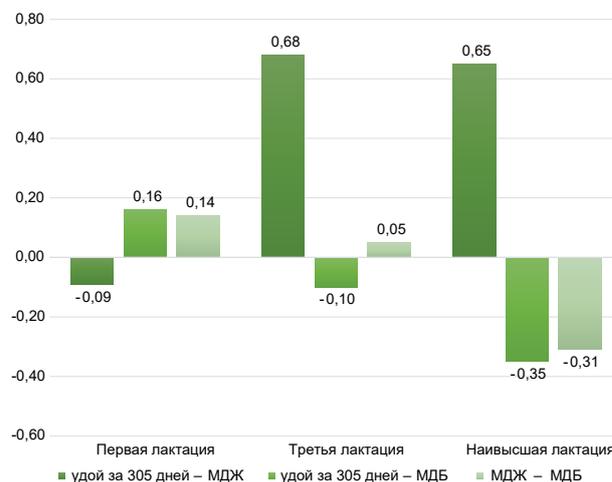
Таким образом, в стаде установлен высокий потенциал для дальнейшего роста молочной продуктивности на основе взаимосвязанных признаков молочной продуктивности за ряд лактаций, что позволит в дальнейшем систематически контролировать взаимосвязь и выявлять наилучшие сочетания этих признаков для совершенствования и повышения показателей молочной продуктивности в конкретных хозяйственных условиях, добываясь в нужных случаях существенной перестройки имеющихся корреляций.

По первой лактации не выявлен коэффициент наследуемости показателей молочной продуктивности по всем трем признакам продуктивности (рис. 2). За третью лактацию определен высокий уровень коэффициента наследуемости по удою за 305 дней —  $h^2 = 1,00$ .

Коэффициент наследуемости массовой доли белка составил  $h^2 = 0,39$ , а наследование массовой доле жира не установлено, хотя в стаде достаточно высокий

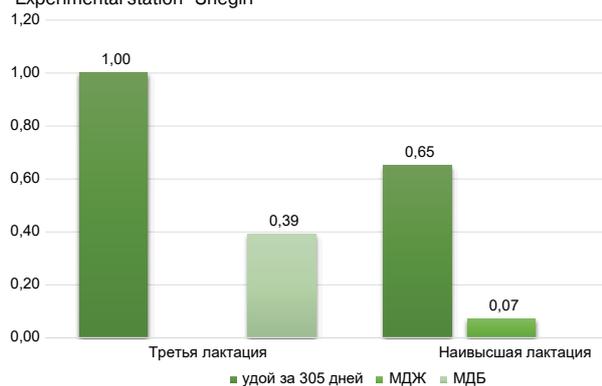
**Рис. 1.** Взаимосвязь показателей молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы в стаде Опытной станции «Снегири»

**Fig. 1.** The relationship of milk productivity rates of zebu-type cows of black-and-white breed in the herd of the Experimental station "Snegiri"



**Рис. 2.** Коэффициент наследуемости показателей молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы в стаде Опытной станции «Снегири»

**Fig. 2.** The heritability coefficient of indicators of milk productivity of zebu-type cows of a black-and-white breed in the herd of the Experimental station "Snegiri"



показатель этого признака. Известно, что третья лактация является половозрастной, по которой можно определить уровень реализации продуктивности и тем самым проявление наследования селекционных признаков.

В дальнейшем, чтобы проявилось наследование всех селекционных признаков, следует более тщательно проводить отбор и подбор животных, у которых будет установлено наследование как удою, массовой доли жира, так и массовой доли белка и создания оптимальных условий кормления и содержания, которые, несомненно, важны для полной реализации и раскрытия генетического потенциала продуктивности.

По наивысшей лактации коэффициент наследуемости выявлен по двум признакам молочной продуктивности: удою за 305 дней лактации и массовой доле жира —  $h^2 = 0,65$  и  $h^2 = 0,07$  соответственно.

Судя по изложенным на рисунке 2 результатам, можно констатировать, что наиболее наследуемым признаком в исследуемом стаде является удой, следовательно, именно этот признак в стаде наиболее пластичен для племенной работы, в котором заложен основной потенциал для дальнейшего роста и совершенствования важнейшего селекционного признака в стаде коров зебувидного типа черно-пестрой породы Опытной станции «Снегири» — филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук.

Таким образом, в результате проведенного анализа по выявлению коэффициента наследуемости отмечаем, что определение этого параметра позволит выявлять

группы животных со стойкой передачей признаков от матерей к дочерям и в дальнейшем вести селекцию с высокими показателями коэффициентов наследуемости по всем трем селекционным признакам. Наивысшая наследуемость была отмечена по удою за 305 дней лактации, в связи с чем заключили, что селекция по этому признаку будет вестись наиболее быстро и эффективно.

### Выводы/Conclusions

В стаде Опытной станции «Снегири» — филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук Московской области создано высокопродуктивное стадо коров зебувидного типа черно-пестрой породы на протяжении длительного времени. За первую лактацию показатели молочной продуктивности составили 2438 кг молока с массовой долей жира 4,67% и массовой долей белка 3,14%. К третьей лактации продуктивность была равна 2729 кг, что возросло на 291 кг молока, а также установлено значительное повышение массовой доли жира — 4,86%. Разница по сравнению с первой лактацией составила +0,19%. Практически неизменной осталась массовая доля белка по изученным лактациям — от 3,14% (по первой) до 3,05% (по третьей и наивысшей) соответственно.

Выявлена взаимосвязь между признаками молочной продуктивности коров зебувидного типа черно-пестрой породы, которая находилась в самых разнообразных величинах. Установлен определенный уровень наследования признаков молочной продуктивности по лактациям в стаде коров зебувидного типа черно-пестрой породы.

Современное состояние отрасли молочного скотоводства позволяет расширить основу для практической реализации и раскрытия генетического потенциала молочных пород крупного рогатого скота на территории нашей страны с целью дальнейшего совершенствования, а также внедрения цифровых технологий селекционно-племенной работы.

Систематическая оценка молочной продуктивности с использованием селекционно-генетических параметров позволит контролировать уровень взаимосвязи и наследуемости показателей молочной продуктивности коров в стадах, а в дальнейшем определять взаимосвязанные и высоконаследуемые селекционные признаки, особенно с использованием цифровых технологий в селекционно-племенной работе отрасли молочного скотоводства, что в итоге позволит эффективно вести селекцию на совершенствование, повышение и закрепление признаков молочной продуктивности.

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 Российского научного фонда в рамках гранта № 23-76-10041.  
<https://rscf.ru/project/23-76-10041/>

### FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation as part of a grant No. 23-76-10041.  
<https://rscf.ru/project/23-76-10041/>

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бойко М.Д., Мкртчян Г.В., Козлов Ю.Н. Изменчивость признаков молочной продуктивности у коров ленинградской и немецкой селекции. *Символ науки*. 2021; 4: 40–42. <https://elibrary.ru/svuvaa>
- Бойко М.Д., Мкртчян Г.В. Корреляция между хозяйственно полезными признаками у коров немецкой и ленинградской селекции. *Инновационная наука*. 2021; 5: 66–69. <https://elibrary.ru/oxpfqn>
- Загороднев Ю.П., Елизарова И.Б. Селекционно-генетические параметры продуктивности молочного скота в зависимости от линейной принадлежности. *Наука и образование*. 2022; 5(1): 100. <https://elibrary.ru/fqhlqr>

### REFERENCES

- Boyko M.D., Mkrtyan G.V., Kozlov Yu.N. Variability of milk productivity traits in cows of Leningrad and German breeding. *Symbol of science*. 2021; 4: 40–42 (in Russian). <https://elibrary.ru/svuvaa>
- Boyko M.D., Mkrtyan G.V. Correlation between economically useful traits in cows of German and Leningrad breeding. *Innovation science*. 2021; 5: 66–69 (in Russian). <https://elibrary.ru/oxpfqn>
- Zagorodnev Yu.P., Elizarova I.B. Breeding and genetic parameters of dairy cattle productivity depending from line accessories. *Nauka i obrazovanie*. 2022; 5(1): 100 (in Russian). <https://elibrary.ru/fqhlqr>

4. Шевелева О.М., Связьенина М.А., Часовщикова М.А. Селекционно-генетические параметры отбора коров по молочной продуктивности при совершенствовании стада крупного рогатого скота. *Вестник Курганской ГСХА*. 2023; 1: 60–68.  
<https://elibrary.ru/rbxubb>

5. Кривикова А.Н., Лепехина Т.В., Бакай Ф.Р. Оценка продуктивных качеств коров разного происхождения в стаде АО «Зеленоградское» Московской области. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2023; 1: 100–104.  
<https://elibrary.ru/bjzibw>

6. Bianchi M.C. *et al.* Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. *Animal*. 2022; 16(11): 100650.  
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>

7. Упельник В.П., Загородный С.В., Махнова Е.Н., Сенатор С.А. История происхождения и перспективы распространения зебуидного типа черно-пестрой породы крупного рогатого скота (обзор). *Достижения науки и техники АПК*. 2020; 34(12): 66–72.  
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11211>

8. Лепехина Т.В., Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Васильев А.А. Цифровизация в селекции как инструмент прогнозирования продуктивности в молочном скотоводстве. *Зоотехния*. 2023; 12: 10–13.  
<https://doi.org/10.25708/ZT.2023.59.33.004>

9. Neethirajan S., Kemp B. Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*. 2021; 32: 100408.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100408>

10. Чинаров В.И. Породные ресурсы скотоводства России. *Достижения науки и техники АПК*. 2020; 34(7): 80–85.  
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10714>

11. Алексеева Е.А. Конструирование индекса для комплексной оценки коров молочного направления. *Вестник КрасГАУ*. 2023; 2: 172–179.  
<https://elibrary.ru/yopfvh>

12. Лепехина Т.В., Бакай Ф.Р., Папурина О.Ю. Молочная продуктивность коров разных линий в СХПК «Племзавод «Майский»». *Зоотехния*. 2022; 6: 5–7.  
<https://elibrary.ru/wlulth>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Татьяна Викторовна Лепехина<sup>1</sup>

доцент, кандидат биологических наук  
tanya\_charmed@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2490-5974>

##### Сергей Сергеевич Юрочка<sup>2</sup>

старший научный сотрудник, кандидат технических наук  
yurochkasr@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

##### Фёдор Евгеньевич Владимиров<sup>2</sup>

научный сотрудник  
fvladimirov21@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

##### Мария Дмитриевна Бойко<sup>1</sup>

магистрант  
Tigrisssa04@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7897-1099>

##### Ольга Игнатьевна Соловьева<sup>3</sup>

профессор, доктор сельскохозяйственных наук  
solov1807@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6706-7491>

<sup>1</sup> Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, Москва, 109472, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

<sup>3</sup> Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

4. Sheveleva O.M., Svyazhenina M.A., Chasovshchikova M.A. Breeding and genetic parameters of selection of cows for dairy productivity in the improvement of the herd of cattle. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2023; 1: 60–68 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/rbxubb>

5. Krovikova A.N., Lepekhina T.V., Bakai F.R. Evaluation of the productive qualities of cows of different origin in the herd of Zelenogradskoye JSC Moscow region. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; 1: 100–104 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/bjzibw>

6. Bianchi M.C. *et al.* Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. *Animal*. 2022; 16(11): 100650.  
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>

7. Upeľnik 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://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11211>

8. Lepekhina T.V., Yurochka S.S., Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Vasiliev A.A. Digitalization in breeding as a tool for predicting productivity in dairy cattle breeding. *Zootekhnika*. 2023; 12: 10–13 (in Russian).  
<https://doi.org/10.25708/ZT.2023.59.33.004>

9. Neethirajan S., Kemp B. Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*. 2021; 32: 100408.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100408>

10. Chinarov V.I. Resources of Russian cattle breeding. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2020; 34(7): 80–85 (in Russian).  
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10714>

11. Alekseeva E.A. Index construction to comprehensively assess dairy cows. *Bulletin of KrasGAU*. 2023; 2: 172–179 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/yopfvh>

12. Lepekhina T.V., Bakai F.R., Papurina O.Yu. Dairy productivity of cows of different lines in the agricultural complex «Maysky Stud Farm». *Zootekhnika*. 2022; 6: 5–7 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/wlulth>

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Tatyana Viktorovna Lepekhina<sup>1</sup>

Associate Professor, Candidate of Biological Sciences  
tanya\_charmed@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2490-5974>

##### Sergey Sergeevich Yurochka<sup>2</sup>

Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences  
yurochkasr@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

##### Fedor Evgenievich Vladimirov<sup>2</sup>

Research Associate  
fvladimirov21@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

##### Maria Dmitrievna Boyko<sup>1</sup>

Undergraduate Student  
Tigrisssa04@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7897-1099>

##### Olga Ignatievna Solovyova<sup>3</sup>

Professor, Doctor of Agricultural Sciences  
solov1807@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6706-7491>

<sup>1</sup> Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 23 Academic Skryabin Str., Moscow, 109472, Russia

<sup>2</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1<sup>st</sup> Institutsky Ave., Moscow, 109428, Russia

<sup>3</sup> Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia

УДК: 636.237.23.034/061:591.469(571.513)

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-107-111

М. М. Никитина ✉

Л. Г. Виль

Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», с. Зеленое, Республика Хакасия, Россия

✉ [nikitina-1970@yandex.ru](mailto:nikitina-1970@yandex.ru)

Поступила в редакцию:  
23.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-107-111

Marina M. Nikitina ✉

Lyubov G. Wil

Scientific Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia — branch of the Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Zelenoe village, Republic of Khakassia, Russia

✉ [nikitina-1970@yandex.ru](mailto:nikitina-1970@yandex.ru)

Received by the editorial office:  
23.04.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

## Тип телосложения и морфологические показатели вымени коров красно-пестрой породы в Республике Хакасия

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Создание высокопродуктивного молочного стада крупного рогатого скота, характеризующегося хорошим здоровьем и длительным сроком эксплуатации, пригодного к промышленной технологии производства молока, невозможно без систематической оценки животных по экстерьеру и морфофункциональным свойствам вымени.

**Методы.** Исследования проводились в 2023 г. в племенном репродукторе ООО «Целинное» Ширинского района. Экстерьер изучен у коров первой, второй, третьей и старше лактации, а также в среднем по стаду путем измерения промеров тела и расчета индексов телосложения. Оценку морфологических свойств вымени исследуемых коров проводили на 2–3-м месяце лактации за 1–1,5 часа до доения.

**Результаты.** По величине промеров экстерьера коровы красно-пестрой породы соответствуют показателям желательного типа (в среднем по стаду высота в холке 136,15 см, глубина груди — 74,60 см, ширина груди — 43,83 см, обхват груди — 198,45 см, косая длина туловища — 159,57 см, ширина в маклоках — 53,50 см, в тазобедренных сочленениях — 50,58 см, косая длина зада — 53,55 см, полуобхват зада — 107,20 см, обхват пясти — 19,54 см), по индексам телосложения характеризуются молочно-мясным типом телосложения (индекс растянутости — 117,25%, грудной — 58,78%, тазогрудной — 82,07%, сбитости — 124,54%). Промеры вымени достаточно велики (длина — 44,48 см, ширина — 34,42 см, обхват — 136,45 см, глубина передней доли — 31,72 см, задней — 31,30 см), однако необходимо улучшить выравненность размеров и расположения сосков путем проведения селекции по этому признаку.

**Ключевые слова:** коровы, красно-пестрая порода, экстерьер, промеры, индексы, вымя

**Для цитирования:** Никитина М.М., Виль Л.Г. Тип телосложения и морфологические показатели вымени коров красно-пестрой породы в Республике Хакасия. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 107–111. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-107-111>

© Никитина М.М., Виль Л.Г.

## Body type and morphological indicators of the udder of red-motley cows in the Republic of Khakassia

### ABSTRACT

**Relevance.** Creating a highly productive dairy herd of cattle, characterized by good health and a long service life, suitable for industrial milk production technology, is impossible without a systematic assessment of animals based on the exterior and morphofunctional properties of the udder.

**Methods.** The research was carried out in 2023 in the breeding reproducer of “Tselinnoye” LLC, Shirinsky district. The exterior was studied in cows of the first, second, third and older lactation, as well as on the herd average by measuring body measurements and calculating body composition indices. The assessment of the morphological properties of the udder of the studied cows was carried out at 2–3 months of lactation, 1–1.5 hours before milking.

**Results.** In terms of the size of the exterior measurements, red-motley cows correspond to the indicators of the desired type (on average for the herd, height at the withers is 136.15 cm, chest depth is 74.60 cm, chest width is 43.83 cm, chest girth is 198.45 cm, oblique length of the body — 159.57 cm, width at the hip joints — 53.50 cm, at the hip joints — 50.58 cm, oblique length of the butt — 53.55 cm, semi-circumference of the butt — 107.20 cm, metacarpus circumference — 19.54 cm), according to body indexes, they are characterized by a milk-meat body type (extension index — 117.25%, chest — 58.78%, hip-thoracic — 82.07%, tightness — 124.54%). The udder measurements are quite large (length — 44.48 cm, width — 34.42 cm, girth — 136.45 cm, depth of the anterior lobe — 31.72 cm, posterior — 31.30 cm), however, it is necessary to improve the uniformity of size and location nipples through selection for this trait.

**Key words:** cows, red-motley breed, exterior, measurements, indices, udder

**For citation:** Nikitina M.M., Wil L.G. Body type and morphological indicators of the udder of red-motley cows in the Republic of Khakassia. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 107–111 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-107-111>

© Nikitina M.M., Wil L.G.

### Введение/Introduction

При совершенствовании пород молочного скота в странах с развитым молочным скотоводством, таких как США, Канада, Германия, Голландия, главным селекционным признаком (наряду с показателями молочной продуктивности) является тип телосложения. Исследования по изучению взаимосвязи экстерьерных признаков с удоем, проведенные в нашей стране на разных породах, типах и линиях молочного скота, также показывают, что внешний вид животного и его внутренние свойства связаны с молочной продуктивностью [1–3].

Повышение надоев и продолжительности хозяйственного использования коров происходит за счет лучшего развития тех статей экстерьера, которые напрямую или косвенно влияют на эти признаки [4]. Поэтому определить продуктивный потенциал молочного скота и создать высокопродуктивные стада возможно при помощи своевременной и систематической оценки экстерьера и типа телосложения животных [5, 6]. Животные должны обладать хорошим здоровьем, крепкой конституцией и оптимальными экстерьерными показателями, чтобы выдержать огромную физиологическую нагрузку, которую испытывает организм высокопродуктивных коров. Проведенная оценка экстерьера молочного скота позволяет своевременно выбраковывать животных, имеющих серьезные пороки экстерьера. Кроме того, на основе показателей экстерьера с целью его улучшения осуществляется групповой и индивидуальный подбор быков-производителей на маточное поголовье.

Экстерьер животных в настоящее время оценивают несколькими методами [7–9]. В практике наиболее широкое распространение получили балльная оценка и путем измерения частей тела. Оценка животных по промерам является более точным и объективным методом, так как дает возможность сравнивать их между собой.

Еще одним важным селекционным признаком в условиях промышленной технологии производства молока являются морфофункциональные свойства вымени [10–13]. На изменение качественных характеристик вымени коров, таких как форма, величина, соотношение размеров задней и передней долей, форма и размеры сосков, интенсивность молокоотдачи, по мнению многих исследователей, оказывают влияние два процесса — селекция крупного рогатого скота и технологии производства [14–17].

В связи с этим изучение экстерьерных особенностей и морфологических свойств вымени молочных коров является актуальным и имеет практическое значение. Полученные в ходе исследований данные помогут специалистам животноводства проводить успешную селекцию по созданию высокопродуктивных стад молочного скота.

*Цель исследований* — определить тип телосложения и морфологические свойства вымени коров красно-пестрой породы в условиях Республики Хакасия Российской Федерации.

### Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научные исследования проводились в 2023 г. на коровах красно-пестрой породы в племенном репродукторе ООО «Целинное» (Ширинский р-н, Республика Хакасия, Россия).

На 01.01.2024 поголовье крупного рогатого скота в данном хозяйстве составило 8144 гол., в том числе 2500 коров, из которых 1220 — племенных красно-пестрой породы.

В хозяйстве используют беспривязно-боксовый способ содержания коров (рис. 1).

По производственному отчету в 2023 г. средняя молочная продуктивность по стаду составила 6191 кг, содержание жира в молоке — 3,98%, белка — 3,24%. В хозяйстве хорошо налажен учет, ведутся программа «ПЛИНОР» ИАС «СЕЛЭК-Молочный скот» (Россия) и программа управления стадом Delaval ALPRO (Швеция).

По итогам бонитировки 2023 г. удой красно-пестрых коров в среднем по стаду составил 6005 кг молока, содержание жира в молоке — 4,14%, белка — 3,27%, средняя живая масса коров — 574 кг, коэффициент молочности — 1046 кг, при этом доля первотелок — 61,35% (табл. 1).

Изучение экстерьера проведено на коровах первой, второй, третьей и старше лактаций. В хозяйстве были сформированы 3 группы по 20 голов, а также определены изучаемые показатели в среднем по стаду.

Экстерьер животных оценивали на 2–3-м месяце лактации путем измерения с помощью мерной ленты, мерной палки и циркуля 12 основных промеров тела (высота в холке и крестце, глубина, ширина и обхват груди, косая длина туловища, ширина в маклоках, в тазобедренных сочленениях и в седалищных буграх, косая длина и полубоковуха зада, обхват пясти).

Для определения типа телосложения и сравнения экстерьера животных друг с другом рассчитали 10 основных индексов телосложения для крупного рогатого скота (высоконогости, растянутости, тазогрудной,

**Рис. 1.** Коровы красно-пестрой породы на молочном комплексе ООО «Целинное». Фото М.М. Никитиной

**Fig. 1.** Red-and-white cows at the dairy complex "Tselinnoye" LLC. Photo by M.M. Nikitina



**Таблица 1. Характеристика коров по молочной продуктивности и живой массе**  
**Table 1. Characteristics of cows by milk production and live weight**

Лактация	Всего, гол.	Удой, кг	Молочный жир		Молочный белок		Живая масса, кг	Коэффициент молочности
			%	кг	%	кг		
1-я	427	5966 ± 15,5	4,14 ± 0,002	247,1 ± 0,65	3,27 ± 0,001	195,1 ± 0,52	551,0 ± 1,34	1083
2-я	213	5960 ± 42,52	4,15 ± 0,004	247,4 ± 1,69	3,28 ± 0,002	195,8 ± 1,39	597,0 ± 2,21	998
3-я и старше	56	6470 ± 52,03	4,15 ± 0,004	268,5 ± 2,14	3,27 ± 0,003	211,7 ± 1,68	659,0 ± 1,57	982
В среднем	696	6005 ± 17,39	4,14 ± 0,002	248,9 ± 0,70	3,27 ± 0,001	196,6 ± 0,57	574,0 ± 1,47	1046

грудной, сбитости, перерослости, костистости, массивности, шилозадости, мясности)<sup>1</sup>.

С целью установления соответствия требованиям промышленной технологии на 2–3-м месяце лактации проведена оценка морфологических свойств вымени коров — за 1–1,5 часа до доения с помощью мерной ленты, мерного циркуля и штангенциркуля измеряли 13 промеров вымени и сосков (длина, ширина и обхват вымени, глубина передних и задних четвертей, высота вымени над землей, длина и диаметр передних и задних сосков, расстояние между передними, задними и боковыми сосками)<sup>2</sup>.

Обращение с подопытными животными соответствовало European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes<sup>3</sup>.

Полученные данные обработаны биометрически с использованием программы Microsoft Excel (США). Рассчитаны средняя величина и предельная ошибка выборочной средней ( $M \pm m$ ), а также определены лимиты (min-max) и коэффициент изменчивости (Cv), показывающие степень разнообразия изучаемых признаков в группе, достоверность различий определена по t-критерию Стьюдента.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Оценивая телосложение и соотношение отдельных частей тела, можно судить о направлении продуктивности животных, а также об условиях, в которых они выращивались.

Основные промеры тела коров в разрезе лактаций представлены в таблице 2.

Исследования показали, что коровы по величине промеров экстерьера соответствуют показателям желательного типа: имеют гармоничное телосложение, отличаются высоким ростом, широкой, средней глубины грудью, зад широкий, хорошо заполненный мышцами, маклаки широко расставлены, длина крестца средняя, конечности крепкие. Таким образом, животные характеризуются сравнительно крепко развитым костяком, пропорциональностью телосложения и умеренно развитой мускулатурой.

Проведенная индивидуальная оценка каждого животного характеризовала изменчивость признаков экстерьера (Lim) и показала уровень развития популяции

по исследуемым показателям. Полученные данные указывают, что стадо коров желательно максимально стандартизировать, то есть укомплектовывать животными, относительно однородными по экстерьеру.

К примеру, половозрастные коровы в ООО «Целинное» имеют довольно большие различия по высоте в холке (125–148 см), высоте в крестце (131–148 см), глубине груди (70–81 см), ширине груди (38–55 см) и т. д. Вероятно, это связано с тем, что данное хозяйство долгое время занималось разведением симментальского скота и лишь в 2020 г. получило статус племенного репродуктора по красно-пестрой породе. Поэтому в данную группу коров старшего возраста попали особи, у которых еще встречается небольшая доля крови симментальской породы, в связи с чем такая большая изменчивость данных показателей.

Коэффициент изменчивости (Cv) — наиболее объективный показатель вариабельности признака. Он показывает, что исследуемые коровы в среднем по стаду имеют относительно невысокую изменчивость по росту животных (Cv = 2,65–2,67 %) и глубине груди (3,28%), в то же время характеризуются максимальной изменчивостью ширины груди (9,45%), полуобхвата зада (5,48%) и ширины в седалищных буграх (5,34%).

При этом коэффициенты изменчивости первотелок значительно ниже, чем у половозрастных коров. Следует отметить, что первотелки достоверно ( $p \geq 0,95$ ) превосходили половозрастных коров по высоте в холке на 2,45 см (1,82%), высоте в крестце — на 3,05 см (2,17%) при наименьшей изменчивости этого признака (1,40–1,50%). Вероятно, это связано с тем, что в последние годы для совершенствования племенных и продуктивных качеств красно-пестрого скота в ООО «Целинное» использовали импортных голштинских быков из Нидерландов, Германии и Канады, характеризующихся наибольшим ростом, чем отечественные быки красно-пестрой породы енисейского типа<sup>4</sup>.

Половозрастные коровы превосходили коров-первотелок по ширине груди на 2,90 см (6,87%,  $p \geq 0,95$ ), по обхвату груди — на 5,75 см (2,94%,  $p \geq 0,99$ ), косой длине туловища — на 5,55 см (3,52%,  $p \geq 0,95$ ), обхвату пясти — на 0,70 см (3,64%,  $p \geq 0,95$ ).

Абсолютные величины отдельно взятых промеров позволяют судить лишь о сравнительном развитии отдельных статей и не характеризуют экстерьер животного в

Таблица 2. Промеры тела коров красно-пестрой породы в ООО «Целинное», см

Table 2. Body measurements of red-motley cows at "Tselinnoye" LLC, cm

Показатель	1-я лактация (n = 20)			2-я лактация (n = 20)			3-я и старше лактация (n = 20)			В среднем (n = 60)		
	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %
Высота в холке	137,15 ± 0,46	133–140	1,50	136,60 ± 0,70	129–142	2,31	134,70 ± 1,08	125–142	3,60	136,15 ± 0,47	125–142	2,67
Высота в крестце	143,60 ± 0,45	139–147	1,40	142,35 ± 0,77	136–148	2,42	140,55 ± 1,08	131–148	3,44	142,17 ± 0,49	131–148	2,65
Глубина груди	74,50 ± 0,32	72–78	1,92	74,40 ± 0,58	70–78	3,50	74,90 ± 0,69	70–81	4,13	74,60 ± 0,32	70–81	3,28
Ширина груди	42,20 ± 0,51	38–45	5,36	44,20 ± 1,05	38–56	10,63	45,10 ± 1,04	38–55	10,27	43,83 ± 0,53	38–56	9,45
Обхват груди за лопатками	195,80 ± 0,91	190–206	2,07	198,00 ± 1,81	186–215	4,08	201,55 ± 1,62	189–215	3,60	198,45 ± 0,90	186–215	3,53
Косая длина туловища	157,45 ± 1,64	141–169	4,66	158,25 ± 1,38	146–170	3,91	163,00 ± 1,41	150–174	3,87	159,57 ± 0,90	141–174	4,37
Ширина в маклоках	53,10 ± 0,57	47–57	4,77	53,35 ± 0,67	48–60	5,58	54,05 ± 0,56	50–60	4,63	53,50 ± 0,34	47–60	4,98
Ширина в тазобедренных сочленениях	50,90 ± 0,44	48–54	3,87	50,15 ± 0,48	47–54	4,30	50,70 ± 0,58	47–55	5,12	50,58 ± 0,29	47–55	4,43
Ширина в седалищных буграх	34,75 ± 0,43	31–38	5,59	35,00 ± 0,45	31–39	5,79	35,15 ± 0,38	33–39	4,82	34,97 ± 0,24	31–39	5,34
Косая длина зада	53,45 ± 0,30	51–57	2,54	53,50 ± 0,45	51–57	3,76	53,70 ± 0,39	51–58	3,26	53,55 ± 0,22	51–58	3,18
Полуобхват зада	107,90 ± 0,87	100–116	3,59	105,45 ± 1,25	94–118	5,31	108,25 ± 1,67	96–125	6,91	107,20 ± 0,76	94–125	5,48
Обхват пясти	19,25 ± 0,14	18–21	3,32	19,43 ± 0,27	18–22	6,26	19,95 ± 0,31	18–24	6,85	19,54 ± 0,15	18–24	5,83

<sup>1</sup> Красота В. Ф., Джаларидзе Т. Г. Разведение сельскохозяйственных животных. М.: Изд-во ВНИИплем. 1999; 74.

<sup>2</sup> Оценка вымени и молокоотдачи коров молочных, молочно-мясных пород: методические указания. ВАСХНИЛ. 1985; 35.

<sup>3</sup> European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L 222. 1999; 0031–0037.

<sup>4</sup> Перспективный план селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве Республики Хакасия на 2021–2030 годы / ФГБНУ «НИИАП Хакасия», АО «Красноярскгазпром», Минсельхозпрод РХ; отв. за выпуск О. А. Иванов. Абакан: Бригантина. 2021; 17–32.

целостности. Поэтому характеристику телосложения животных дополнили расчетом индексов телосложения (табл. 3).

Полученные индексы телосложения показали, что половозрастные коровы достоверно превосходили первотелок по индексу растянутости на 6,29% ( $p \geq 0,999$ ), тазогрудному и грудному — на 4,08% и 3,52% ( $p \geq 0,95$ ) соответственно, массивности — на 6,95% ( $p \geq 0,999$ ), но уступали по индексу длинноногости на 1,29% ( $p \geq 0,99$ ). В среднем по стаду анализ индексов указывает, что коровы характеризуются молочно-мясным типом телосложения.

В молочном скотоводстве важно вести селекционную работу и по пригодности коров к машинному доению. Интенсивность молокоотдачи красно-пестрых коров в ООО «Целинное» достаточно высокая — 2,29 кг/мин. Вымя плотно прикреплено к телу, дно вымени горизонтальное, промеры вымени в среднем по стаду: длина — 44,48 см, ширина — 34,42 см, обхват — 136,45 см, глубина передней доли — 31,72 см, задней — 31,30 см. Эти данные указывают на сравнительно большое, объемистое вымя с пропорционально развитыми четвертями и хорошей распространенностью вперед и назад.

Существенное значение имеет промер «расстояние от дна вымени до земли», так как отвисшее вымя затрудняет движения коровы, быстрее загрязняется и подвергается механическим повреждениям, поэтому чаще страдает от различных заболеваний. Расстояние от нижнего края вымени до земли должно составлять не менее 45–50 см. У всех исследуемых коров этот показатель в пределах нормы и в среднем по стаду составил 60,13 см (табл. 4).

Пригодность коров к машинному доению оценивают также формой, размером и расположением сосков. В соответствии с конструкцией доильных стаканов соски должны быть цилиндрической или конической формы длиной от 5,0 до 9,0 см, толщиной от 1,8 до 3,2 см. У коров-первотелок встречаются соски длиной 4–4,5 см и диаметром 1,4–1,7 см. Средние показатели по стаду (длина сосков — 5,69–6,50 см, диаметр — 2,01–2,05 см) соответствуют рекомендациям Латвийской СХА для коров молочных и молочно-мясных пород. Оптимальным считается расстояние между передними сосками 16–21 см, задними и боковыми — 8–14 см. У исследуемых коров средние показатели расстояния между сосками укладываются в оптимальные параметры, однако встречаются

Таблица 3. Индексы телосложения коров, %

Table 3. Cow body indices, %

Индекс	Возраст в отелах			В среднем
	1	2	3 и старше	
Длинноногости	45,67 ± 0,25	45,53 ± 0,38	44,38 ± 0,37	45,19 ± 0,21
Растяннутости	114,79 ± 1,07	115,88 ± 1,00	121,08 ± 1,03	117,25 ± 0,69
Тазогрудной	79,54 ± 0,88	83,06 ± 2,20	83,62 ± 2,06	82,07 ± 1,06
Грудной	56,68 ± 0,79	59,44 ± 1,43	60,20 ± 1,23	58,78 ± 0,70
Сбитости	124,55 ± 1,09	125,30 ± 1,58	123,75 ± 1,09	124,54 ± 0,73
Перерослости	104,71 ± 0,25	104,21 ± 0,16	104,35 ± 0,15	104,42 ± 0,11
Костистости	14,04 ± 0,11	14,22 ± 0,19	14,84 ± 0,28	14,37 ± 0,13
Массивности	142,77 ± 0,60	144,97 ± 1,22	149,72 ± 1,17	145,82 ± 0,70
Шилозадости	65,55 ± 0,95	65,71 ± 0,90	65,13 ± 0,84	65,46 ± 0,51
Мясности	78,70 ± 0,73	77,20 ± 0,84	80,35 ± 0,98	78,75 ± 0,51

особи со сближенными задними сосками, что доставляет определенные трудности при подключении доильного аппарата.

### Выводы/Conclusion

Коровы красно-пестрой породы в племенном хозяйстве ООО «Целинное» по величине промеров экстерьера в среднем по стаду соответствуют показателям желательного типа: высота в холке — 136,15 см, глубина груди — 74,60 см, ширина груди — 43,83 см, обхват груди — 198,45 см, косая длина туловища — 159,57 см, ширина в маклоках — 53,50 см, в тазобедренных сочленениях — 50,58 см, косая длина зада — 53,55 см, полуобхват зада — 107,20 см, обхват пясти — 19,54 см. Полученные индексы телосложения (растянутости — 117,25%, грудной — 58,78 %, тазогрудной — 82,07%, сбитости — 124,54%) позволили отнести их к молочно-мясному типу телосложения.

Оценка морфологических свойств вымени указала на достаточно объемное вымя правильной формы: длина вымени — 44,48 см, ширина — 34,42 см, обхват — 136,45 см, глубина передней доли — 31,72 см, задней — 31,30 см. Наибольший коэффициент изменчивости характерен для размеров и расположения сосков (Cv длины сосков — 18,79–20,53%, расстояния между сосками — 21,05–24,14%), в связи с этим у коров необходимо улучшать выравненность размеров и расположения сосков путем проведения селекции по этому признаку.

Таблица 4. Промеры вымени коров красно-пестрой породы в ООО «Целинное», см

Table 4. Udder measurements of red-mottled cows at "Tselinnoe" LLC, cm

Показатель	1-я лактация (n = 20)			2-я лактация (n = 20)			3-я и старше лактации (n = 20)			В среднем (n = 60)		
	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %	M ± m	Lim (min-max)	Cv, %
<b>Размер вымени:</b>												
длина	43,45 ± 0,93	36–50	9,58	44,25 ± 0,99	36–53	10,00	45,75 ± 0,98	35–54	9,54	44,48 ± 0,56	35–54	9,78
ширина	33,30 ± 1,08	24–42	14,55	34,60 ± 0,95	27–41	12,31	35,35 ± 0,74	29–43	9,42	34,42 ± 0,54	24–43	12,23
обхват	130,90 ± 3,07	97–155	10,50	137,75 ± 3,53	109–160	11,44	140,50 ± 2,43	121–163	7,75	136,45 ± 1,81	97–163	10,26
<b>Глубина долей:</b>												
передних	29,70 ± 0,65	24–35	9,78	32,45 ± 0,82	28–39	11,33	33,00 ± 0,60	28–37	8,17	31,72 ± 0,44	24–39	10,71
задних	29,05 ± 0,79	22–36	12,16	31,05 ± 0,65	26–35	9,32	33,80 ± 0,72	28–40	9,48	31,30 ± 0,48	22–40	11,90
Расстояние от дна вымени до земли	64,50 ± 0,80	57–71	5,57	60,15 ± 1,34	46–67	9,98	55,75 ± 0,84	49–65	6,76	60,13 ± 0,75	46–71	9,60
<b>Длина сосков:</b>												
передних	5,73 ± 0,21	4,5–8	16,64	6,65 ± 0,24	5,5–10	16,01	7,13 ± 0,28	5–9	17,32	6,50 ± 0,16	4,5–10	18,79
задних	4,93 ± 0,19	4–6,5	17,20	5,83 ± 0,24	4–8	18,53	6,33 ± 0,25	5–8	18,00	5,69 ± 0,15	4–8	20,53
<b>Диаметр сосков:</b>												
передних	1,89 ± 0,06	1,4–2,4	13,14	2,07 ± 0,06	1,7–2,7	12,98	2,21 ± 0,06	1,7–2,6	12,09	2,05 ± 0,04	1,4–2,7	14,06
задних	1,82 ± 0,05	1,4–2,5	13,05	2,05 ± 0,06	1,7–2,7	13,57	2,16 ± 0,04	2–2,6	7,86	2,01 ± 0,03	1,4–2,7	13,48
<b>Расстояние между сосками:</b>												
передними	15,10 ± 0,58	9–20	17,31	16,60 ± 0,74	12–24	19,87	18,30 ± 0,76	12–24	18,69	16,67 ± 0,43	9–24	20,09
задними	7,95 ± 0,39	4–11	21,78	8,80 ± 0,37	6–13	19,02	10,60 ± 0,52	6–15	21,89	9,12 ± 0,28	4–15	24,14
боковыми	11,70 ± 0,41	9–17	15,71	13,20 ± 0,63	10–20	21,23	13,70 ± 0,68	9–18	22,23	12,87 ± 0,35	9–20	21,05

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

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вельматов А.П., Абушаев Р.А., Тишкина Т.Н. Взаимосвязь хозяйственно полезных признаков и их использование в практической селекции. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; 1: 143–149. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-143-149>
2. Лапина М.Ю., Абрамова М.В. Динамика показателей экстерьера и молочной продуктивности в микропопуляции голштинского скота. *Пермский аграрный вестник*. 2020; 3: 94–102. <https://elibrary.ru/gseogu>
3. Смотров Е.А., Абрамова Н.И., Березина В.В., Крысова Е.В. Экстерьерные признаки айрширских коров разных региональных популяций и их связь с молочной продуктивностью. *Генетика и разведение животных*. 2019; 2: 17–23. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-17-23>
4. Тишкина Т.Н. Линейная оценка экстерьера животных красно-пестрой породы. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015; 4: 156–159. <https://elibrary.ru/vnxbz>
5. Бабайлова Г.П., Березина Т.И. Молочная продуктивность и пожизненный удой коров черно-пестрой породы разных типов телосложения. *Зоотехния*. 2014; 2: 15–17. <https://elibrary.ru/ryxwpd>
6. Кадзаева З.А. Оценка экстерьера и продуктивности коров разных линий швейцарской породы. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2022; 59(2): 95–102. [https://doi.org/10.54258/20701047\\_2022\\_59\\_2\\_95](https://doi.org/10.54258/20701047_2022_59_2_95)
7. Ai B., Li Q. SOLov2-based multi-view contactless bovine body size measurement. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022; 2294(1): 012011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2294/1/012011>
8. Batanov S., Baranova I., Starostina O. Innovative methods in study of animal's conformation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020; 26(6): 1286–1291. <https://elibrary.ru/cmgiq>
9. Чучкалов С.В., Кудосов А.Г. Способ проведения промеров сельскохозяйственного животного. Патент № 2762364 Российская Федерация. Дата начала отсчета срока действия патента: 17.01.2019. Опубликовано: 20.12.2021. <https://elibrary.ru/bsovzw>
10. Анисимова Е.И., Катмаков П.С. Оценка морфофункциональных свойств вымени коров симментальской породы разных внутрипородных типов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; 1: 64–68. <https://elibrary.ru/ywxasy>
11. Скоптова Т.И., Аржанкова Ю.В., Ялович Л.И. Влияние морфофункциональных свойств вымени на молочную продуктивность черно-пестрых коров разной селекции. *Молочнохозяйственный вестник*. 2022; 2: 131–142. [https://doi.org/10.52231/2225-4269\\_2021\\_3\\_131](https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_3_131)
12. Kislyakova E., Berezkina G., Vorobyeva S., Kokonov S., Strelkov I. Influence of using seeds of flax and raps in cow rates on the quality of milk and dairy products. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019; 25(1): 129–133. <https://elibrary.ru/yxbur>
13. Khripin V., Ulyanov V., Kiryanov A., Kurochkina E., Cherkashina L. Research of some physical and mechanical characteristics of cow's udder nipples. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 03005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017503005>
14. Гончарова Л.Н. Пригодность коров красно-пестрой породы разных линий к машинному доению на примере крестьянского хозяйства. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019; 7: 96–102. <https://elibrary.ru/lhnhzu>
15. Конорев П.В., Громова Т.В., Косарев А.П. Морфофункциональные свойства вымени коров симментальской породы разной селекции. *Аграрная наука — сельскому хозяйству. XII Международная научно-практическая конференция*. Барнаул: Алтайский ГАУ. 2017; 3: 141–142. <https://elibrary.ru/zbpmpor>
16. Федосеева Н.А., Санова З.С., Бурмистрова М.М., Зараев А.А. Морфологические свойства вымени первотелок разных генеалогических групп. *Вестник Мишуринского государственного аграрного университета*. 2017; 1: 57–60. <https://elibrary.ru/zdwpuf>
17. Шишкина Т.В., Скворцов С.М. Экстерьер и морфологические особенности вымени коров-первотелок в зависимости от их линейной принадлежности. *Главный зоотехник*. 2023; 4: 12–22. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2304-02>

## ОБ АВТОРАХ

**Марина Михайловна Никитина**  
старший научный сотрудник группы молочного и мясного скотоводства, кандидат сельскохозяйственных наук  
nikitina-1970@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2516-6707>

**Любовь Георгиевна Виль**  
старший научный сотрудник группы молочного и мясного скотоводства  
viln72@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-0084-5006>

Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», ул. Садовая, 5, с. Зеленое, Усть-Абаканский р-н, Республика Хакасия, 655132, Россия

## REFERENCES

1. Velmatov A.P., Abushaev R.A., Tishkina T.N. The correlation of economically useful traits and their usage in practical breeding. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021; 1: 143–149 (in Russian). <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-1-143-149>
2. Lapina M.Yu., Abramova M.V. The dynamics of the linear traits and milk production in micropopulation of Holstein cattle. *Perm Agrarian Journal*. 2020; 3: 94–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/gseogu>
3. Smotrova E.A., Abramova N.I., Berezina V.V., Krysova E.V. Type traits of Ayrshire cows in different regional populations and their relationship with milk production. *Genetics and breeding of animals*. 2019; 2: 17–23 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-17-23>
4. Tishkina T.N. Linear evaluation of the exterior of animals Red-Motley breed. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015; 4: 156–159 (in Russian). <https://elibrary.ru/vnxbz>
5. Babaylova G.P., Berezina T.I. Milk productivity and lifetime milk yield of different body types cows of Black-and-White breed. *Zootekniya*. 2014; 2: 15–17 (in Russian). <https://elibrary.ru/ryxwpd>
6. Kadzaeva Z.A. Evaluation of cows' exterior and productivity of different lines of Swiss breed. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2022; 59(2): 95–102 (in Russian). [https://doi.org/10.54258/20701047\\_2022\\_59\\_2\\_95](https://doi.org/10.54258/20701047_2022_59_2_95)
7. Ai B., Li Q. SOLov2-based multi-view contactless bovine body size measurement. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022; 2294(1): 012011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2294/1/012011>
8. Batanov S., Baranova I., Starostina O. Innovative methods in study of animal's conformation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020; 26(6): 1286–1291. <https://elibrary.ru/cmgiq>
9. Chuchkalov S.V., Kudoshov A.G. Method for measuring agricultural animal. Patent No. 2762364 Russian Federation. The date of the start of the patent validity period: 17.01.2019. Published: 20.12.2021 (in Russian). <https://elibrary.ru/bsovzw>
10. Anisimova E.I., Katmakov P.S. Evaluation of morphofunctional udder properties of Simmental cows of different intrabreeding types. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018; 1: 64–68 (in Russian). <https://elibrary.ru/ywxasy>
11. Skoptsova T.I., Arzhankova Yu.V., Yalovich L.I. Influence of morphofunctional properties of udder on milk productivity of Black-and-White cows with different breeding origin. *Molochnohoyzaistvenny Vestnik*. 2022; 2: 131–142 (in Russian). [https://doi.org/10.52231/2225-4269\\_2021\\_3\\_131](https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_3_131)
12. Kislyakova E., Berezkina G., Vorobyeva S., Kokonov S., Strelkov I. Influence of using seeds of flax and raps in cow rates on the quality of milk and dairy products. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2019; 25(1): 129–133. <https://elibrary.ru/yxbur>
13. Khripin V., Ulyanov V., Kiryanov A., Kurochkina E., Cherkashina L. Research of some physical and mechanical characteristics of cow's udder nipples. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 03005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017503005>
14. Goncharova L.N. Suitability of Red-Pied cows of different lines to machine milking by the example of an individual farm. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2019; 7: 96–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/lhnhzu>
15. Konorev P.V., Gromova T.V., Kosarev A.P. Morphofunctional properties of the udder of Simmental cows of different selection. *Agriar science — to agriculture. XII International scientific and practical conference*. Barnaul: Altai State Agricultural University. 2017; 3: 141–142 (in Russian). <https://elibrary.ru/zbpmpor>
16. Fedoseeva N.A., Sanova Z.S., Burmistrova M.M., Zaraev A.A. Morphological properties of first-calf heifers' udders in different genetic groups. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2017; 1: 57–60 (in Russian). <https://elibrary.ru/zdwpuf>
17. Shishkina T.V., Skvortsov S.M. Conformation and morphological features of the udder of first-calf heifers depending on their belonging to genealogical line. *Head of animal breeding*. 2023; 4: 12–22 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-03-2304-02>

## ABOUT THE AUTHORS

**Marina Mikhailovna Nikitina**  
Senior Researcher, Dairy and Beef Cattle Breeding Group, Candidate of Agricultural Sciences  
nikitina-1970@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2516-6707>

**Lyubov Georgievna Vil**  
Senior Researcher, Dairy and Beef Cattle Breeding Group  
viln72@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-0084-5006>

Scientific Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia — branch of the Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", 5 Sadovaya Str., Zelenoe village, Ust-Abakansky district, Republic of Khakassia, 655132, Russia

М.В. Забелина ✉

А.А. Амиян

Саратовский государственный  
университет генетики, биотехнологии и  
инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов,  
Россия

✉ mvzabelina@mail.ru

Поступила в редакцию:  
28.07.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

## Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-112-117

Margarita V. Zabelina ✉

Artyom A. Amiyan

Saratov State University of Genetics,  
Biotechnology and Engineering named after  
N.I. Vavilov, Saratov, Russia

✉ mvzabelina@mail.ru

Received by the editorial office:  
28.07.2024

Accepted in revised:  
02.06.2024

Accepted for publication:  
17.06.2024

## Оценка показателей убоя баранчиков эдильбаевской породы в зависимости от молочной продуктивности овцематок

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Повышение молочной продуктивности овцематок является важным фактором для улучшения мясных качеств потомства. Исследование влияния молочной продуктивности овцематок на результаты контрольного убоя баранчиков эдильбаевской породы, а также морфологический и химический состав баранины позволят оптимизировать технологию выращивания и откорма молодняка для получения высококачественного мяса.

**Методы.** Был проведен научно-хозяйственный опыт. Материалом для эксперимента послужили баранчики в возрасте 4 и 7 месяцев. Были сформированы 3 группы баранчиков, полученных от обильномолочных маток с молочной продуктивностью за лактацию (120 суток) — 89,55 л (I группа овцематок), среднемолочных — 71,6 л (II группа), низкомолочных — 48,4 л (III группа). Для проведения эксперимента в соответствии с общепринятыми методиками отбирали молодых животных по принципу аналогов с учетом пола, возраста, типа рождения (одинцы), живой массы.

**Результаты.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что повышение молочной продуктивности овцематок приводит к улучшению мясных качеств баранчиков эдильбаевской породы. Баранчики, рожденные от овцематок с высокой молочной продуктивностью, имеют более высокую убойную массу, убойный выход и мясные качества по сравнению с баранчиками, рожденными от овцематок с более низкой молочной продуктивностью. Эти данные могут быть использованы для разработки оптимальных технологий выращивания и откорма молодняка для получения высококачественного мяса.

**Ключевые слова:** контрольный убой, баранчики, эдильбаевская порода, молочная продуктивность овцематок, убойная масса, убойный выход, коэффициент мясности, площадь мышечного глазка, белок, жир

**Для цитирования:** Забелина М.В., Амиян А.А. Оценка показателей убоя баранчиков эдильбаевской породы в зависимости от молочной продуктивности овцематок. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 112–117.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-112-117>

© Забелина М.В., Амиян А.А.

## Evaluation of the slaughter indicators of the Edilbaevsky sheep breed depending on the milk productivity of sheep

### ABSTRACT

**Relevance.** Increasing the milk productivity of ewes is an important factor for improving the meat qualities of the offspring. The study of the influence of the milk productivity of ewes on the results of the control slaughter of rams of the Edilbaev breed, as well as the morphological and chemical composition of lamb, will allow optimizing the technology of growing and fattening young animals to obtain high-quality meat.

**Methods.** A scientific and economic experiment was carried out. The material for the experiment was sheep at the ages of 4 and 7 months. 3 groups of sheep were formed, obtained from abundant dairy queens with milk productivity per lactation (120 days) — 89.55 liters (group I of sheep), medium-dairy — 71.6 liters (group II), low-dairy — 48.4 liters (group III). To conduct the experiment, in accordance with generally accepted methods, young animals were selected according to the principle of analogues, taking into account gender, age, type of birth (males), and body weight.

**Results.** The results obtained indicate that an increase in the milk productivity of ewes leads to an improvement in the meat qualities of rams of the Edilbaev breed. Lambs born from ewes with high milk productivity have higher slaughter weight, slaughter yield and meat quality compared to rams born from ewes with lower milk productivity. These data can be used to develop optimal technologies for growing and fattening young animals to produce high-quality meat.

**Key words:** control slaughter, rams, Edilbaevskaya breed, milk productivity of ewes, slaughter weight, slaughter yield, meat coefficient, muscle eye area, protein, fat

**For citation:** Zabelina M.V., Amiyan A.A. Evaluation of the slaughter indicators of the Edilbaevsky sheep breed depending on the milk productivity of sheep. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 112–117 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-112-117>

© Zabelina M.V., Amiyan A.A.

**Введение/Introduction**

Благодаря своим биологическим особенностям овцы распространились по всему миру, и подотрасль овцеводства выделяется среди других направлений животноводства своим разнообразием пород и продукции. Согласно статистике, наивысшее число овец в нашей стране было зарегистрировано в конце 1980-х годов, однако к 1999 году поголовье овец резко сократилось. Это обусловлено тем, что в начале своего развития экономика овцеводства в России в основном базировалась на производстве шерстной продукции. Но в связи с не востребованностью на рынке шерсти, снизилась ее экономическая значимость.

В настоящий момент развитие овцеводства направлено на повышение его конкурентоспособности за счет мясных качеств животных, разводимых в хозяйствах разных организационно-правовых форм [1–3].

Важной целью в овцеводстве является максимальное использование биологического потенциала овец, ориентированных на производство мяса и мясо-сальной продукции. По опыту лучших практик, овцы этого направления продуктивности при благоприятных условиях кормления и ухода способны обеспечить значительный прирост живой массы, а при убое давать высококачественные туши [4, 5].

Производство баранины в России в доле от общего мяса занимает менее 1%, хотя по диетическим свойствам это один из самых ценных и перспективных видов. Потребность в этом мясе постоянно растет (во многом заменяется спросом на говядину), перспективы для овцеводства у нас в стране — огромные [6, 7].

Развитие овцеводства как важнейшей животноводческой подотрасли России представляется перспективным. Систематизация основных факторов, определяющих эффективность производства баранины, среди которых можно выделить относительно высокую продуктивность животных, питательную ценность и экологическую чистоту мяса, высокую скороспелость и быстрый прирост поголовья, низкие удельные кормовые расходы, неприхотливость овец к корму и условиям содержания, минимальный падеж, а также относительно невысокий риск заражения инфекционными заболеваниями.

В связи с этим выявлена потребность в создании экспортоориентированных производств продуктов питания животного происхождения в целях достижения рациональных норм потребления баранины. При этом социально-демографическая ситуация в России, в том числе религиозно-миграционные факторы, способствуют развитию овцеводства [8–10].

*Цель работы* — провести анализ результатов контрольного убоя баранчиков эдильбаевской породы в зависимости от молочной продуктивности их матерей.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: выявить влияние молочности овцематок на убойные характеристики эдильбаевских баранчиков; изучить морфологический состав туш баранчиков эдильбаевской породы в зависимости от степени молочности маток; исследовать химический состав мышечной ткани баранчиков.

**Материалы и методы исследования / Materials and methods**

Научный опыт по изучению влияния уровня молочности овцематок эдильбаевской породы на мясные качества баранчиков проведен в фермерском хозяйстве ИП Глава К(Ф)Х Курмашев Б.К., находящемся на х. Дейков Новоузенского района Саратовской области Российской Федерации в 2021–2024 гг.

Баранчики, используемые в опыте, содержались на кормовых рационах, сложившихся в хозяйстве, которые были сбалансированы в соответствии с детализированными нормами кормления<sup>1</sup>.

Сохранность молодняка определяли к моменту отбивки от матерей в 4-месячном возрасте процентным соотношением количества отнятых ягнят к количеству живых ягнят при рождении.

Молочность маток определяли на ранней стадии лактации по приросту живой массы ягнят, для этого баранчиков взвешивали при рождении и на 21-й день. Разница в массе составила абсолютный прирост за 20 дней. Этот показатель умножали на общепринятый коэффициент — 5 (количество молока, идущего на образование 1 кг прироста живой массы).

Таблица 1. Рационы кормления баранчиков

Table 1. Mutton feeding diets

Состав рациона	Возраст, группа баранчиков					
	4 мес.			7 мес.		
	I	II	III	I	II	III
1. Сено люцерны, кг	0,8	0,8	0,8	–	–	–
2. Трава злаково-разнотравного пастбища, кг	–	–	–	3,0	3,0	3,0
3. Комбикорм, кг	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
4. Соль поваренная, г	3,25	3,25	3,25	9,0	9,0	9,0
4. Мел кормовой, г	–	–	–	5,31	5,31	5,31
6. Динатрийфосфат, г	–	–	–	9,25	9,25	9,25
<i>Данные по питательности</i>						
1. Обменная энергия, МДж	11,00	11,00	11,00	13,00	13,00	13,00
2. ЭКЕ	1,10	1,10	1,10	1,30	1,30	1,30
3. Сухое вещество, г	1062,52	1062,52	1062,52	1354,1	1354,1	1354,1
4. Сырой протеин, г	193,1	193,1	193,1	220,78	220,78	220,78
5. Переваримый протеин, г	129,04	129,04	129,04	134,93	134,93	134,93
6. Сырая клетчатка, г	213,08	213,08	213,08	363,74	363,74	363,74
7. Крахмал, г	150,13	150,13	150,13	162,3	162,3	162,3
8. Сахар, г	27,25	27,25	27,25	80,25	80,25	80,25
9. Лизин, г	10,18	10,18	10,18	8,03	8,03	8,03
10. Метионин + цистин, г	7,11	7,11	7,11	5,21	5,21	5,21
11. Кальций, г	12,14	12,14	12,14	8,23	8,23	8,23
12. Фосфор, г	5,64	5,64	5,64	5,30	5,30	5,30
13. Магний, г	3,63	3,63	3,63	2,56	2,56	2,56
14. Сера, г	3,24	3,24	3,24	3,11	3,11	3,11
15. Каротин, мг	103	103	103	49,2	49,2	49,2
16. Витамин D, МЕ	288,0	288,0	288,0	18,9	18,9	18,9
17. Железо, мг	95,96	95,96	95,96	65,93	65,93	65,93
18. Медь, мг	10,12	10,12	10,12	7,56	7,56	7,56
19. Цинк, мг	38,50	38,50	38,50	27,65	27,65	27,65
20. Марганец, мг	45,12	45,12	45,12	35,45	35,45	35,45
21. Кобальт, мг	0,39	0,39	0,39	0,42	0,42	0,42
22. Йод, мг	0,39	0,39	0,39	0,41	0,41	0,41

<sup>1</sup> 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. М.: Колос. 2003; 76–77: 80–124.

Деление по группам молочности овцематок исчислялось следующей градацией:

I — обильномолочная (0,79–0,93 л) (в сутки);

II — среднемолочная (0,66–0,78 л) (в сутки);

III — низкомолочная (0,37–0,65 л) (в сутки).

Для изучения мясной продуктивности проводились контрольные убои трех баранчиков из каждой группы в возрасте 4 и 7 месяцев в соответствии с методикой, разработанной СНИИЖК в 2009 г.<sup>2</sup>

Эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых для научных целей<sup>3</sup>, и принципов обращения с животными<sup>4</sup>.

В рамках данного исследования были проанализированы убойные характеристики<sup>5</sup>, морфологический состав туш, площадь мышечного глазка<sup>6</sup>, а также химический состав мяса.

Предубойная живая масса определялась путем взвешивания животных после 24-часовой голодной выдержки с точностью до 0,1 кг (для молодняка). Взвешивание проводили на напольных товарных весах марки «ФорТ-П 531 Карго» (Россия).

Масса (парной) туши исследовалась сразу после убоя.

Убойная масса включала в себя массу туши и внутреннего жира (сальникового, желудочного, кишечного), учитываемых раздельно. У мясо-сальных овец в убойную массу включается и масса курдюка, которая при убое отделяется от туши и учитывается отдельно.

Температуру парной туши определяли цифровым термометром марки Martellato 50T001 (Италия), коэффициент мясности — как отношение массы мякоти (съедобной части) к массе костей<sup>2</sup>.

Площадь «мышечного глазка» — это площадь поперечного сечения длиннейшей мышцы спины, которая имеет сопряженность с мясностью туши<sup>2</sup>.

Химический анализ мышечной ткани проводили на базе Учебно-научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ».

Массовая доля влаги определялась по ГОСТ 33319-2015<sup>6</sup>, содержание жира — по ГОСТ 23042-2015<sup>7</sup>, содержание белка — методом определения общего азота по ГОСТ 25011-2017<sup>8</sup>, массовая доля общей золы — путем минерализации образцов<sup>9</sup> в муфельной печи при температуре 550 °С

Энергетическую ценность 100 г мяса X (ккал) вычисляли по формуле:

$$X = 4Б + 9Ж,$$

где: Б — содержание белка в 100 г мяса, г; Ж — содержание жира в 100 г мяса, г; 4 и 9 — коэффициенты энергетической ценности белка и жира, соответственно, ккал/г по ГОСТ 34567-2019<sup>10</sup>.

Статистическую обработку результатов проводили согласно стандартным методам с использованием программы Microsoft Excel 2010 (США).

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Исследование формирования мясности в контексте определенной породы имеет как теоретическое, так и практическое значение, поскольку понимание потенциала и изменений в морфологии тканей позволяет определить оптимальный возраст для убоя животных.

Оценка мясной продуктивности в процессе жизни животного основана на различных параметрах, причем основным из них является масса животного. Однако истинную картину мясной продуктивности и ее особенностей можно получить только через анализ количества и качества мясной продукции после убоя животных.

Изучение данных об убое баранчиков в зависимости от степени молочности матерей показало, что с возрастом наблюдается увеличение ключевых показателей, отражающих уровень мясной продуктивности (табл. 2).

Из данного исследования следует, что баранчики I группы по убойной массе в возрасте 4 месяцев превосходили сверстников из II и III групп на 10,10% ( $p \geq 0,99$ ) и 26,95% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно. В возрасте 7 месяцев преимущество баранчиков I группы над остальными составило 9,96% ( $p \geq 0,999$ ) и 19,58% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно.

Убойный выход у баранчиков I группы в 4 месяца составил 55,30%, что на 1,63% ( $p \geq 0,99$ ) больше, чем у животных II группы, и на 4,53% ( $p \geq 0,999$ ) больше, чем у сверстников из III группы. В возрасте 7 месяцев убойный

Таблица 2. Влияние молочности овцематок на убойные характеристики эдильбаевских баранчиков (n = 3, X ± Sx)  
Table 2. The influence of ewes milk production on the slaughter characteristics of Edilbaev rams (n = 3, X ± Sx)

Показатель	Опытная группа		
	I	II	III
1	2	3	4
<b>Возраст 4 месяца</b>			
Предубойная масса, кг	32,71 ± 0,14	30,61 ± 0,13***	28,07 ± 0,17***
Масса парной туши, кг	15,46 ± 0,11	14,08 ± 0,16**	12,24 ± 0,14***
Масса внутреннего жира, кг	0,88 ± 0,09	0,73 ± 0,08	0,52 ± 0,10
Масса курдюка, кг	1,75 ± 0,06	1,62 ± 0,05	1,49 ± 0,09
Убойная масса, кг	18,09 ± 0,15	16,43 ± 0,16**	14,25 ± 0,18***
Убойный выход, %	55,30 ± 0,26	53,67 ± 0,32**	50,77 ± 0,29***
<b>Возраст 7 месяцев</b>			
Предубойная масса, кг	44,54 ± 0,33	41,88 ± 0,36**	38,73 ± 0,29***
Масса парной туши, кг	20,12 ± 0,15	18,53 ± 0,13***	17,03 ± 0,12***
Масса внутреннего жира, кг		0,84 ± 0,09	0,71 ± 0,06
Масса курдюка, кг		3,12 ± 0,07	2,94 ± 0,06**
Убойная масса, кг		22,49 ± 0,19***	20,68 ± 0,18***
Убойный выход, %		53,70 ± 0,30**	53,40 ± 0,28**

Примечание: здесь \*  $p \geq 0,95$ , \*\*  $p \geq 0,99$ , \*\*\*  $p \geq 0,999$  приведены в сравнении с I группой.

<sup>2</sup> Абонеев В.В. Методика оценки мясной продуктивности овец / В.В. Абонеев, Ю.Д. Квитко, И.И. Сенькин, А.И. Суров // Ставрополь: СНИИЖК. 2009; 36.

<sup>3</sup> [https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive\\_201063\\_rus.pdf](https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf)

<sup>4</sup> 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».

<sup>5</sup> ГОСТ 34200-2017 Мясо. Отрубы из баранины и козлятины. Технические условия. М.: Стандартиформ. 2018; 12.

<sup>6</sup> ГОСТ Р 33319-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги.

<sup>7</sup> ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.

<sup>8</sup> ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.

<sup>9</sup> ГОСТ 31727-2012 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы.

<sup>10</sup> ГОСТ 34567-2019 Мясо и мясные продукты. Метод определения влаги, жира, белка, хлористого натрия и золы с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области. Приложение А (справочное).

выход был выше на 1,82% ( $p \geq 0,99$ ) и 2,12% ( $p \geq 0,99$ ) соответственно.

В возрасте 4 месяцев по таким показателям, как предубойная масса, масса парной туши, масса внутреннего жира и масса курдюка, превосходство было за баранчиками I группы на 6,86% и 16,53% ( $p \geq 0,999$ ), на 9,80% ( $p \geq 0,99$ ) и на 26,31% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно.

Масса туши и ее убойный выход не всегда отражают полностью качественные изменения, которые происходят под воздействием генетических и окружающих факторов. Основным показателем, который охватывает как количественные, так и качественные аспекты мясной продуктивности, является морфологический состав туши [11–13].

Результаты изучения морфологического состава туш баранчиков эдильбаевской породы, полученных от овцематок с разной молочной продуктивностью, представлены в таблице 3.

Из представленных данных по обвалке туш баранчиков видно, что у баранчиков I группы в возрасте 4 месяцев выход мышечной ткани был выше, чем у баранчиков II и III групп. Преимущество у молодняка I группы над сверстниками II и III групп составило 1,3 кг, или 11,37% ( $p \geq 0,99$ ), и 2,97 кг, или 30,43% ( $p \geq 0,999$ ), соответственно.

У баранчиков 7-месячного возраста лидировали по выходу мышечной ткани животные I группы — на 1,48 кг, или на 10,78% ( $p \geq 0,99$ ), по сравнению со II группой и на 3,0 кг, или на 22,76% ( $p \geq 0,999$ ), по сравнению с III группой.

Коэффициент мясности<sup>2</sup>, отражающий соотношение мышечной и костной ткани в туше, является одним из важных показателей качественной характеристики мясной продуктивности животных. Согласно данным, самый высокий коэффициент мясности был у баранчиков I группы в возрасте 4 месяцев и составил 4,66, у II группы — 4,31, у III — 3,93.

Такая же тенденция наблюдалась у баранчиков 7-месячного возраста, где лидерство по коэффициенту мясности принадлежало баранчикам I группы.

Площадь «мышечного глазка» является оценочным критерием мясности туш. Так, у 4-месячных баранчиков I группы она была выше на 0,32 см<sup>2</sup>, или на 3,60%, чем у баранчиков II группы, на 0,49 см<sup>2</sup>, или на 5,62%, по сравнению с III группой.

У баранчиков 7-месячного возраста также было превосходство за I группой баранчиков: на 0,24 см<sup>2</sup> (или на 1,99%) по сравнению со II группой, на 0,35 см<sup>2</sup> (или на 2,92%) по сравнению с III группой.

Следовательно, молодняк, происходящий от обильномолочных овцематок, превосходил своих сверстников из групп среднемолочных и маломолочных маток по морфологическому составу, коэффициенту мясности и площади «мышечного глазка».

Пищевая ценность мяса<sup>2</sup> и его уникальность заключаются в первую очередь в содержании в нем биологически полноценных и высокоусвояемых питательных веществ, что в конечном итоге крайне необходимо для нормальной жизнедеятельности человека [14–16].

Данные химического состава и калорийности мяса баранчиков<sup>2</sup>, полученных от овцематок с разным уровнем молочной продуктивности, представлены в таблице 4.

Данные о химическом составе указывают на то, что у молодняка всех групп с возрастом отмечались увеличение содержания сухого вещества и снижение массовой доли влаги в средней пробе мышечной ткани. При

Таблица 3. Морфологический состав туш баранчиков эдильбаевской породы в зависимости от степени молочности маток ( $n = 3, X \pm Sx$ )

Table 3. Morphological composition of carcasses of rams of the Edilbaev breed depending on the degree of milk production of the ewes ( $n = 3, X \pm Sx$ )

Показатели	Опытная группа		
	I	II	III
<b>Возраст 4 месяца</b>			
Масса парной туши, кг	15,46 ± 0,11	14,08 ± 0,16**	12,24 ± 0,14***
Содержание в туше:			
мышечной ткани, кг	11,73 ± 0,17	10,43 ± 0,21**	8,76 ± 0,11***
%	82,34	81,16	79,72
костей, кг	3,73 ± 0,14	3,65 ± 0,09	3,48 ± 0,10
%	17,66	18,84	20,28
Коэффициент мясности	3,14	2,86	2,52
Площадь «мышечного глазка», см <sup>2</sup>	9,21	8,89	8,72
<b>Возраст 7 месяцев</b>			
Масса парной туши, кг	20,12 ± 0,15	18,53 ± 0,13***	17,03 ± 0,12***
Содержание в туше:			
мышечной ткани, кг	16,06 ± 0,18	14,58 ± 0,22**	13,06 ± 0,23***
%	85,74	84,08	82,57
костей, кг	4,06 ± 0,05	3,95 ± 0,16	3,97 ± 0,02*
%	14,26	15,92	17,43
Коэффициент мясности	3,96	3,69	3,29
Площадь «мышечного глазка», см <sup>2</sup>	12,32	12,08	11,97

Примечание: здесь и далее \*  $p \geq 0,95$ , \*\*  $p \geq 0,99$ , \*\*\*  $p \geq 0,999$  приведены в сравнении с I группой.

Таблица 4. Химический состав мышечной ткани ( $n = 3, X \pm Sx$ )

Table 4. Chemical composition of muscle tissue ( $n = 3, X \pm Sx$ )

Показатель	Группа		
	I	II	III
<b>Возраст 4 месяца</b>			
Влага, %	63,52 ± 0,32	65,31 ± 0,35*	66,11 ± 0,29**
Сухое вещество, %	36,48 ± 0,18	34,69 ± 0,16**	33,89 ± 0,21***
Массовая доля жира, %	13,66 ± 0,15	13,39 ± 0,19	13,09 ± 0,14*
Массовая доля золы, %	0,98 ± 0,08	0,97 ± 0,07	0,95 ± 0,09
Массовая доля белка, %	21,84 ± 0,16	20,33 ± 0,14**	19,85 ± 0,18***
Энергетическая ценность 100 г мяса, ккал	210,30	201,83	197,21
<b>Возраст 7 месяцев</b>			
Влага, %	59,35 ± 0,29	62,09 ± 0,31**	63,17 ± 0,35**
Сухое вещество, %	40,65 ± 0,24	37,91 ± 0,22**	36,49 ± 0,26***
Массовая доля жира, %	17,53 ± 0,17	16,20 ± 0,19**	15,92 ± 0,18**
Массовая доля золы, %	1,08 ± 0,08	1,06 ± 0,06	1,04 ± 0,09
Массовая доля белка, %	22,04 ± 0,12	20,65 ± 0,16**	19,87 ± 0,14***
Энергетическая ценность 100 г мяса, ккал	245,93	228,40	222,76

Примечание: здесь \*  $p \geq 0,95$ , \*\*  $p \geq 0,99$ , \*\*\*  $p \geq 0,999$  приведены в сравнении с I группой.

этом необходимо отметить, что по содержанию сухого вещества баранчики 4-месячного возраста I группы превосходили баранчиков этого же возраста II и III групп на 1,79% ( $p \geq 0,99$ ) и на 2,59% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно. В 7-месячном возрасте также лидерство было за баранчиками I группы по сравнению со II и III группами на 2,74% ( $p \geq 0,99$ ) и на 4,16% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно.

Содержание жира в мясе баранчиков с возрастом увеличивалось. В 4-месячном возрасте максимальное содержание жира было в мясе баранчиков I группы и превосходило по этому показателю мясо баранчиков II и III групп на 0,27% и на 0,57% ( $p \geq 0,95$ ).

В 7-месячном возрасте прослеживается такая же аналогия, то есть в мясе баранчиков I группы жира содержится на 1,33% ( $p \geq 0,99$ ) и на 1,61% ( $p \geq 0,99$ ) больше по сравнению со II и III группами.

Содержание белка в мышечной ткани баранчиков с возрастом незначительно, но повышается. В мясе баранчиков 4-месячного возраста I группы было больше белка, чем в мясе баранчиков II и III групп, на 1,51% ( $p \geq 0,99$ ) и на 1,99% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно. В мясе 7-месячных баранчиков наблюдается аналогичное сходство, то есть в мясе баранчиков I группы белка больше, чем в мясе баранчиков II и III групп, на 1,39% ( $p \geq 0,99$ ) и на 2,17% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно.

Наибольшей энергетической ценностью обладает мясо животных, полученное от туш баранчиков I группы в 4-месячном возрасте. Данное превосходство над мясом баранчиков из II и III групп составило 8,47 ед. и 13,09 ед., а в 7-месячном возрасте, соответственно, на 17,53 ед. и 23,17 ед.

Содержание золы в мясе баранчиков изменялось, как в группах, так и с возрастом, в той же последовательности, что и белок. Это объясняется тем, что зольные элементы содержатся в основном в протеине, а не в липидной части мышечной ткани.

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. Двалишвили В.Г. Совершенствование мясной продуктивности овец романовской породы баранами Иль-де-Франс. *АгроЗооТехника*. 2022; 5(4): 5. <https://doi.org/10.15838/alt.2022.5.4.5>
2. Самусенко Л.Д. Стратегические направления в развитии продукции овцеводства. *Вестник сельского развития и социальной политики*. 2021; 1: 6–8. <https://www.elibrary.ru/dyyiyw>
3. Куликова А.Я. Мясная продуктивность овец южной мясной породы на юге России. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2023; 103: 219–225. <https://www.elibrary.ru/hyducm>
4. Осадчий А.В., Осадчая Т.Л., Двалишвили В.Г. Некоторые аспекты повышения мясной продуктивности овец. *Зоотехния*. 2023; 9: 34–40. <https://www.elibrary.ru/luywpl>
5. Григорян Л.Н., Хататаев С.А., Хмелевская Г.Н., Степанова Н.Г. Современные тенденции развития российской овцеводства разного направления продуктивности. *Зоотехния*. 2019; 5: 10–13. <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.13.35.010>
6. Чутчева Ю.В., Ашмарина Т.И., Бирюкова Т.В., Беззубова О.А., Узденова М.А. Основные тенденции и перспективы развития овцеводства. *Известия Международной академии аграрного образования*. 2021; 54: 185–189. <https://www.elibrary.ru/okxtcg>
7. Сударев Н.П., Шаркаева Г.А., Герасимов А.А., Чаргеишвили С.В., Абрамян А.С., Абдуллаев М.М. Место России на мировом рынке производства и потребления мяса. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2022; 1: 41–47. <https://www.elibrary.ru/ubbfmfm>
8. Плотникова Е.В., Артемова Е.И. Увеличение производства баранины как фактор обеспечения продовольственной независимости России. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2023; 104: 28–33. <https://www.elibrary.ru/zudevt>
9. Балакирев Н.А., Фейзуллаев Ф.Р., Гончаров В.Д., Селина М.В. Состояние и перспектива развития овцеводства России. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2019; 1: 58–63. <https://www.elibrary.ru/nicrdk>
10. Садоян Т.М. Основные тенденции развития овцеводства в РФ. *Известия Международной академии аграрного образования*. 2022; 60: 116–119. <https://www.elibrary.ru/rtljmu>
11. Джуряева У.Ш., Исраилова М.А., Курбонов К.М. Морфологический состав туш баранчиков шахринану-регарского породного типа гиссарских овец в возрастном аспекте. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2022; 1: 26–28. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2022-1-26-28>
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. Ертаев А.Б., Давлетова А.М., Магомедов Т.А., Кульмакова Н.И., Юлдашбаева А.Ю. Показатели убоя и морфологические показатели туш баранчиков эдильбаевской породы, происходящих от маток разной классности. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2023; 3: 29–31. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-2-29-31>

#### Выводы/Conclusions

Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что использование в эксперименте овцематок, имеющих высокую молочную продуктивность, способствовало улучшению качественных параметров мясной продуктивности их потомства.

Всё вышесказанное позволяет сделать вывод, что химический состав и калорийность мышечной ткани туш баранчиков во многом определяются качественными характеристиками молока и связаны с молочностью их матерей.

Показано, что у молодняка всех групп с возрастом отмечалось увеличение содержания сухого вещества. Так, баранчики 4-месячного возраста I группы превосходили баранчиков этого же возраста II и III групп на 1,79% ( $p \geq 0,99$ ) и на 2,59% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно.

В 7-месячном возрасте показатели у животных I группы по сравнению со II и III группами были выше на 2,74% ( $p \geq 0,99$ ) и на 4,16% ( $p \geq 0,999$ ) соответственно.

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. Dvalishvili V.G. Improving the Meat Productivity of Romanov Sheep by Ile-de-France Rams. *Agricultural and Livestock Technology*. 2022; 5(4): 5. <https://doi.org/10.15838/alt.2022.5.4.5>
2. Samusenko L.D. Strategic directions in the development of sheep products. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noy politiki*. 2021; 1: 6–8. <https://www.elibrary.ru/dyyiyw>
3. Kulikova A.Ya. Southern meat breeds sheep productivity in the south of Russia. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2023; 103: 219–225 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hyducm>
4. Osadchy A.V., Osadchaya T.L., Dvalishvili V.G. Intensification of sheep meat production. *Zootekhnika*. 2023; 9: 34–40 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/luywpl>
5. Grigoryan L.N., Khatataev S.A., Khmelevskaya G.N., Stepanova N.G. Modern tendencies in the development of Russia's various sheep production spheres. *Zootekhnika*. 2019; 5: 10–13 (in Russian). <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.13.35.010>
6. Chutcheva Yu.V., Ashmarina T.I., Biryukova T.V., Bez Zubova O.A., Uzdzenova M.A. Main trends and prospects of sheep farming development. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2021; 54: 185–189 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/okxtcg>
7. Sudarev N.P., Sharkaeva G.A., Gerasimov A.A., Chargeishvili S.V., Abramyan A.S., Abdullaliev M.M. Place of Russia in the world market production and meat consumption. *Agrarian journal of Upper Volga region*. 2022; 1: 41–47 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ubbfmfm>
8. Plotnikova E.V., Artemova E.I. Mutton production increase as a factor to ensure food independence of Russia. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2023; 104: 28–33 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zudevt>
9. Balakirev N.A., Feizullaev F.R., Goncharov V.D., Selina M.V. Status and prospects of sheep breeding development in Russia. *Agrarian journal of Upper Volga region*. 2019; 1: 58–63 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nicrdk>
10. Sadyan T.M. The main trends in the development of sheep breeding in the Russian Federation. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2022; 60: 116–119 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rtljmu>
11. Dzhurayeva U.Sh., Israilova M.A., Kurbonov K.M. Morphological composition of the carcass of Shakhriatau-Regar sheep of the Hissar breed type in the age aspect. *Sheep, goats, wool business*. 2022; (1): 26–28 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2022-1-26-28>
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. Yertay A.B., Davletova A.M., Magomedov T.A., Kulmakova N.I., Yuldashbayeva A.Yu. Slaughter indicators and morphological indicators of carcasses of sheep of the Edilbaevsky breed, originating from sheeps of different class. *Sheep, goats, wool business*. 2023; 3: 29–31 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2023-2-29-31>

14. Никонова Е.А., Рахимжанова И.А., Газеев И.Р., Миронова И.В., Галиева З.А. Химический состав мышечной ткани молодняка овец южноуральской породы. *Мичуринский агрономический вестник*. 2021; 4: 58–62. <https://www.elibrary.ru/tyhwxr>

15. 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](https://doi.org/10.52754/16947452_2021_1_2_338)

16. Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И., Никонова Е.А., Миронова И.В., Галиева З.А., Газеев И.Р. Влияние генотипа баранчиков на химический состав длинной мышцы спины. *Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2023; 3: 35–42. [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2023\\_3\\_4](https://doi.org/10.52754/16948696_2023_3_4)

14. Nikonova E.A., Rakhimzhanova I.A., Gazeev I.R., Mironova I.V., Galieva Z.A. Chemical composition of muscle tissue of young sheep of the South Ural breed. *Michurinsk agronomy bulletin*. 2021; 4: 58–62 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tyhwxr>

15. 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 sex. *Bulletin of Osh State University*. 2021; 1–2: 338–344 (in Russian). [https://doi.org/10.52754/16947452\\_2021\\_1\\_2\\_338](https://doi.org/10.52754/16947452_2021_1_2_338)

16. Yuldashbaev Yu.A., Kosilov V.I., Nikonova E.A., Mironova I.V., Galieva Z.A., Gazeev I.R. The effect of the sheep genotype on the chemical composition of the longest back muscle. *Journal of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary and zootechnics*. 2023; 3: 35–42 (in Russian). [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2023\\_3\\_4](https://doi.org/10.52754/16948696_2023_3_4)

**ОБ АВТОРАХ**

**Маргарита Васильевна Забелина**  
 профессор кафедры, доктор биологических наук  
 mvzabelina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7818-8109>

**Артём Артурович Амиян**  
 аспирант  
 amiiian@mail.ru

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии  
 им. Н.И. Вавилова,  
 пр-т им. Петра Столыпина, 4, стр. 3, Саратов, 410012, Россия

**ABOUT THE AUTHORS**

**Margarita Vasilyevna Zabelina**  
 Professor of the Department, Doctor of Biological Sciences  
 mvzabelina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7818-8109>

**Artem Arturovich Amiyan**  
 Postgraduate Student  
 amian@mail.ru

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Vavilov University),  
 4 Peter Stolypin Ave., 3 building, Saratov, 410012, 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

ЗООТЕХНИКА

А.А. Савина  
О.А. Воронина  
С.Ю. Зайцев ✉

Федеральный исследовательский центр  
животноводства — ВИЖ им. академика  
Л.К. Эрнста, Дубровицы, Подольск,  
Московская обл., Россия

✉ s.y.zaitsev@mail.ru

Поступила в редакцию:  
29.02.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

Anastasia A. Savina  
Oksana A. Voronina  
Sergey Yu. Zaitsev ✉

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

✉ s.y.zaitsev@mail.ru

Received by the editorial office:  
29.02.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

# Активность каталазы в молоке и ее корреляции с молочной продуктивностью коров в зависимости от срока лактации

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Цели данной работы — изучение активности каталазы в молоке здоровых коров с различным уровнем продуктивности и нахождение корреляции между изучаемыми показателями в разные периоды лактации, что является важным и актуальным в плане оценки антиоксидантной активности молока коров.

**Методы.** Анализ биохимических показателей коровьего молока провели с помощью системы CombiFoss 7 (Дания). Анализ суммарного количества водорастворимых антиоксидантов (СКВА) выполнен на приборе «Цвет-Яуза 01-АА». Статистическую обработку полученных результатов проводили в программах Microsoft Excel при помощи пакета «Анализ данных», в программе R (пакет Psych). Пробы молока получали от коров черно-пестрой породы в течение целого года.

**Результаты.** Вся выборка животных (N = 280) разбита на 6 групп по дням лактации: 11–30, 31–60, 61–90, 91–120, 121–180 и 180–300 дней (группы 1–6-я). В первые 11–30 дней лактации (группа 1-я) значение СКВА значительно выше (17,2 мг/мл), чем в последующие месяцы. Причем значения СКВА достаточно сильно колеблются. Существенные изменения наблюдались для активности каталазы: от 1,41 и 1,32 отн. ед. (группы 1-я и 6-я) до 0,44 отн. ед. (группа 3-я). В период раздоя и спада лактации (1-я и 6-я группы) наблюдаются наивысшие коэффициенты корреляции между каталазой и жиром — 0,51 и 0,57 соответственно. Для всех сроков лактации отмечается отрицательная корреляция каталазы с истинным белком. Таким образом, изучена активность каталазы в молоке здоровых коров в разные сроки лактации и найдены корреляции между изучаемыми показателями.

**Ключевые слова:** молоко коров, биохимия, антиоксиданты, каталаза, удой, срок лактации

**Для цитирования:** Савина А.А., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Активность каталазы в молоке и ее корреляции с молочной продуктивностью коров в зависимости от срока лактации. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 118–123.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-118-123>

© Савина А.А., Воронина О.А., Зайцев С.Ю.

# Catalase activity in milk and its correlation with milk productivity of cows depending on the duration of lactation

## ABSTRACT

**Relevance.** The purpose of this work is to study the activity of catalase in the milk of healthy cows with different levels of productivity and to find a correlation between the studied indicators, which is important and relevant in terms of assessing the antioxidant activity of cows' milk.

**Methods.** The analysis of biochemical parameters of cow's milk was carried out using the "CombiFoss 7" system (Denmark). The analysis of the total amount of water-soluble antioxidants (TAWSA) was performed on the device "Tsvet-Yauza 01-AA". Statistical processing of the obtained results was carried out in the Microsoft Excel programs using the "Data Analysis" package, the "R" program ("Psych" package). Milk samples were obtained from black-and-white cows during a whole year.

**Results.** The entire sample of animals (N = 280) is divided into 6 groups by lactation days: 11–30, 31–60, 61–90, 91–120, 121–180 and 180–300 days (groups 1–6). In the first 11–30 days of lactation (group 1), the value of SKVA is significantly higher (17.2 mg/ml) than in the following months. Moreover, the values of the SKVA fluctuate quite strongly. Significant changes were observed for catalase activity: from 1.41 and 1.32 rel. units (groups 1 and 6) to 0.44 rel. units (group 3). During the period of bloating and lactation decline (groups 1 and 6), the highest correlation coefficients between catalase and fat are observed — 0.51 and 0.57, respectively. For all periods of lactation, there is a negative correlation of catalase with true protein. Thus, the activity of catalase in the milk of healthy cows at different periods of lactation was studied and correlations between the studied indicators were found.

**Key words:** cow's milk, biochemistry, antioxidants, catalase, milk yield

**For citation:** Savina A.A., Voronina O.A., Zaitsev S.Yu. Catalase activity in milk and its correlation with milk productivity of cows depending on the duration of lactation. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 118–123 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-118-123>

© Savina A.A., Voronina O.A., Zaitsev S.Yu.

## Введение/Introduction

Ряд ферментов молока обладают выраженной антиоксидантной активностью. Каталаза — один из наиболее ярких представителей класса оксидоредуктаз (КФ<sup>1</sup> 1.11.1.6), чьим субстратом выступает перекись водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) [1], основными источниками которой в молоке служат реакции окисления гипоксантина и ксантина ксантиноксидазами (КФ 1.1.3.22) [2], реакции, катализируемые сульфгидроксидазой (КФ 1.8.3.2) [3], супероксиддисмутазой (КФ 1.15.1.1), реакции естественного окисления липидов молока [4, 5], реакции аэробного метаболизма [6].

Примечательно, что в 1937 году каталаза бычьей печени стала первым кристаллизованным белком в своем классе, на данный момент ее 3D-структура хорошо изучена и подробно описана в ряде работ [7, 8]. Основными источниками каталазы в молоке становятся секреторные клетки молочной железы, лейкоциты и микроорганизмы. В эксперименте с различными режимами температурного воздействия каталаза демонстрирует термостабильность, и это довольно неожиданно для гомотетрамера, стабилизированного нековалентными взаимодействиями, что детально рассмотрено в [9].

Что касается эволюции каталитически активных ферментов в отношении H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, она привела к появлению трех семейств металлоферментных генов: типичных гем-каталаз (монофункциональных), гем-каталаза-пероксидаз (бифункциональных) и марганцевых каталаз (негемовых) [6]. Монофункциональные гем-каталазы распространены во всех царствах с высокой структурной сохранностью. Наибольшее разнообразие достигли каталазы прокариотических и эукариотических микроорганизмов, которые играют важную роль в патогенезе ряда заболеваний. Положительные по каталазе бактерии (*Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus* и *Enterobacteriaceae* [10]) могут дольше выживать, с успехом нейтрализуя достаточно эффективную неспецифическую линию защиты в виде H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, расщепляя ее до H<sub>2</sub>O и O<sub>2</sub> [10].

Среди симбиотической микрофлоры вымени и молока обнаружены поддерживающие синтез каталазы микроорганизмы. В работе О.Б. Павленко [10] из симбиотической микрофлоры секрета молочных желез здоровых было выделено 52 штамма микроорганизмов (стафилококков, стрептококков, кишечных палочек) [11]. Показано, что каталазной активностью (в разной степени) обладают все стафилококки, изолированные от телок, и 72,7% стафилококков молочной железы здоровых коров [11].

Непрерывный поиск — выделение, характеристика и идентификация новых штаммов бактерий из молока с пробиотическими свойствами демонстрируют следующие результаты в отношении каталаза-позитивных микроорганизмов: «...из выявленных шести изолятов один обладает каталазой активностью» и содержит новый штамм *Mammaliococcus sciuri* GMN0, близкородственный *Staphylococcus spp.* [12].

Важные для пищевой промышленности молочнокислые бактерии, классифицированные как общепризнанные безопасные микроорганизмы, являются каталаза-отрицательными [13, 14].

Активность каталаз в сыром молоке имеет видовую и породную специфичность и может существенно различаться между отдельными животными [15]. Каталазы психотрофных бактерий молока (микрострококков, энтерококков, стафилококков и споровых аэробных палочек) снижают его сыропригодность, их инактивация повышает качество молока и сыров [16].

*Цели данной работы* — изучение активности каталазы в молоке здоровых животных с различным уровнем продуктивности и нахождение корреляции между изучаемыми показателями.

В предыдущих работах была установлена активность каталазы в молоке на уровне 0,58–2,54 ед. [17]. По данным А.П. Цацулина с соавт., активность каталазы в молоке здоровых животных составляет 7 ед., тогда как у больных маститом она повышается [18] в 10 и более раз [3]. При определении активности каталазы в сыром молоке полярографическим методом активность фермента составляет 195 ед./мл, кроме того, установлены сезонные колебания ее активности [19].

Отдельно стоит заметить, что ни один из методов определения каталазы в молоке не является «золотым стандартом» для лабораторий по всему миру [20]. Поэтому при изучении данного фермента большое значение имеет не только способ определения активности, но и условия эксперимента, продолжительность наблюдений.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Отбор образцов производили у здоровых коров второй лактации черно-пестрой породы из ФГБУ ПЗ «Ладжский» (Краснодарский край, Россия) в 2022–2023 гг. Содержание привязное с выгулами в летнем лагере. В общей сложности ежемесячно в случайную выборку для исследования отбирали 25% дойного стада. При этом учитывали физиологическое состояние, в том числе данные о количестве лактаций, дате отела, информации о суточном удое и числе дойных дней.

Во время контрольных доек отбирали среднюю пробу молока согласно ГОСТ 26809.1<sup>2</sup>. Анализ полученных проб производили на протяжении года в лабораториях Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста».

После предварительной оценки и обработки первичных данных часть результатов исключили из выборки и анализа, и общее число животных, вошедших в группы, составило 280 голов.

Чтобы иметь возможность наблюдать исследуемых животных в условиях одного сезона (исключить влияние температуры, влажности, качества корма), было принято решение сформировать 6 групп параллельно:

- ✓ 11–30 дней лактации,
- ✓ 31–60 дней лактации,
- ✓ 61–90 дней лактации,
- ✓ 91–120 дней лактации,
- ✓ 121–180 дней лактации,
- ✓ 181–300 дней лактации.

Анализировали удой по результатам контрольных доек, биохимические показатели молока коровьего определяли на приборе CombiFoss 7 (Дания)<sup>3</sup> (жир,

<sup>1</sup> <https://www.enzyme-database.org/about.php#:~:text=ExplorEnz%20is%20an%20open-access%2C%20manually,by%20the%20Reactions%20they%20Catalyse>

<sup>2</sup> ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Ч. 1. Молоко, молочные, молочные составные и молочносодержащие продукты.

<sup>3</sup> Карликова Г.Г., Лашнева И.А., Сермягин А.А. Анализ взаимосвязи компонентного состава молока и биомаркеров крови голштинизированных коров. Аграрная наука. 2023; 1(8): 41–47. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-41-47>

белок истинный, белок общий, лактозу, сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), сухое вещество (СВ), анализ суммарного количества водорастворимых антиоксидантов (СКВА) на приборе «ЦветЯуза 01-АА» (НПО «Химваوماتика», Россия)<sup>4</sup>. Определение каталазы подробно описано в материалах публикации А.А. Савиной с соавт<sup>5</sup>.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе Microsoft Excel (США). При помощи пакета «Анализ данных» рассчитаны данные описательной статистики, выполнен расчет корреляций, включая корреляции между каталазой и СКВА в зависимости от дней лактации. Достоверность различий между группами проверяли с помощью U-теста Манна — Уитни.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате исследования установлено, что количество водорастворимых антиоксидантов и активность каталазы в молоке коров зависели от сроков лактации. В раннем молоке первого месяца раздоя содержится наибольшее количество водорастворимых антиоксидантов. Пики активности каталазы установлены в начале и конце лактации. Это можно объяснить физиологическими изменениями, связанными с серьезными метаболическими переходами периода раздоя и близостью периода запуска (табл. 1).

В результате исследования установлено, что для первых 11–30 дней лактации (группа 1-я) установлена максимальная активность СКВА 17,2 мг/мл, далее показатель снижается на 19,2% (3,3 мг/мл), 37,8% (6,5 мг/мл), 16,3% (2,8 мг/мл,  $p < 0,05$ ), 36,0% (6,2 мг/мл), 25,6% (4,4 мг/мл) в каждой следующей группе по отношению к 1-й соответственно (табл. 1). Максимальная активность каталазы установлена для 1-й и 6-й групп (табл. 1).

В группах 2–5-я происходит снижение активности каталазы на 50,8% (2,8 отн. ед.), 66,7% (3,7 отн. ед.), 56,8% (3,12 отн. ед.), 55,3% (3,03 отн. ед.) по отношению к 1-й группе соответственно (табл. 1). В 6-й группе активность каталазы повышается относительно 1-й на 6,8% (0,4 отн. ед.). Повышение активности каталазы на последнем этапе лактации, вероятно, объясняется тем, что начинается разрушение секреторных клеток молочной железы, вместе с чем происходит повышенный выход фермента в молоко [21].

Таким образом, наблюдаемые зависимости изменения антиоксидантных параметров от сроков лактации (то есть от выделенных авторами периодов лактации в течение года) не являются линейными. Поэтому были рассчитаны корреляционные взаимосвязи антиоксидантных параметров с биохимическим составом и физиологическими показателями.

Однако перед анализом корреляционных связей необходимо охарактеризовать и динамику изменения удоев коров, и биохимических показателей молока в ходе лактации, чтобы с помощью этих данных составить представление о выявленных корреляциях (рис. 1)

**Таблица 1. Статистические показатели для молока коров черно-пестрой породы по группам 1–6-я (ноябрь 2022 г. – сентябрь 2023 г.)**

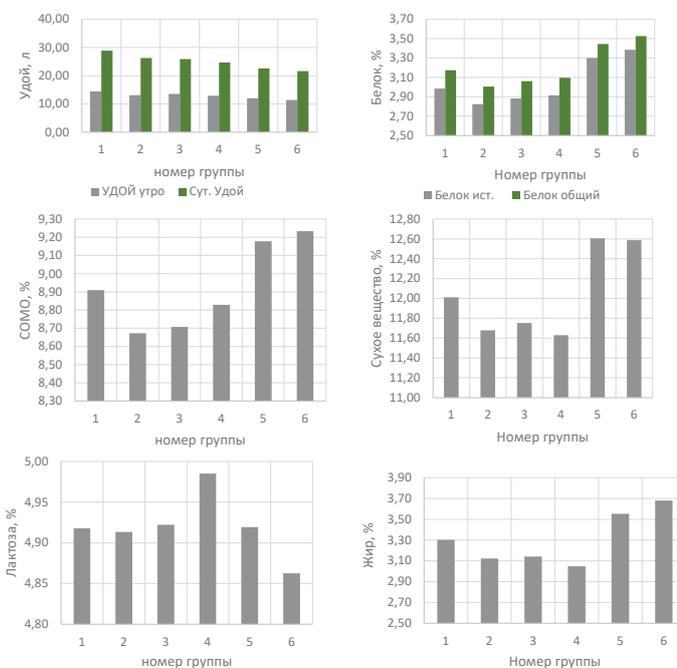
**Table 1. Statistical indicators for the milk of black-and-white cows in groups 1-6 (November 2022 – September 2023)**

Параметры	Среднее	Станд. отклон.	Min	Max	Мода	Медиана
<b>1-я группа — 11–30 дней, n = 28</b>						
Дни лактации	21	6	11	30	27	23
СКВА, мг/л	17,2	6,3	4,7	26,5		17
КАТ, отн. ед.	5,48	4,15	0,83	13,78	12,07	3,74
<b>2-я группа — 31–60 дней, n = 34</b>						
Дни лактации	46 <sup>†</sup>	9	31	60	48	48
СКВА, мг/л	13,9	5,6	4,1	23,3		14,9
КАТ, отн. ед.	2,70	2,08	0,42	7,89	1,25	2,49
<b>3-я группа — 61–90 дней, n = 35</b>						
Дни лактации	73 <sup>†</sup>	10	62	90	62	69
СКВА, мг/л	10,7	6,3	2,5	25,1	3,9	9,5
КАТ, отн. ед.	1,83	0,38	0,42	4,98	0,83	0,83
<b>4-я группа — 91–120 дней, n = 56</b>						
Дни лактации	105 <sup>*</sup>	9	91	120	93	105
СКВА, мг/л	14,4 <sup>**</sup>	5,9	1,2	29,7	15,4	15,1
КАТ, отн. ед.	2,36	0,46	0,42	7,89	1,25	1,25
<b>5-я группа — 121–180 дней, n = 56</b>						
Дни лактации	151 <sup>*</sup>	7	121	146	136	136
СКВА, мг/л	11,0	4,8	3,3	16,7		10,2
КАТ, отн. ед.	2,45	0,42	0,42	5,40	1,25	2,08
<b>6-я группа — 181–300 дней, n = 72</b>						
Дни лактации	232 <sup>*</sup>	32	182	295	206	226
СКВА, мг/л	12,8	6,2	1,3	23,8		13
КАТ, отн. ед.	5,85	0,92	2,08	4,15	4,57	4,57

Примечание:  $p < 0,01^*$ ,  $p < 0,05^{**}$  — различия достоверны по отношению к показателям предыдущей группы.

**Рис. 1. Изменение биохимических показателей молока в зависимости от количества дней лактации.**

**Fig. 1. Changes in biochemical parameters of milk depending on the number of days of lactation.**



<sup>4</sup> Savina A.A. et al. Amperometric detection of antioxidant activity of model and biological fluids. Moscow University Chemistry Bulletin. 2020; 75: 340–346. <https://doi.org/10.3103/S0027131420060061>

<sup>5</sup> Савина А.А., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Сезонные закономерности изменения антиоксидантных и микроэлементных параметров молока коров черно-пестрой породы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023; 24(5): 858–867. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.858-867>

Так, с увеличением дней лактации наблюдается уменьшение в удое. Значения белка и жира имеют наивысшие значения в период до 60-го дня лактации, затем снижаются и вновь увеличиваются со 120-го дня лактации, а вот уровень лактозы, наоборот, показывает наивысшие значения к середине лактации.

Динамика изменения показателя СОМО наиболее совпадает с изменениями белка, поскольку этот показатель определяется после удаления всех жиров из образца (с остающимися белками). Показатель СВ изменяется пропорционально вслед за изменениями в количестве как белка, так и жира, поскольку он напрямую связан с этими показателями.

Расчет корреляционных коэффициентов (r) был выполнен для каждой группы. Корреляции между показателями антиоксидантной активности молока и данными контрольных доек представлены в таблице 2.

Можно отметить, что для каталазы наблюдается отрицательная корреляционная взаимосвязь разной силы с днями лактации и утренним удоем (кроме 1-й группы). Между СКВА и каталазой наблюдается отрицательная корреляция в 1–4-й группах, для животных, лактирующих более 120 дней, корреляции положительные и даже сильные на спаде лактации для 6-й группы — 0,91 (табл. 2). Авторы считают, что показатели активности каталазы не только являются некоторой частью СКВА, но и зависят от содержания других компонентов молока. Поэтому все корреляции, даже достаточно умеренные, между ними являются значимыми и в дальнейшем будут проанализированы в совокупности с дополнительными зоотехническими показателями коров, которые пока не удалось получить от хозяйства для всех животных в эксперименте.

Если проанализировать изменение корреляций между каталазой и СКВА в зависимости от дней лактации, то видна линейная зависимость (в отрицательной области от 23-го до 105-го дня с переходом в положительную область от 110-го до 226-го дня). Корреляции между показателями антиоксидантной активности молока и данными биохимического анализа представлены в таблице 3.

В период раздоя и спада лактации (1-я и 6-я группы) отмечались наивысшие коэффициенты корреляции между каталазой и жиром — 0,51 и 0,57 соответственно (табл. 3).

Для всех сроков лактации прослеживается отрицательная корреляция каталазы как с истинным белком, так и с общим (табл. 3). Наибольшие коэффициенты корреляции наблюдаются для 1-й (-0,53), 3-й и 4-й (-0,36 и -0,39), а также для 6-й (-0,37) групп. С увеличением количества общего белка активность каталазы не повышается, что может быть связано с отсутствием взаимосвязи синтеза индивидуального белка каталазы относительно увеличения значений общего белка. По-видимому, в организме вырабатывается определенное количество каталазы, которое не зависит от изменений общего белка. При этом в ряде групп нет корреляции между общим белком и СКВА, а если есть, то она является умеренной или даже сильной (1-я и 2-я группы). Разница в коэффициентах корреляции между СКВА с общим и истинным белком, вероятно, связана с небелковым составом азотсодержащих соединений. Отличия в значениях являются минимальными и близкими по направлению.

Для лактозы, СОМО и СВ разброс значений достаточно вариабелен. Высокий коэффициент корреляции между СКВА и лактозой может объясняться ее наивысшим значением в период раздоя [22], особенно в

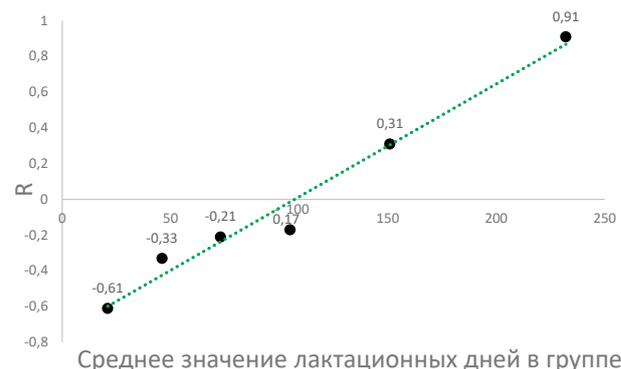
**Таблица 2. Корреляционные коэффициенты между показателями антиоксидантной активности молока и данными контрольных доек коров черно-пестрой породы по группам 1–6-я**

**Table 2. Correlation coefficients between indicators of antioxidant activity of milk and data from control milkings of black-and-white cows in groups 1–6**

	Дни лактации	Утренний удой	Суточный удой
<b>1-я группа — 11–30 дней, n = 28</b>			
СКВА, мг/л	0,47	-0,32	-0,57
КАТ, отн. ед.	-0,18	0,12	0,35
<b>2-я группа — 31–60 дней, n = 34</b>			
СКВА, мг/л	-0,53	-0,13	-0,18
КАТ, отн. ед.	-0,25	-0,33	-0,35
<b>3-я группа — 61–90 дней, n = 35</b>			
СКВА, мг/л	0,67	-0,38	-0,4
КАТ, отн. ед.	-0,58	-0,41	-0,28
<b>4-я группа — 91–120 дней, n = 56</b>			
СКВА, мг/л	-0,47	0,31	0,13
КАТ, отн. ед.	0,5	-0,33	0,07
<b>5-я группа — 121–180 дней, n = 55</b>			
СКВА, мг/л	-0,22	0,21	-0,02
КАТ, отн. ед.	-0,31	-0,22	-0,01
<b>6-я группа — 181–300 дней, n = 72</b>			
СКВА, мг/л	0,08	-0,01	-0,04
КАТ, отн. ед.	-0,44	-0,23	-0,32

**Рис. 2. Изменение корреляций между каталазой и СКВА от дней лактации**

**Fig. 2. Changes in correlations between catalase and TAWSA from days of lactation**



**Таблица 3. Корреляционные коэффициенты между антиоксидантными и биохимическими параметрами молока коров черно-пестрой породы по 1–6-й группам**

**Table 3. Correlation coefficients between antioxidant and biochemical parameters of milk from black-and-white cows in groups 1–6**

	Жир, %	Белок истинный, %	Белок общий, %	Лактоза, %	СОМО, %	СВ, %
<b>1-я группа — 11–30 дней, n = 28</b>						
СКВА, мг/л	0,08	0,47	0,43	0,61	0,48	0,29
КАТ, отн. ед.	0,51	-0,53	-0,50	-0,77	-0,56	0,12
<b>2-я группа — 31–60 дней, n = 34</b>						
СКВА, мг/л	0,45	0,62	0,60	0,79	0,25	0,48
КАТ, отн. ед.	0,17	-0,13	-0,11	-0,73	-0,35	0,1
<b>3-я группа — 61–90 дней, n = 35</b>						
СКВА, мг/л	-0,13	-0,03	-0,03	0,01	-0,04	-0,16
КАТ, отн. ед.	-0,02	-0,36	-0,35	-0,09	-0,33	-0,08
<b>4-я группа — 91–120 дней, n = 56</b>						
СКВА, мг/л	-0,29	-0,03	-0,03	-0,02	-0,31	-0,4
КАТ, отн. ед.	-0,32	-0,39	-0,38	0,03	-0,33	-0,42
<b>5-я группа — 121–180 дней, n = 55</b>						
СКВА, мг/л	0,02	-0,04	-0,05	0,05	0,03	0,03
КАТ, отн. ед.	-0,09	0,02	0,03	0,07	0,12	-0,06
<b>6-я группа — 181–300 дней, n = 72</b>						
СКВА, мг/л	0,3	-0,06	-0,05	-0,11	-0,12	0,15
КАТ, отн. ед.	0,57	-0,37	-0,37	0,11	-0,21	0,44

первый месяц. Так, например, разница между содержанием лактозы меняется на 2% относительно предыдущей группы. На поздней стадии лактации происходит изменение проницаемости эпителия молочной железы, что снижает синтез лактозы и, следовательно, секрецию молока или удой коровы.

Известно, что в указанных условиях лактоза окисляется до лактобионовой кислоты и изомеризуется до лактулозы на монометаллических электродах, что объясняет ее вклад в показатель СКВА. Кроме того, возможны окисление С2 спиртовой группы и образование 2-кето-лактобионовой кислоты [23]. Все указанные эффекты приводят к тому, что наблюдаемые зависимости изменения антиоксидантных параметров от сроков лактации не являются линейными.

### Выводы/Conclusion

Количество каталазы изменяется от числа лактационных дней, но прямой зависимости не установлено, наивысшие значения активности фермента наблюдались в первый месяц и на спаде лактации.

В большинстве случаев наблюдаются отрицательные корреляции между каталазой и числом лактационных дней, в промежутке 90–120 дней можно говорить об их отсутствии.

Однако если рассматривать не абсолютные величины, а изменение коэффициентов корреляций между каталазой и СКВА с увеличением дней лактации, то наблюдается линейная зависимость (как в отрицательной, так и в положительной области). Чем больше в молоке сухого обезжиренного молочного остатка, тем меньше активность каталазы. Это обычно связано с пониженными показателями жира, а следовательно, меньшим количеством жировых шариков, к которым прикрепляется каталаза.

Соответственно, отмечается сильная связь активности каталазы и показателей жира для ряда групп. В целом наблюдаемые зависимости изменения антиоксидантных параметров от сроков лактации являются нелинейными и требуют постоянного контроля для оценки возможности более длительного хранения сырого молока без потери его качества.

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

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания № 124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

### FUNDING

The research was carried out within the framework of state assignment No. 124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Farman A.A., Hadwan M.H. Simple kinetic method for assessing catalase activity in biological samples. *Methods X*. 2021; 8: 101434. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101434>
- Silanikove N., Merin U., Leitner G. Nitrite and catalase levels rule oxidative stability and safety properties of milk: a review. *RSC Advances*. 2014; 4(50): 26476–26486. <https://doi.org/10.1039/C4RA03851G>
- Lindmark-Månsson H., Åkesson B. Antioxidative factors in milk. *British journal of Nutrition*. 2000; 84(S1): 103–110. <https://doi.org/10.1017/S0007114500002324>
- Ventsova I., Safonov V. Biochemical Screening of Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection in Imported Cows During Adaptation. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2021; 9(8): 1203–1210. <http://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.8.1203.1210>
- Добриян Е.И. Антиоксидантная система молока. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020; 82(2): 101–106. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-101-106>
- Zámocký M., Gasselhuber B., Furtmüller P.G., Obinger C. Molecular evolution of hydrogen peroxide degrading enzymes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2012; 525(2): 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2012.01.017>
- Foroughi L.M., Kang Y.-N., Matzger A.J. Sixty years from discovery to solution: crystal structure of bovine liver catalase form III. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*. 2011; 67(9): 756–762. <https://doi.org/10.1107/S0907444911024486>
- Ko T.-P. et al. Structure of human erythrocyte catalase. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*. 2000; 56(2): 241–245. <https://doi.org/10.1107/S0907444999015930>
- Wu Y., Jiang S., Fu Z. Employment of teicoplanin-coated magnetic particles for quantifying gram-positive bacteria via catalase-catalyzed hydrolysis reaction of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Talanta*. 2020; 211: 120728. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120728>
- Павленко О.Б., Василенко В.Н. Симбионтная микрофлора вымени здоровых коров и телок, ее роль в этиологии мастита. *Ветеринарная патология*. 2011; 4: 132–136. <https://elibrary.ru/owgixp>
- Naqqash T., Wazir N., Aslam K., Shabir G., Tahir M., Shaikh R.S. First report on the probiotic potential of *Mammalicoccus sciuri* isolated from raw goat milk. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*. 2022; 41(4): 149–159. <https://doi.org/10.12938/bmfh.2021-022>
- Alharbi N.K., Alsaloom A.N. Characterization of Lactic Bacteria Isolated from Raw Milk and Their Antibacterial Activity against Bacteria as the Cause of Clinical Bovine Mastitis. *Journal of Food Quality*. 2021; 1: 6466645. <https://doi.org/10.1155/2021/6466645>
- Taye Y., Degu T., Fesseha H., Mathewos M. Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria from Cow Milk and Milk Products. *The Scientific World Journal*. 2021; 1: 4697445. <https://doi.org/10.1155/2021/4697445>

### REFERENCES

- Farman A.A., Hadwan M.H. Simple kinetic method for assessing catalase activity in biological samples. *Methods X*. 2021; 8: 101434. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101434>
- Silanikove N., Merin U., Leitner G. Nitrite and catalase levels rule oxidative stability and safety properties of milk: a review. *RSC Advances*. 2014; 4(50): 26476–26486. <https://doi.org/10.1039/C4RA03851G>
- Lindmark-Månsson H., Åkesson B. Antioxidative factors in milk. *British journal of Nutrition*. 2000; 84(S1): 103–110. <https://doi.org/10.1017/S0007114500002324>
- Ventsova I., Safonov V. Biochemical Screening of Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection in Imported Cows During Adaptation. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2021; 9(8): 1203–1210. <http://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.8.1203.1210>
- Dobriyan E.I. Dairy antioxidant system. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020; 82(2): 101–106 (in Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-101-106>
- Zámocký M., Gasselhuber B., Furtmüller P.G., Obinger C. Molecular evolution of hydrogen peroxide degrading enzymes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2012; 525(2): 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2012.01.017>
- Foroughi L.M., Kang Y.-N., Matzger A.J. Sixty years from discovery to solution: crystal structure of bovine liver catalase form III. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*. 2011; 67(9): 756–762. <https://doi.org/10.1107/S0907444911024486>
- Ko T.-P. et al. Structure of human erythrocyte catalase. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*. 2000; 56(2): 241–245. <https://doi.org/10.1107/S0907444999015930>
- Wu Y., Jiang S., Fu Z. Employment of teicoplanin-coated magnetic particles for quantifying gram-positive bacteria via catalase-catalyzed hydrolysis reaction of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Talanta*. 2020; 211: 120728. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120728>
- Pavlenko O.B., Vasilenko V.N. Symbiotic microflora of the udder of healthy cows and heifers, its role in the etiology of mastitis. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2011; 4: 132–136 (in Russian). <https://elibrary.ru/owgixp>
- Naqqash T., Wazir N., Aslam K., Shabir G., Tahir M., Shaikh R.S. First report on the probiotic potential of *Mammalicoccus sciuri* isolated from raw goat milk. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*. 2022; 41(4): 149–159. <https://doi.org/10.12938/bmfh.2021-022>
- Alharbi N.K., Alsaloom A.N. Characterization of Lactic Bacteria Isolated from Raw Milk and Their Antibacterial Activity against Bacteria as the Cause of Clinical Bovine Mastitis. *Journal of Food Quality*. 2021; 1: 6466645. <https://doi.org/10.1155/2021/6466645>
- Taye Y., Degu T., Fesseha H., Mathewos M. Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria from Cow Milk and Milk Products. *The Scientific World Journal*. 2021; 1: 4697445. <https://doi.org/10.1155/2021/4697445>

14. Lorenzen P.C., Martin D., Clawin-Rädecker I., Barth K., Knappstein K. Activities of alkaline phosphatase,  $\gamma$ -glutamyltransferase and lactoperoxidase in cow, sheep and goat's milk in relation to heat treatment. *Small Ruminant Research*. 2010; 89(1): 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.11.013>
15. Федосова А.Н., Каледина М.В., Волощенко Л.В. Психотрофные бактерии сырого молока в технологии полутвердых сыров. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2020; 3: 171–180. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.306>
16. Савина А.А., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Сезонные закономерности изменения антиоксидантных и микроэлементных параметров молока коров черно-пестрой породы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(5): 858–867. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.858-867>
17. Кляпнев А.В., Великанов В.И., Янковская М.О., Погодина А.В., Клюев Н.В. Сравнительная ветеринарно-санитарная экспертиза молока разных производителей. *Ветеринарный врач*. 2021; 5: 16–24. <https://elibrary.ru/eqjrkru>
18. Цацулина А.П., Бочарова К.В., Ермакова Н.В. Изучение активности каталазы в молоке коров. *Сетевой научный журнал ОрелГАУ*. 2014; 2: 28–29. <https://elibrary.ru/tkquln>
19. Stobiecka M., Król J., Brodziak A. Antioxidant Activity of Milk and Dairy Products. *Animals*. 2022; 12(3): 245. <https://doi.org/10.3390/ani12030245>
20. Щербак Ю.В., Зиганшин Д.Д., Пашина А.С., Ахмадуллина Ф.Ю. Влияние режима пастеризации на каталазную активность молока. *Вестник Казанского технологического университета*. 2014; 17(16): 173–174. <https://elibrary.ru/stiewx>
21. Азимов Г.И. Как образуется молоко. М.: Колос. 1965; 159.
22. Цюпко В.В. Состав молока и закономерности синтеза жира, белка и лактозы в молоке коров. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина*. 2012; 3(2): 96–101. <https://elibrary.ru/pxintv>
23. Спринчан Е.Г., Болога М.К., Степурина Т.Г., Болога А.М., Поликарпов А.А. Особенности электрической активации молочной сыворотки. *Электронная обработка материалов*. 2011; 47(1): 77–80. <https://elibrary.ru/qzwmwsv>
14. Lorenzen P.C., Martin D., Clawin-Rädecker I., Barth K., Knappstein K. Activities of alkaline phosphatase,  $\gamma$ -glutamyltransferase and lactoperoxidase in cow, sheep and goat's milk in relation to heat treatment. *Small Ruminant Research*. 2010; 89(1): 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.11.013>
15. Fedosova A.N., Kaledina M.V., Voloshchenko L.V. Psychotropic Bacteria of Raw Milk in the Technology of Semi-Hard Cheese. *Storage and Processing of Farm Products*. 2020; 3: 171–180 (in Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.306>
16. Savina A.A., Voronina O.A., Zaitsev S.Yu. Seasonal patterns of changes in antioxidant and microelement parameters of milk from black-and-white cows. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24(5): 858–867 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.858-867>
17. Klyapnev A.V., Velikanov V.I., Yankovskaya M.O., Pogodina A.V., Klyuev N.V. Comparative veterinary-sanitary examination of milk from different producers. *The Veterinarny Vrach*. 2021; 5: 16–24 (in Russian). <https://elibrary.ru/eqjrkru>
18. Tsatsulina A.P., Bocharova K.V., Ermakova N.V. Study of catalase activity in cow's milk. *Setevoy nauchnyy zhurnal OreI GAU*. 2014; 2: 28–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/tkquln>
19. Stobiecka M., Król J., Brodziak A. Antioxidant Activity of Milk and Dairy Products. *Animals*. 2022; 12(3): 245. <https://doi.org/10.3390/ani12030245>
20. Shcherbakova Yu.V., Ziganshin D.D., Pashina A.S., Ahmadullina F.Yu. The effect of the pasteurization regime on the catalase activity of milk. *Herald of Kazan Technological University*. 2014; 17(16): 173–174 (in Russian). <https://elibrary.ru/stiewx>
21. Azimov G.I. How milk is formed. Moscow: Kolos. 1965; 159 (in Russian).
22. Tsyupko V.V. Cows' milk composition and regularities of fat, protein and lactose synthesis. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Medicine*. 2012; 3(2): 96–101 (in Russian). <https://elibrary.ru/pxintv>
23. Sprinchan E.G., Bologa M.K., Stepurina T.G., Bologa A.M., Polikarpov A.A. Peculiarities of the electric activation of whey. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2011; 47(1): 66–69. <https://doi.org/10.3103/S1068375511010182>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Анастасия Анатольевна Савина

научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных  
kirablackfire@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0257-1643>

##### Оксана Александровна Воронина

старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, кандидат биологических наук  
voroninaok-senia@inbox.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

##### Сергей Юрьевич Зайцев

ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных доктор биологических наук, доктор химических наук, профессор  
s.y.zaitsev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл., 142132, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Anastasia Anatolyevna Savina

Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals  
kirablackfire@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0257-1643>

##### Oksana Alexandrovna Voronina

Senior Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Candidate of Biological Sciences,  
voroninaok-senia@inbox.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

##### Sergey Yurievich Zaitsev

Leading Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Doctor of Biological Sciences, Doctor of Chemical Sciences, Professor  
s.y.zaitsev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow Region, 142132, Russia

Т.А. Ларкина ✉

Г.В. Ширяев

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ tanya.larkina2015@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
25.03.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

## Review

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-124-131

Tanya A. Larkina ✉  
Gnennady V. Shiryaev

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

✉ tanya.larkina2015@yandex.ru

Received by the editorial office:  
25.03.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

# GWAS как инструмент обнаружения SNPs у крупного рогатого скота для изучения их связи с воспроизводством, продуктивностью, ростом, поведением, болезнями

## РЕЗЮМЕ

Фундаментальная цель животноводства — это рентабельное производство продуктов питания для человека из здоровых животных, которое включает производство, воспроизводство. Метод полногеномного поиска ассоциаций (Whole-Genome Associated Study, GWAS) активно используется в различных областях, в том числе и в молекулярно-генетических исследованиях с.-х. животных. Полногеномный анализ ассоциаций создавался для идентификации геномных вариаций, связанных с экономически значимыми признаками у различных видов сельскохозяйственных животных. Данный метод геномной селекции дает новые приоритеты для улучшения продуктивных и воспроизводительных качеств домашнего скота.

**Цель данной обзорной статьи** — всесторонний анализ текущего состояния GWAS у крупного рогатого скота, сосредоточив внимание на выявлении SNP, связанных с воспроизводством, продуктивностью, ростом, поведением и генетически обусловленными заболеваниями. Объем статьи охватывает изучение результатов GWAS по всему миру, как у молочного, так и у мясного скота, с особым акцентом на идентификацию генов-кандидатов, QTL и областей генома, связанных с направлением продуктивности. Кроме того, этот обзор включает классификацию результатов GWAS на основе изученных конкретных признаков, предоставляя всесторонний обзор генетических детерминант воспроизводства, роста, поведения и признаков заболеваний крупного рогатого скота.

**Ключевые слова:** GWAS, SNP, КРС, воспроизводство, рост, поведение, болезнь

**Для цитирования:** Ларкина Т.А., Ширяев Г.В. GWAS как инструмент обнаружения SNPs у крупного рогатого скота для изучения их связи с воспроизводством, продуктивностью, ростом, поведением, болезнями. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 124–131.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-124-131>

© Ларкина Т.А., Ширяев Г.В.

# GWAS as a tool for detecting SNPs in cattle to study their relationship to reproduction, productivity, growth, behavior, diseases

## ABSTRACT

The fundamental goal of animal husbandry is the cost-effective production of human food from healthy animals, which includes production, reproduction. The method of whole-genome association study (GWAS) is actively used in various fields, including agriculture. Genome-wide association analyzes were generated as an identifier for genomic variations associated with economically significant traits in different livestock species. This method of genomic selection provides new priorities for improving the productive and reproductive qualities of livestock.

The purpose of this review article is a comprehensive analysis of the current state of GWAS in cattle, focusing on the identification of SNPs associated with reproduction, productivity, growth, behavior and genetically determined diseases. The scope of the article covers the study of GWAS results worldwide, both in dairy and beef cattle, with special emphasis on the identification of candidate genes, QTL and genome regions related to the direction of productivity. Additionally, the organization of this review will include a classification of GWAS results based on the specific traits studied, providing a comprehensive overview of the genetic determinants of reproduction, growth, behavior, and disease traits in cattle.

**Key words:** GWAS, SNP, cattle, reproduction, growth, behavior, disease

**For citation:** Larkina T.A., Shiryaev G.V. GWAS as a tool for detecting SNPs in cattle to study their relationship to reproduction, productivity, growth, behavior, diseases. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 124–131 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-124-131>

© Larkina T.A., G.V. Shiryaev

## Введение/Introduction

В глобальном аспекте крупный рогатый скот (КРС) служит не только источником пищи, но и обеспечивает тяговую силу, материал для получения шерсти и иногда шерсти, а также оказывает поддержку культурных и религиозных практик.

Животноводство способствует повышению плодородия почвы, обеспечивает экологические преимущества. Однако с ростом населения и потребности в продуктах животного происхождения возрастает давление на ресурсы и окружающую среду, связанное с животноводством, поэтому необходимо повышать эффективность и устойчивость животноводства, улучшая генетический потенциал и здоровье животных [1].

Продукты животного происхождения являются важными компонентами здорового сбалансированного рациона человека, обеспечивая необходимым источником белка (включая определенные незаменимые аминокислоты, которые обычно не встречаются в растительной пище), энергией, минералами и витаминами [2].

Среди различных видов сельскохозяйственных животных КРС занимает особое место, так как обладает высокой продуктивностью и адаптивностью к локальным условиям среды обитания. КРС включает в себя множество пород, которые различаются по своим производственным, морфологическим, физиологическим и поведенческим характеристикам. Эти различия обусловлены генетической изменчивостью, которая формировалась под влиянием естественного и искусственного отбора, а также генетических событий, таких как мутации, рекомбинации, генетический дрейф и миграция.

Для изучения генетической изменчивости и ее связи с разными признаками у КРС широко используется метод полногеномного исследования ассоциаций (genome-wide association study, GWAS).

GWAS представляет собой биоинформатический подход, который позволяет оценить ассоциации между однонуклеотидными полиморфизмами (single nucleotide polymorphisms, SNP) и количественными или качественными признаками у большого количества индивидов. GWAS может быть проведен с использованием различных платформ генотипирования — начиная от массивов низкой плотности (10 тыс. SNPs) и заканчивая массивами высокой плотности до 600 тыс. SNPs, а также секвенированием всего генома. Этот метод позволяет обнаружить SNP, которые ассоциированы с различными важными в геномной селекции признаками сельскохозяйственных животных, идентифицировать гены-кандидаты и области генома, которые могут быть вовлечены в регуляцию этих признаков [3–6].

Для проведения GWAS необходимо иметь достаточное количество генотипированных и фенотипированных животных, а также подходящую платформу генотипирования, которая обеспечивает высокую плотность и равномерное покрытие генома.

В настоящее время широко используется Illumina BovineSNP50 BeadChip, который содержит около 50 тыс. SNP, распределенных по всему геному. Эта платформа имеет высокую точность и служит основой для геномных оценок в США и Канаде [7, 8].

Однако эта платформа не учитывает генетические различия между породами крупного рогатого скота, которые могут влиять на полиморфизм и частоту SNP. Так, тысячи SNP, которые были полиморфными у голштинов, были мономорфными у джерси и коричневого швицкого скота, что указывало на то, что необходимы наборы SNP

для конкретных пород или что в процессе выбора SNP необходимо учитывать все породы [9, 10].

Кроме того, с развитием технологий секвенирования стало возможным использовать более высокоплотные платформы генотипирования, такие как Illumina BovineHD BeadChip, который содержит около 800 тыс. SNP. Или даже секвенирование всего генома, которое позволяет обнаружить все варианты в геноме, включая структурные вариации.

Характеристика генетических вариаций и генетическая структура популяций по SNPs ключевых генов, отвечающих за здоровье и воспроизводство животных, позволяют определять особенности местных популяций и могут быть полезны в маркер-ассоциированной селекции (Marker-Assisted Selection, MAS).

MAS основана на использовании маркеров, связанных с интересующими признаками, для ускорения и повышения эффективности селекции. Однако для того чтобы маркеры были информативными, необходимо оценить их влияние на признаки, а также учитывать генетические взаимодействия между ними. Для этого применяется GWAS — метод, который позволяет одновременно оценить ассоциации между большим количеством SNP и признаками у КРС [11].

GWAS-анализ выявил множество генов-кандидатов и областей генома, связанных с различными продуктивными и репродуктивными признаками КРС, такими как количество и качество молока, фертильность, рост, ранняя половая зрелость [12–16]. Кроме того, GWAS играет важную роль в выявлении локусов количественных признаков (QTL), которые определяют изменчивость признаков у мясного скота, таких как особенности роста, масса тела, мраморность мяса [17].

Однако GWAS-анализ имеет ряд ограничений, которые снижают его точность и производительность. Одним из таких ограничений является высокое неравновесие связей между SNP, которое приводит к тому, что GWAS-анализ может обнаруживать ассоциации с не причинными SNP, находящимися в близости от причинных SNP, но не влияющими на признак напрямую. Это усложняет идентификацию и валидацию причинных вариантов генов, а также оценку их эффектов [18].

Другим ограничением является недостаточное генетическое разнообразие внутри популяций, которое снижает статистическую производительность GWAS-анализа при поиске ассоциаций, а также увеличивает риск ложных отрицательных результатов.

Для решения этих проблем используются различные стратегии, которые учитывают генетическую структуру популяций и комбинируют данные из разных источников.

Одной из таких стратегий является метаанализ, который объединяет результаты GWAS-анализов, проведенных на разных внутривидовых субпопуляциях, для повышения статистической мощности и уменьшения гетерогенности эффектов. Метаанализ позволяет отбирать варианты в цельногеномных последовательностях для геномной селекции КРС, особенно нацеленные на молочную продуктивность [19, 20].

Другой стратегией является совместный многопородный анализ, который использует данные от разных пород КРС, для повышения генетического разнообразия и точности картирования причинных вариантов, лежащих в основе выработки молока у молочного скота [21].

Для определения приоритетности генов-кандидатов на фертильность у молочных коров был использован

анализ на основе экспрессии генов, интегрирующий функциональную аннотацию GWAS [22].

Кроме изучения продуктивных и репродуктивных признаков, GWAS применяется для изучения генетических вариантов, связанных с устойчивостью к патогенам КРС. Это важно для обеспечения здоровья и благополучия животных, а также для снижения экономических потерь и использования антибиотиков. GWAS позволяет выявлять гены и QTLs, которые влияют на иммунный ответ и сопротивляемость к различным инфекционным заболеваниям, таким как мастит, бабезиоз, туберкулез, бруцеллез и др. [23].

Эти подходы в совокупности демонстрируют универсальность и потенциал GWAS в раскрытии генетической основы различных количественных и качественных признаков в разведении КРС. В целом GWAS вносит значительный вклад в понимание генетической архитектуры сложных признаков у КРС, предлагая ценную информацию для программ селекции.

Ниже рассмотрим частные случаи использования GWAS метода в изучении воспроизводства, молочной и мясной продуктивности, особенностей роста, поведения и наследственных заболеваний КРС.

#### Материалы и методы исследования / Materials and methods

Методологической основой исследований явились научные публикации авторов, которые с помощью GWAS выявляли и изучали QTLs, вовлеченные в формирование признаков воспроизводства, продуктивности, роста, поведения и наследственных заболеваний КРС.

В процессе изучения литературы использовались общие методы научного познания: наблюдение, анализ, сравнение, обобщение. Англоязычная база данных PubMed/NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) — ценный информационный ресурс для нахождения оригинальных публикаций по фундаментальной и практической генетике в животноводстве. Проведен анализ 58 литературных источников за последние 15 лет, отражающих современное состояние исследований по поиску QTLs, связанных с хозяйственно ценными признаками КРС, с помощью GWAS-метода.

#### Результаты и обсуждение / Results and discussion

##### Изучение репродуктивных качеств КРС с помощью GWAS

Интенсивный направленный отбор на увеличение молочной продуктивности привел к появлению современных молочных стад с очень высокими надоями, но с низкими показателями фертильности [24, 25]. Низкие репродуктивные показатели телок и коров могут в значительной степени снизить эффективность и общую рентабельность стада из-за дополнительных затрат на ветеринарную помощь и вынужденную выбраковку.

До недавнего времени снижение воспроизводительной способности связывали с послеродовыми проблемами клинического характера, а также с развитием метаболического стресса, обусловленного лактацией. В настоящее время считается, что по крайней мере половина такого снижения обусловлена генетическими факторами [26]. Однако из-за полигенного характера наследования воспроизводительной функции и ее отрицательных генетических корреляций с показателями молочной продуктивности селекция на улучшение репродуктивной способности происходит медленно.

Исследования репродуктивных качеств КРС с помощью GWAS является одной из наиболее важных функциональных задач молочной промышленности [27, 28].

GWAS — один из основных методов выявления значимых генов за последних 15 лет, связанных с показателями воспроизводства. В ряде исследований обнаружены QTLs для репродуктивных признаков на хромосоме BTA 13. Выявлены гены *CACNB2*, *SLC39A12*, *ZEB1*, которые являются генами-кандидатами, ассоциированные с фертильностью голштинской породы коров.

Так, ген *CACNB2* кодирует  $\beta$ -субъединицу потенциал-зависимых кальциевых каналов ( $Ca^{+}$ ), которая является вторичным медиатором, регулирующим большинство клеточных процессов. Ген *SLC39A12* кодирует белки-переносчики цинка, которые могут регулировать уровни свободного внутриклеточного цинка в яйцеклетке во время созревания. *ZEB1* играет важную роль в регуляции репродукции млекопитающих: более низкая экспрессия *ZEB1* приводит к снижению концентрации лютеинизирующего гормона (ЛГ) в сыворотке крови, нарушению выброса ЛГ и неспособности к овуляции [29–31].

В исследовании китайских и скандинавских голштинов использовалось SNP-сканирование 54K, которое было разработано для покрытия распространенных SNP у основных пород КРС для достижения геномного прогнозирования в области воспроизводства.

Внутри гена может существовать множество SNPs, связанных с репродуктивными характеристиками. Так, важные ассоциации (например, в гене *CACNB2*) удалось изучить в популяциях, отличных от китайских и нордических голштинов. Таким образом, GWAS необходим для точного картирования причинных мутаций [32, 33].

Полногеномные исследования ассоциаций признаков фертильности были проведены для нескольких пород КРС. В разных популяциях сообщалось о ряде мажорных локусов [34, 35]. Так, у КРС датской джерси анализ полногеномной последовательности позволил идентифицировать различные QTL, влияющие на их национальный индекс плодovitости [36], который включает в себя такие характеристики, как количество осеменений на одно зачатие, интервал от отела до первого осеменения, 56-дневный период неосеменения, количество дней от первого до последнего осеменения. Эти QTLs были расположены на хромосоме КРС (BTA) 7, 9, 20, 23, 25. Большинство SNPs, которые имели высокую ассоциативную достоверность с индексом фертильности, были межгенными, за исключением одного миссенс-варианта в экзоне.

На территории Италии у голштинской породы коров были идентифицированы QTLs, ассоциированные с индексом фертильности с использованием данных чипа 50 K SNP на хромосомах BTA5 и BTA2 [37]. Локус на хромосоме BTA18 связан с легкостью отела у голштинской породы [38], другие QTLs, способствующие облегчению отела, были идентифицированы у немецкой породы *fleckvieh* на BTA14 и BTA 21 [39]. У *nordic red* породы коров идентифицированы QTLs, которые были связаны с легкостью отела, показателем мертворождения и индексом телосложения, включая рост [40].

##### Изучение показателей молочной продуктивности КРС с помощью GWAS

Молочная продуктивность является одним из основных признаков, по которому проводится селекция КРС. Этот признак имеет высокую экономическую значимость, а также отражает адаптацию животных к разным

условиям содержания и кормления. Молочная продуктивность определяется не только количеством молока, но и его качеством, включая содержание жира, белка, лактозы, соматических клеток и других компонентов.

Молочная продуктивность является сложным признаком, который зависит от множества генетических факторов и факторов окружающей среды, а также их взаимодействия. Поэтому для изучения генетической основы молочной продуктивности необходимо использовать современные методы генетического анализа, которые позволяют охватить всю геномную информацию о генетической структуре популяций.

Применение GWAS к изучению молочной продуктивности КРС привело к обнаружению множества QTLs и генов-кандидатов, связанных с разными компонентами этого признака. Например, в исследовании Cole с соавт. [41] было проведено сканирование высокой плотности с использованием 38 416 маркеров у 1755 голштинских коров, которые были фенотипированы по 14 признакам молочной продуктивности. Анализ показал, что большинство признаков обусловлены вкладом большого количества генов с аддитивным эффектом, а не моделью конечного локуса. Были обнаружены 49 QTLs, которые объясняли более 1% дисперсии признака, и 9 QTLs, которые объясняли более 5% дисперсии признака.

Самым значимым QTL был локус на 14-й хромосоме, который включает ген DGAT1, кодирующий ацил-КоА-диацилглицерол ацилтрансферазу 1, которая участвует в синтезе триглицеридов. Полиморфизм этого локуса был ассоциирован с содержанием жира, белка и лактозы в молоке, а также с удоем и массой тела.

В другом исследовании, проведенном Sahana [42], были картированы QTLs молочной продуктивности у КРС датской джерси с помощью полногеномного анализа. Выявлены 98 QTLs на 27 хромосомах, ассоциированных с содержанием жира и белка в молоке.

Информация о QTLs и генах-кандидатах, связанных с молочной продуктивностью, может быть особенно полезна для локальных пород коров, которые имеют свои особенности. Например, для КРС двойного назначения, который более адаптирован к различным условиям среды, чем специализированные породы, важно поддерживать баланс между молочными и репродуктивными свойствами, а также устойчивостью к маститу. Для таких пород, как синьцзян браун, адаптированной к региону Синьцзян на северо-западе Китая, были проведены GWAS-исследования, чтобы проанализировать генетическую архитектуру этих признаков.

Для оценки племенной ценности с помощью Illumina 150K Bovine BeadChip генотипированы 403 коровы и проанализированы их родственные связи. Были обнаружены 12 значимых SNPs, связанных с шестью из 10 изучаемых признаков, включая выработку молочного жира, удои, длительность лактации и интервал между отелами. 7 из этих SNP перекрываются с известными QTLs, а ген-кандидат CDH2, связанный с адипогенезом жировой ткани, был предложен как потенциальный фактор, влияющий на молочную продуктивность [43].

Помимо SNPs, молочная продуктивность регулируется различными эпигенетическими механизмами, которые включают, например, модификацию ДНК и ядерных белков — гистонов, а также взаимодействие ДНК и РНК. Эти механизмы играют важную роль в клеточной дифференциации, развитии эмбрионов, онкогенезе и многих сложных заболеваниях.

Однако мало что известно об эпигенетической регуляции молочной продуктивности у молочного скота. Для выявления профиля экспрессии генов молочной продуктивности провели полногеномное исследование. Были использованы 12 коров с высокой и низкой молочной продуктивностью, для которых проведены полногеномное бисульфитное секвенирование и РНК-секвенирование в сухостойный период и период лактации. Обнаружены 10 877 и 6617 областей с дифференциальным метилированием, соответствующих 3601 и 2802 дифференциально метилированным генам (DMG), за два периода между двумя группами.

Кроме того, 156 дифференциально экспрессируемых генов (DEG) перекрываются с DMG при сравнении двух групп и 131 DEG перекрывается с DMG при сравнении двух периодов. Путем интеграции данных метилома, транскриптома и GWAS были предложены потенциальные гены-кандидаты для определения признаков молочной продуктивности у молочного скота, такие как DOCK1, PTK2 и PIK3R1. Эти гены участвуют в регуляции цитоскелета, сигнальных путей и метаболизма [44].

Для идентификации генов-кандидатов, связанных с разными компонентами молочной продуктивности, такими как содержание жира, белка, лактозы и соматических клеток в молоке, а также особенностями строения тела, проведено SNP-сканирование коров голштинской породы. Были использованы 2127 коров, генотипированных с помощью Illumina BovineSNP50 BeadChip (США), и 31 фенотипический признак, измеренный в течение первой лактации.

Выявлены 175 значимых SNPs на 22 хромосомах. К основным генам и областям хромосом относятся: GNAS/BTA13, DGAT1-NIBP/BTA14, MGMT/BTA26 и PDGFRA/BTA6, связанные с процентным содержанием жира и белка в молоке; INSR/BTA7, LOC520057/BTA7, GRIA3/BTAX, LRP1B/BTA2, влияющие на уровень соматических клеток в молоке; PHKA2/BTAX и REN/BTA16 принимают участие в формировании тела.

Эти результаты подтверждают связь между разными показателями молочной продуктивности и особенностями строения тела, а также показывают, что некоторые гены могут иметь плейотропный эффект на разные признаки [45].

Другим важным признаком, связанным с молочной продуктивностью, является возраст первого отела (AFC). Для изучения генетических факторов, влияющих на AFC, было проведено GWAS у 813 114 коров голштинской породы США первой лактации, используя 75 524 SNP. Были выявлены 2063 аддитивных эффекта и 29 эффектов доминирования, распределенных по всему геному. Три хромосомы (15, 19 и 23) имели наиболее значимые аддитивные эффекты, связанные с AFC, а также с содержанием жира и белка в молоке.

В этих регионах были обнаружены гены репродуктивных гормонов SHBG и PGR, которые могут регулировать половое созревание и цикл коров. Наиболее значимые эффекты генного доминирования были обнаружены на хромосомах 5 и 6 вблизи генов, связанных с ростом. Все эффекты доминирования были положительными, то есть гетерозиготы имели преимущество перед гомозиготами.

Результаты этого исследования показали, что AFC коров голштинской породы в США определяется большим количеством SNPs, которые также влияют на признаки молочной продуктивности. Выявлено, что среди анализируемых коров некоторые несли отрицательные рецессивные генотипы, по крайней мере по одному из

семи SNP, которые сильно увеличивали AFC и снижали удои. Такие коровы рекомендуются выбраковывать из популяции, чтобы улучшить рентабельность и экономическую эффективность молочного скотоводства [46].

#### *Изучение показателей мясной продуктивности КРС с помощью GWAS*

Мясная продуктивность является одним из ключевых признаков, по которому проводится селекция мясного скота. Этот признак включает не только массу и выход туши, но и ее качество, такое как площадь ребра, толщина шпика, мраморность и цвет мяса. Он зависит от множества генетических и окружающих факторов, а также их взаимодействия.

Применение GWAS к изучению мясной продуктивности привело к обнаружению множества QTLs и генов-кандидатов, связанных с разными компонентами этого признака.

Например, в исследовании Li с соавт. [47] было проведено интегративное исследование, объединяющее 10 488 742 SNP, 31 показатель плазмы крови и фенотипы качества туши у 1180 коров мясных пород. Анализ показал, что многие показатели плазмы крови были значимо связаны с разными качествами туши, такими как масса горячей туши (HCW), площадь ребра (REA), средняя толщина шпика (AFAT), выход постного мяса (LMY) и показатель мраморности туши (CMAR).

Эти данные отражали различные биологические процессы, такие как липидный, углеводный, аминокислотный и энергетический метаболизм, которые влияли на качество туши. Было обнаружено, что некоторые SNPs были связаны как с показателями плазмы, так и с качественными характеристиками туши, что указывает на аддитивную работу генов, которые формируют тушу.

В другом исследовании, проведенном Niu [48], был применен метод совокупного коэффициента правдоподобия (CLR) и GWAS для изучения сигнатур отбора и вариантов-кандидатов, влияющих на характеристики туши у 1233 быков-производителей пьемонтской породы. Анализ показал, что были идентифицированы 11 600 выбранных геномных регионов, перекрывающихся с 2214 генами-кандидатами, и большинство из них были сцеплены.

Несколько высококонсервативных миссенс-вариантов были идентифицированы в генах OR5M13D, NCAPG и TEX2. Эти гены могут быть вовлечены в регуляцию роста, развития и метаболизма мышечной ткани. Это исследование подтвердило полигенную генетическую архитектуру признаков туши и предоставило новое понимание генетической основы сложных признаков мясного скота.

В третьем исследовании, проведенном Liu с соавт. [49], был проведен GWAS-анализ для поиска генов, участвующих в формировании формы тела коров голштинской породы в Китае. Выявлены гены CDH12, TARP, PCDH9, DTND1 и ARAP2 в качестве генов-кандидатов, которые могут влиять на крепость поясницы. Гены LOC781835, FSTL4, ATG4C, SH3BP4, DMP1 и DSPP, которые могут влиять на положение таза, и гены USP6NL, CNTN3, LOC101907665, UPF2 и ECHDC3 были выбраны в качестве генов-кандидатов, которые могут влиять на межкостную щель. Однако для более полного понимания генетической архитектуры мясной продуктивности необходимо проводить дальнейшие исследования с использованием более высокоплотных платформ генотипирования, секвенирования всего генома, а также сравнения разных пород и популяций мясного скота.

#### *Изучение показателей роста КРС с помощью GWAS*

Показатели роста КРС являются важными факторами, по которым проводится селекция мясного и молочного скота. Эти признаки включают в себя вес при рождении (BWT), вес при отъеме (WW), вес годовалых особей (YW), прирост массы тела до и после отъема (WG и PWG) и другие.

Так, в исследовании Zepeda-Batista [50] было проведено GWAS для идентификации новых QTLs, связанных с особенностями роста мексиканского КРС браунви. Выявлены 17 значимых SNPs, связанных с BWT, WW и YW, на трех хромосомах (BTA 11, BTA 22 и BTA 27). В этих регионах были выявлены четыре мажорных гена — MCM2, TPRA1, GALM и NRG1, которые участвуют в процессах, связанных с эмбриональным развитием, ростом костей и тканей, клеточной адгезией.

В работе Gutiérrez-Gil [49] проведен GWAS-анализ для выявления генетических вариантов, влияющих на ростовые признаки у мясного скота шароле. Обнаружены 18 значимых SNPs, расположенных на 13 хромосомах, которые были связаны с BWT, WW, YW, WG и PWG.

Наиболее важными генами в этих регионах были TRAF6, CDH11, KLF7, MIR181A-1 и PRCP, которые были связаны с перинатальной и постнатальной выживаемостью, клеточной адгезией, ростом костей, регуляцией адипогенеза и аппетитом.

В исследовании Snelling с соавт. [52] был проведен GWAS для изучения вариантов, влияющих на показатели роста у 150 быков-производителей семи пород: черный ангусс, шароле, гельбви, герефорд, лимузене, красный ангусс, симментальская, используя 50 тыс. SNPs. Был обнаружен 231 значимый SNP на 29 хромосомах, связанных с BWT, WW, YW, WG и PWG. Геномное расположение этих SNPs совпадало с ранее исследованными QTLs, влияющими на ростовые признаки.

К основным генам относятся: GHR/BTA20, MC4R/BTA18, PLAG1/BTA14, LCORL/BTA6, NCAPG/BTA6, FABP4/BTA14, связанные с BWT, WW и YW; CAPN1/BTA29, CAST/BTA7, CALM1/BTA26, связанные с WG и PWG. Это гены-кандидаты, которые могут быть вовлечены в регуляцию роста, развития и метаболизма мышечной и жировой ткани у КРС различных пород.

#### *Изучение болезней КРС с помощью GWAS*

Распространенные заболевания животных, такие как кетоз, мастит, молочная лихорадка, метрит, несут для производителей колоссальные финансовые потери в результате снижения продуктивности молока и мяса. Существуют сопутствующие затраты, связанные со снижением рождаемости.

Полногеномные исследования, идентифицирующие гены-кандидаты, связанные со здоровьем КРС, раскрывают понимание генетической архитектуры заболеваний. Такой формат точного картирования и анализа имеет важное экономическое значение для мясной и молочной промышленности с целью рентабельности отрасли. Изучение генов, влияющих на проявление болезней и анализ SNPs в этих генах, помогает в корректировке и улучшении здоровья КРС [48].

Двустороннее сходящееся косоглазие с экзофтальмом (BCSE) представляет собой порок развития глаз и считается легким, но прогрессирующим заболеванием, поражающим КРС в первые два года жизни.

Это наследственное заболевание редко описывается у КРС и напоминает аутосомно-доминантные наследуемые формы прогрессирующей наружной офтальмоплегии (ПЭО) человека. У немецкого КРС были обнаружены

две связанные области генома, которые могут быть ответственны за развитие и (или) прогрессирование BCSE. Целью исследования было фенотипически охарактеризовать BCSE у голштинского KPC из Германии и Швейцарии, а также идентифицировать связанные области генома с помощью GWAS.

Клинико-патологический фенотип 52 коров голштинской породы, пораженных BCSE, соответствовал фенотипу, описанному у швейцарской бурой породы, но, кроме того, были обнаружены признаки дегенерации и клеточной инфильтрации в глазных мышцах.

Данные GWAS ставят под сомнение моногенный тип наследования и указывают на более сложное наследование BCSE у голштинского скота. Анализ данных показал взаимодействие SNPs в гене *ABCC4* с маркерами в межгеномном пространстве у *NCOR2* и *DNAJC3*, которые возможно являются функциональными генами-кандидатами BCSE [50].

У KPC швейцарской бурой моногенное аутосомно-доминантное наследование BCSE оказалось наиболее вероятным при комплексном сегрегационном анализе. В исследовании Distl с соавт. [51], проводившемся с октября 1993 года по май 1995-го, были изучены в общей сложности 200 больных коров. Исследование связи между показателями молочной продуктивности и BCSE проводилось в общей сложности на 10 960 коровах. Не было обнаружено связи между показателями молочной продуктивности и возникновением BCSE у коров. Сцепление или плейотропия локуса BCSE с QTLs молочной продуктивности не доказано.

Мастит — наиболее часто встречающееся заболевание у молочного скота, негативно влияющее на благополучие животных и производство молока. GWAS выявил множество локусов, связанных с количеством соматических клеток (SCS) и маститом у KPC. Для исследования пятнистой (RS) и бурой (RB) пород коров в Румынии использовали SNP-чип *Axiom Bovine v3* (> 63 тыс.) и 33 330 записей признаков от 690 коров. Выявили 14 значимых SNPs, ассоциированных с маститом, которые расположены в 12 генах — *AKAP8*, *CLHC1*, *MEGF10*, *SATB2*, *GATA6*, *SPATA6*, *COL12A1*, *EPS8*, *LUZP2*, *RAMAC*, *IL12A* и *ANCRD55*, и 3 SNPs обнаружены в генах *ZDNHC19*, *DAPK1* и *MMP7* [52].

#### Изучение поведения KPC с помощью GWAS

Поведение — это сложный признак, поэтому понимание его генетической структуры имеет первостепенное значение для разработки эффективных стратегий селекции. Послушный темперамент KPC облегчает процесс обращения с животным и связан с качеством мяса, продуктивностью [46].

Целью исследования Araujo с соавт. было проведение полногеномного секвенирования и SNP-сканирования североамериканского ангусского скота в годовалом возрасте с использованием гаплотипов и связью с темпераментом (YT). Были использованы около 266 тыс. YT-записей и 70 тыс. животных, генотипированных с использованием панели 50 тыс. SNP.

Было обнаружено, что YT KPC является высокополигенным признаком: гены и локусы количественных признаков широко распространены по всему геному. Были построены маплеты Манхэттена для отображения процента общей аддитивной генетической дисперсии, объясняемой некластеризованными SNP и гаплотипами из блоков с различными порогами LD.

Основные выявленные гены-кандидаты, именованные *ATXN10*, *ADAM10*, *VAX2*, *ATP6V1B1*, *CRISPLD1*,

*CAPRN1*, *FA2H*, *SPEF2*, *PLXNA1* и *CACNA2D3*, участвуют в важных биологических процессах и метаболических путях, связанных с поведенческими особенностями, социальным взаимодействием и агрессивностью у KPC [52].

Молекулярные механизмы, лежащие в основе агрессивного поведения, примитивны и сходны у представителей подтипа позвоночных. Лидийская порода KPC отбиралась с XVIII века для проявления агонистических реакций на основе таких черт, как агрессивность, свирепость и бойкость, все они демонстрируют значительные показатели наследуемости. Этот интенсивный отбор, возможно, привел к сдвигам в частотах определенных аллелей.

В исследовании авторы сосредоточены на картировании недавних признаков отбора, связанного с агрессивностью в хромосоме X, путем сравнения образцов KPC с двумя неспециализированными испанскими породами, демонстрирующими «прирученное» поведение.

Наиболее значимые маркеры были выявлены вокруг гена моноаминоксидазы A (MAOA), таким образом, были дополнительно исследованы ассоциации трех функционально важных областей, расположенных вблизи промотора этого гена. Был обнаружен полиморфизм, состоящий из переменного числа tandemных повторов нуклеотида C (VTX: 105 462 494) и демонстрирующий меньшее количество повторов у лидийской породы по сравнению с прирученными испанскими породами KPC. Анализы *in silico* показали, что вариант *delsins C g.105462 494* может кодировать белок связывания Sp1, один из основных факторов транскрипции, контролирующей основной промотор и экспрессию гена MAOA [53].

#### Выводы/Conclusions

В данной статье приведены примеры анализа с помощью GWAS по изучению различных признаков воспроизводства, продуктивности, особенностей роста, поведения и болезней у KPC. GWAS является мощным инструментом для обнаружения SNPs, которые связаны с разными фенотипическими признаками, а также для идентификации генов-кандидатов, которые могут быть вовлечены в регуляцию этих признаков.

В статье освещены преимущества и ограничения GWAS, перспективы его развития и улучшения. GWAS позволяет раскрыть генетическую архитектуру сложных признаков, которые определяют продуктивность и адаптацию KPC, а также позволяет учитывать генетические взаимодействия и эпигенетические факторы, которые могут влиять на экспрессию генов и фенотипы.

Примеры успешного применения GWAS для изучения воспроизводства, молочной и мясной продуктивности, признаков роста, поведенческих особенностей и заболеваемости KPC показали, что данная информация может быть полезна для геномной селекции и повышения рентабельности отрасли скотоводства. Обозначены некоторые проблемы и вызовы, с которыми сталкивается GWAS, такие как множественное тестирование, контроль за ложными отклонениями, генетическая гетерогенность и плейотропия.

В заключение можно сказать, что GWAS является эффективным и перспективным методом для изучения генетической основы экономически значимых признаков KPC, который позволит улучшить продуктивность и адаптацию к условиям содержания и кормления.

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

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

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда № 21-76-10042.

## FUNDING

The work was carried out within the framework of the Russian Science Foundation Project No. 21-76-10042.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Mottet A., de Haan C., Falcucci A., Tempio G., Opio C., Gerber P. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*. 2017; 14: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- White R.R., Hall M.B. Nutritional and greenhouse gas impacts of removing animals from US agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017; 114(48): E10301–E10308. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707322114>
- Bögeholz A. et al. GWAS Hits for Bilateral Convergent Strabismus with Exophthalmos in Holstein Cattle Using Imputed Sequence Level Genotypes. *Genes*. 2021; 12(7): 1039. <https://doi.org/10.3390/genes12071039>
- Araujo A.C. et al. Haplotype-Based Single-Step GWAS for Yearling Temperament in American Angus Cattle. *Genes*. 2022; 13(1): 17. <https://doi.org/10.3390/genes13010017>
- Freebern E. et al. GWAS and fine-mapping of livability and six disease traits in Holstein cattle. *BMC Genomics*. 2020; 21: 41. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-6461-z>
- Abdellaoui A., Yengo L., Verweij K.J.H., Visscher P.M. 15 years of GWAS discovery: Realizing the promise. *The American Journal of Human Genetics*. 2023; 110(2): 179–194. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2022.12.011>
- Wiggins G.R. et al. Selection of single-nucleotide polymorphisms and quality of genotypes used in genomic evaluation of dairy cattle in the United States and Canada. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(7): 3431–3436. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1758>
- Wiggins G.R. et al. Selection and management of DNA markers for use in genomic evaluation. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(5): 2287–2292. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2773>
- Van Tassel C.P. et al. SNP discovery and allele frequency estimation by deep sequencing of reduced representation libraries. *Nature Methods*. 2008; 5(3): 247–252. <https://doi.org/10.1038/nmeth.1185>
- Matukumalli L.K. et al. Development and Characterization of a High Density SNP Genotyping Assay for Cattle. *PLoS ONE*. 2009; 4(4): e3530. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005350>
- Reis H.B.D. et al. Genome-Wide Association (GWAS) Applied to Carcass and Meat Traits of Nellore Cattle. *Metabolites*. 2023; 14(1): 6. <https://doi.org/10.3390/metabo14010006>
- Fan H. et al. Pathway-Based Genome-Wide Association Studies for Two Meat Production Traits in Simmental Cattle. *Scientific Reports*. 2016; 5: 18389. <https://doi.org/10.1038/srep18389>
- Jiang L. et al. Genome Wide Association Studies for Milk Production Traits in Chinese Holstein Population. *PLoS ONE*. 2010; 5(10): e13661. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013661>
- Stegemiller M.R. et al. Genome-Wide Association Analyses of Fertility Traits in Beef Heifers. *Genes*. 2021; 12(2): 217. <https://doi.org/10.3390/genes12020217>
- Melo T.P.d., de Camargo G.M.F., de Albuquerque L.G., Carvalho R. Genome-wide association study provides strong evidence of genes affecting the reproductive performance of Nellore beef cows. *PLoS ONE*. 2017; 12(5): e0178551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178551>
- Zhuang Z. et al. Weighted Single-Step Genome-Wide Association Study for Growth Traits in Chinese Simmental Beef Cattle. *Genes*. 2020; 11(2): 189. <https://doi.org/10.3390/genes11020189>
- Ma L., Cole J.B., Da Y., Van Raden P.M. *Symposium review: Genetics, genome-wide association study, and genetic improvement of dairy fertility traits. Journal of Dairy Science*. 2019; 102(4): 3735–3743. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15269>
- Teissier M. et al. Use of meta-analyses and joint analyses to select variants in whole genome sequences for genomic evaluation: An application in milk production of French dairy cattle breeds. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(4): 3126–3139. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13587>
- Kim H.J., de las Heras-Saldana S., Moghaddar N., Lee S.-H., Lim D., van der Werf J.H.J. Genome-wide association study for carcass traits in Hanwoo cattle using additional relatives' information of non-genotyped animals. *Animal Genetics*. 2022; 53(6): 863–866. <https://doi.org/10.1111/age.13251>
- Raven L.-A., Cocks B.G., Hayes B.J. Multibreed genome wide association can improve precision of mapping causative variants underlying milk production in dairy cattle. *BMC Genomics*. 2014; 15: 62. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-62>
- Cai Z., Christensen O.F., Lund M.S., Ostensen T., Sahana G. Large-scale association study on daily weight gain in pigs reveals overlap of genetic factors for growth in humans. *BMC Genomics*. 2022; 23: 133. <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08373-3>
- Abanda B. et al. Genetic Analyses and Genome-Wide Association Studies on Pathogen Resistance of *Bos taurus* and *Bos indicus* Cattle Breeds in Cameroon. *Genes*. 2021; 12(7): 976. <https://doi.org/10.3390/genes12070976>
- Dobson H., Smith R.F., Royal M.D., Knight C.H., Sheldon I.M. The High-producing Dairy Cow and its Reproductive Performance. *Reproduction in Domestic Animals*. 2007; 42(S2): 17–23. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00906.x>
- Liu A. et al. Variance components and correlations of female fertility traits in Chinese Holstein population. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017; 8: 56. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0189-x>
- Rojas Canadas E. et al. Associations between postpartum phenotypes, cow factors, genetic traits, and reproductive performance in seasonal-calving, pasture-based lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(1): 1016–1030. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16001>
- Struck T.J., Mannakee B.K., Gutenkunst R.N. The impact of genome-wide association studies on biomedical research publications. *Human Genomics*. 2018; 12: 38. <https://doi.org/10.1186/s40246-018-0172-4>
- Visscher P.M. et al. 10 Years of GWAS Discovery: Biology, Function, and Translation. *The American Journal of Human Genetics*. 2017; 101(1): 5–22. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2017.06.005>
- Liu A. et al. Genome-Wide Association Studies for Female Fertility Traits in Chinese and Nordic Holsteins. *Scientific Reports*. 2017; 7: 8487. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09170-9>
- Clapham D.E. Calcium Signaling. *Cell*. 2007; 131(6): 1047–1058. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.11.028>
- Parekh A.B. Decoding cytosolic Ca<sup>2+</sup> oscillations. *Trends in Biochemical Sciences*. 2011; 36(2): 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2010.07.013>
- Zhou L., Ding X., Zhang Q., Wang Y., Lund M.S., Su G. Consistency of linkage disequilibrium between Chinese and Nordic Holsteins and genomic prediction for Chinese Holsteins using a joint reference population. *Genetics Selection Evolution*. 2013; 45: 7. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-45-7>
- Pausch H. et al. Genome-Wide Association Study Identifies Two Major Loci Affecting Calving Ease and Growth-Related Traits in Cattle. *Genetics*. 2011; 187(1): 289–297. <https://doi.org/10.1534/genetics.110.124057>
- Schulman N.F. et al. Mapping of fertility traits in Finnish Ayrshire by genome-wide association analysis. *Animal Genetics*. 2011; 42(3): 263–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02149.x>
- Höglund J.K., Guldbrandtsen B., Lund M.S., Sahana G. Identification of genomic regions associated with female fertility in Danish Jersey using whole genome sequence data. *BMC Genomics*. 2015; 16: 60. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0210-3>
- Minozzi G. et al. Genome Wide Analysis of Fertility and Production Traits in Italian Holstein Cattle. *PLoS ONE*. 2013; 8(11): e80219. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080219>
- Müller M.-P. et al. Genome-wide mapping of 10 calving and fertility traits in Holstein dairy cattle with special regard to chromosome 18. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(3): 1987–2006. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11506>
- Pausch H., Emmerling R., Schwarzenbacher H., Fries R. A multi-trait meta-analysis with imputed sequence variants reveals twelve QTL for mammary gland morphology in Fleckvieh cattle. *Genetics Selection Evolution*. 2016; 48: 14. <https://doi.org/10.1186/s12711-016-0190-4>
- Sahana G., Höglund J.K., Guldbrandtsen B., Lund M.S. Loci associated with adult stature also affect calf birth survival in cattle. *BMC Genomics*. 2015; 16: 47. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0202-3>
- Cole J.B. et al. Distribution and location of genetic effects for dairy traits. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(6): 2931–2946. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1762>
- Sahana G., Guldbrandtsen B., Bendixen C., Lund M.S. Genome-wide association mapping for female fertility traits in Danish and Swedish Holstein cattle. *Animal Genetics*. 2010; 41(6): 579–588. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02064.x>
- Zhou J. et al. Genome-wide association study of milk and reproductive traits in dual-purpose Xinjiang Brown cattle. *BMC Genomics*. 2019; 20: 827. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6224-x>
- Dong W. et al. Integrative analysis of genome-wide DNA methylation and gene expression profiles reveals important epigenetic genes related to milk production traits in dairy cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2021; 138(5): 562–573. <https://doi.org/10.1111/jbg.12530>
- Cole J.B. et al. Genome-wide association analysis of thirty one production, health, reproduction and body conformation traits in contemporary U.S. Holstein cows. *BMC Genomics*. 2011; 12: 408. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-12-408>
- Prakapenka D., Liang Z., Da Y. Genome-Wide Association Study of Age at First Calving in U.S. Holstein Cows. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(8): 7109. <https://doi.org/10.3390/ijms24087109>

45. Li J., Wang Y., Mukibi R., Karisa B., Plastow G.S., Li C. Integrative analyses of genomic and metabolomic data reveal genetic mechanisms associated with carcass merit traits in beef cattle. *Scientific Reports*. 2022; 12: 3389. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06567-z>

46. Niu Q. *et al.* Integration of selection signatures and multi-trait GWAS reveals polygenic genetic architecture of carcass traits in beef cattle. *Genomics*. 2021; 113(5): 3325–3336. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.07.025>

47. Liu J., Xu L., Ding X., Ma Y. Genome-Wide Association Analysis of Reproductive Traits in Chinese Holstein Cattle. *Genes*. 2024; 15(1): 12. <https://doi.org/10.3390/genes15010012>

48. Zepeda-Batista J.L., Núñez-Domínguez R., Ramírez-Valverde R., Jahuey-Martínez F.J., Herrera-Ojeda J.B., Parra-Bracamonte G.M. Discovering of Genomic Variations Associated to Growth Traits by GWAS in Braunvieh Cattle. *Genes*. 2021; 12(11): 1666. <https://doi.org/10.3390/genes12111666>

49. Jahuey-Martínez F.J. *et al.* Genomewide association analysis of growth traits in Charolais beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2016; 94(11): 4570–4582. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0359>

50. Snelling W.M. *et al.* Genome-wide association study of growth in crossbred beef cattle. *Journal of Animal Science*. 2010; 88(3): 837–848. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2257>

51. Distl O., Gerst M. Association Analysis between Bilateral Convergent Strabismus with Exophthalmus and Milk Production Traits in Dairy Cattle. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 2000; 47(1): 31–36. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2000.00259.x>

52. Ilie D.E. *et al.* Genome-Wide Association Studies for Milk Somatic Cell Score in Romanian Dairy Cattle. *Genes*. 2021; 12(10): 1495. <https://doi.org/10.3390/genes12101495>

53. Eusebi P.G., Sevane N., Cortés O., Contreras E., Cañon J., Dunner S. Aggressive behavior in cattle is associated with a polymorphism in the MAOA gene promoter. *Animal Genetics*. 2020; 51(1): 14–21. <https://doi.org/10.1111/age.12867>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Татьяна Александровна Ларкина

кандидат биологических наук, младший научный сотрудник  
tanya.larkina2015@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>

##### Геннадий Владимирович Ширяев

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
gs-2027@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московское шоссе, 55А, Санкт-Петербург, Пушкин, 196601, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Tatyana Aleksandrovna Larkina

Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher  
tanya.larkina2015@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>

##### Gennady Vladimirovich Shiryayev

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher  
gs-2027@yandex.ru

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moskovskoe highway, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

А.А. Курочкин ✉

Т.И. Кузьмина

О.И. Станишевская

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Санкт-Петербург, Россия

✉ kurochkin.anton.66@gmail.com

Поступила в редакцию:  
29.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

## Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-132-138

Anton A. Kurochkin ✉

Tatiana I. Kuzmina

Olga I. Stanishevskaya

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia

✉ kurochkin.anton.66@gmail.com

Received by the editorial office:  
29.04.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

## Влияние внутриклеточного пероксида водорода на качественные показатели спермы петухов в цикле замораживания/оттаивания

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Одним из факторов снижения общей подвижности после криоконсервации спермы петухов является влияние повышенной концентрации активных форм кислорода. Морфологические и биохимические особенности строения сперматозоидов птиц, делающие их более восприимчивыми к процессу криоконсервации по сравнению со сперматозоидами млекопитающих, могут также являться причиной, по которой сперма птиц больше подвержена влиянию оксидативного стресса.

**Методы.** Цели исследования — проследить изменение уровня внутриклеточных активных форм кислорода, в частности пероксида водорода ( $H_2O_2$ ), в процессе криоконсервации спермы петухов, оценить его влияние на качественные показатели и жизнеспособность сперматозоидов.

**Результаты.** Выявлена отрицательная корреляция ( $r = -0,68$ ,  $p < 0,05$ ) между внутриклеточным уровнем пероксида водорода и количеством мертвых клеток в нативной сперме. В замороженном (оттаянном) семени между данными показателями наблюдалась слабая взаимосвязь ( $r = -0,10$ ). Наблюдалось достоверное влияние уровня внутриклеточного пероксида водорода в свежеполученных эякулятах на общую подвижность замороженного (оттаянного) семени ( $r = -0,65$ ,  $p < 0,05$ ). Это позволяет сделать предположение, что аналогично со сперматозоидами млекопитающих продуцирование клетками повышенного количества активных форм кислорода ( $H_2O_2$ ) в цикле замораживания (оттаивания) негативно сказывается на функциональном статусе митохондрий, которые, как известно, являются основным источником энергии для сперматозоида, обеспечивающей работу кинетического аппарата сперматозоида и его общей подвижности. Были получены данные по индивидуальной изменчивости содержания пероксида водорода в сперматозоидах петухов в возрасте 61 недели в цикле замораживания (оттаивания), позволяющие вести отбор петухов по этому показателю.

**Ключевые слова:** петухи, криоконсервация, активные формы кислорода, пероксид водорода

**Для цитирования:** Курочкин А.А., Кузьмина Т.И., Станишевская О.И. Влияние внутриклеточного пероксида водорода на качественные показатели спермы петухов в цикле замораживания/оттаивания. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 132–138.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-132-138>

© Курочкин А.А., Кузьмина Т.И., Станишевская О.И.

## Intracellular hydrogen peroxide's effect on quality parameters of rooster sperm in freeze/thaw cycle

### ABSTRACT

**Relevance.** One of the factors decreasing total motility after cryopreservation rooster's sperm is influence of reactive oxygen species. Morphological and biochemical features of avian spermatozoa structure, which make them more susceptible to cryopreservation process compared to mammalian spermatozoa, may also be the reason why avian spermatozoa are more susceptible to oxidative stress.

**Methods.** The purpose of the study is to trace the change in the level of intracellular reactive oxygen species, in particular hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ), during the cryopreservation of rooster sperm, to assess its effect on the quality and viability of sperm.

**Results.** A negative correlation ( $r = -0.68$ ,  $p < 0.05$ ) was found between the intracellular level of hydrogen peroxide and the number of dead cells in native sperm. In the frozen (thawed) seed, a weak relationship was observed between these indicators ( $r = -0.10$ ). There was a significant effect of the level of intracellular hydrogen peroxide in freshly obtained ejaculates on the overall mobility of frozen (thawed) semen ( $r = -0.65$ ,  $p < 0.05$ ). This allows us to assume that, similarly to mammalian spermatozoa, the production by cells of an increased amount of reactive oxygen species ( $H_2O_2$ ) in the freezing (thawing) cycle negatively affects the functional status of mitochondria, which, as is known, are the main source of energy for the sperm, ensuring the operation of the kinetic apparatus of the sperm and its general mobility. Data were obtained on the individual variability of the hydrogen peroxide content in the sperm of roosters at the age of 61 weeks in the freezing (thawing) cycle, allowing the selection of roosters according to this indicator.

**Key words:** roosters, cryopreservation, reactive oxygen species, hydrogen peroxide

**For citation:** Kurochkin A.A., Kuzmina T.I., Stanishevskaya O.I. Intracellular hydrogen peroxide's effect on quality parameters of rooster sperm in freeze/thaw cycle. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 132–138 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-132-138>

© Kurochkin A.A., Kuzmina T.I., Stanishevskaya O.I.

## Введение/Introduction

Для сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц *in vitro* разработаны методики хранения спермы петухов и примордиальных зародышевых клеток в условиях сверхнизких температур. На данный момент самым распространенным методом является криоконсервация спермы [1].

Исследования в области замораживания сперматозоидов птиц в условиях сверхнизких температур начались более 70 лет назад [2], и за это время были разработаны и опробованы протоколы криоконсервации, отличающиеся скоростью фазового перехода семени от жидкого состояния к твердому, использованы криопротекторы проникающего и непроникающего типа действия, опробованы разбавители, отличающиеся компонентным составом [3–6].

На данный момент криоконсервация спермы петухов — единственный неинвазивный и наименее дорогой в реализации метод *in vitro*, доступный на сегодняшний день, позволяющий сохранять редкие генотипы птиц [7, 8].

Несмотря на многолетние исследования по разработке и модернизации протоколов криоконсервации спермы петухов, до сих пор не существует стандартизированной методики, обеспечивающей стабильные и высокие показатели фертильности [9, 10].

Основной проблемой криоконсервации спермы птиц по-прежнему остается низкая общая подвижность замороженных (оттаянных) сперматозоидов в сравнении с другими сельскохозяйственными животными [11].

Одной из причин снижения общей подвижности после криоконсервации спермы петухов может быть влияние повышенной концентрации образующихся активных форм кислорода. Известно, что супероксидный анион — радикал  $O_2^-$  — и пероксид водорода  $H_2O_2$  являются наиболее распространенными активными формами кислорода (АФК). В малых концентрациях они способствуют капацитации сперматозоидов [12, 13], гиперактивации и целостности акросом [14], в то время как высокие концентрации АФК увеличивают степень фрагментации ДНК [15, 16] и снижают общую подвижность сперматозоидов, что было показано в исследованиях, проведенных на семени человека, лошади и свиньи [17–20].

Морфологические и биохимические особенности строения сперматозоидов птиц, делающие их более восприимчивыми к процессу криоконсервации по сравнению со сперматозоидами млекопитающих [21], могут также являться причиной, по которой сперма птиц больше подвержена влиянию оксидативного стресса.

Согласно ряду исследований, липидный состав плазматической мембраны сперматозоидов имеет существенные отличия от состава мембран соматических клеток и содержит высокие концентрации эфирных липидов и стеролов [22, 23]. В отличие от сперматозоидов млекопитающих, в сперматозоидах птиц мало цитоплазматических антиоксидантов, а мембраны богаты полиненасыщенными жирными кислотами [24–26].

Данная особенность строения плазматической мембраны спермиев делает сперму птиц восприимчивой к свободнорадикальному окислению липидов [27], результатом процесса перекисного окисления липидов являются снижение текучести мембран, облегчение перехода молекул фосфолипидов из одного монослоя

мембран в другой, увеличение проницаемости мембран для различных субстанций ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  и т. д.), ковалентная модификация и изменение функциональной активности мембранных протеинов, рецепторов, энзимов и ионных каналов. Некоторые из продуктов перекисного окисления полиненасыщенных жирных кислот оказывают выраженное цитотоксическое действие<sup>1</sup>.

Антиоксидантная способность сперматозоидов низка, но ферментативные и неферментативные антиоксиданты семенной плазмы защищают сперму от окислительного стресса, нивелируя влияние свободных радикалов [28, 29]. Однако, когда концентрация АФК превышает возможности антиоксидантных систем клеток, свободные радикалы повреждают макромолекулы, такие как ДНК, белки и липиды, могут влиять на образование митохондриальной АТФ [30], что в конечном итоге приводит к снижению фертильности спермы [31, 32].

Сигналом для запуска данного типа реакции может служить некоторое изменение внутриклеточной среды, приводящее к смещению равновесия концентраций прооксидантных и антиоксидантных компонентов с последующей активацией процессов окисления. Одним из таких факторов является процесс криоконсервации. Цикл замораживания (оттаивания) напрямую влияет на выработку АФК [33].

**Цели исследования** — проследить изменение уровня внутриклеточных АФК, в частности пероксида водорода ( $H_2O_2$ ), в процессе криоконсервации спермы петухов, оценить его влияние на качественные показатели спермы петухов и жизнеспособность сперматозоидов.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводилось на базе ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур», ВНИИГРЖ в 2022 году. Объектом исследования служили петухи (*Gallus gallus domesticus*), ( $\delta n = 10$ ) мясо-яичной породы царскосельская (селекция ВНИИГРЖ) в возрасте 61–63 недель.

Экспериментальное поголовье содержалось в одинаковых условиях, все особи находились в индивидуальных клетках. Кормление, поение и световой режим — в соответствии с возрастными нормами<sup>2</sup>, принятыми в ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур», ВНИИГРЖ. Сперму собирали методом абдоминального массажа (Burrows and Quinn) [34] в пенициллиновые флаконы объемом 10 мл дважды в неделю в течение двух недель. К свежеполученным эякулятам добавляли разбавитель ЛКС-1<sup>3</sup> в соотношении 1:1 с целью дальнейшей криоконсервации.

Оценку качественных показателей спермы проводили для нативных эякулятов и криоконсервированного семени в лабораторных условиях с помощью программного обеспечения CASA (Computer-Assisted Semen Analysis; программное обеспечение Аргус-CASA, ООО «АргусСофт», Россия; микроскоп Motic® BA310E, Motic Instruments Inc., Канада).

Индивидуальные эякуляты разбавляли двухкомпонентным разбавителем<sup>4</sup> ВНИИГРЖ до соотношения 1:100 и помещали 10 мкл семени в камеру Маклера. Каждый эякулят был оценен по таким показателям, как общая подвижность, объем эякулята и концентрация сперматозоидов в двух повторностях. Концентрация

<sup>1</sup> Биохимия оксидативного стресса: Учебно-методическое пособие / Под ред. проф. А.В. Шестопалова. 2018.

<sup>2</sup> СОП-8. Содержание взрослого поголовья.

<sup>3</sup> Ленинградская криозащитная среда, разработка ВНИИГРЖ (авторское свидетельство № 1130339).

<sup>4</sup> Разработка ВНИИГРЖ. Санкт-Петербург. Патент № 2482816. 2013.

сперматозоидов определялась с помощью спектрофотометра Accuread Photometer (IMV Technologies, UK).

Эквилибрация разбавленного семени происходила в условиях  $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 40 мин. В качестве криопротектора использовали N, N-диметилацетамид (DMA) производства Sigma (Aldrich, США). Добавление DMA осуществлялось после эквилибрации эякулятов в количестве, соответствующем конечной концентрации — 6%. После внесения DMA образцы снова помещали в холодильную камеру на 1 мин. для уравнивания температуры.

Криоконсервация производилась в гранулах<sup>5</sup> по методике, разработанной Л.Е. Нарубиной, А.Д. Курбатова и др.

Семя набирали в капиллярную пипетку и накапывали в жидкий азот с расстояния 7,5 см от поверхности ( $-41,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Контроль положения пипетки осуществлялся с помощью термопары (Temperature measuring instrument THERM 2420, Ahlborn, Германия). Скорость раскапывания составляла ~1,4 гранулы в секунду. Размораживание гранул производили на нагретой металлической пластине<sup>6</sup> ( $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Анализ образцов спермы петухов проводили с использованием проточного цитометра Cytotflex (Beckman Coulter Inc., США). Для каждого образца исследовали не менее 2000 событий при скорости потока 50 клеток/сек. Популяцию сперматозоидов отбирали с помощью бокового светорассеяния (SSC-A) и малоуглового светорассеяния (FSC-A) для исключения посторонних клеток и конгломератов сперматозоидов.

Зеленую флуоресценцию регистрировали с помощью полосового фильтра FITC длиной волны 525/40 нм, красную флуоресценцию — с помощью полосового фильтра PE длиной волны 585/42 нм.

Для анализа данных, полученных на проточном цитофлуориметре, использовали программное обеспечение CytExpert, Version 2.4.0.28 (Beckman Coulter Inc., США).

Соотношение клеток, содержащих повышенный уровень внутриклеточного пероксида водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), анализировали методом проточной цитометрии. Для детектирования данного соединения использовали флуорохром — 2,7-дихлорфлуоресцеина диацетат (DCFH-DA) производства Sigma (Aldrich, США). Этот краситель при связывании с  $\text{H}_2\text{O}_2$  и возбуждении соединения длиной волны 492–495 нм испускает флуоресценцию зеленого цвета.

Образцы семени были разбавлены до концентрации  $30 \times 10^6$  сперматозоидов на 1 мл. Суспензию клеток дважды промывали двухкомпонентным разбавителем для спермы петухов ВНИИГРЖ (патент № 2482816, 2013 г.) при 1200 об/мин в течение 7 мин. После к образцам спермы добавляли 20 мкл DCFH-DA (конечная концентрация — 5 мкМ/мл) и помещали в термостат на 30 мин. ( $t = 39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Спустя 30 мин. производилась двойная отмывка образцов от остатков флуорохрома (1200 об/мин в течение 7 мин.) (рис. 2) [35].

При оценке уровня флуоресценции на проточном цитофлуориметре выделяли две популяции клеток — с высоким содержанием  $\text{H}_2\text{O}_2$  и с низким содержанием  $\text{H}_2\text{O}_2$  (рис. 2). Часть суспензии клеток, предназначенной для исследования на проточном цитофлуориметре, использовали для приготовления цитологических препаратов. Цель данной манипуляции — визуализация

корректности работы флуорохрома на сперматозоидах петухов.

Использовался микроскоп с флуоресценцией Axio Imager A1, увеличение —  $\times 1000$  (Carl Zeiss Microscopy, Germany).

Вышеописанный протокол детекции внутриклеточного  $\text{H}_2\text{O}_2$  использовался как для образцов свежеполученных эякулятов, так и для образцов замороженного (оттаянного) семени.

Популяции живых и мертвых клеток определяли методом проточной цитометрии с использованием флуорохрома — пропидия йодид (PI) — производства Sigma (Aldrich, США). PI не проникает в живые и апоптотические клетки, но окрашивает мертвые клетки, связываясь с нуклеиновыми кислотами. Максимум возбуждения данного флуорохрома наблюдается при длине волны 535 нм.

Образцы спермы были разбавлены до концентрации  $30 \times 10^6$  сперматозоидов на 1 мл. Суспензию клеток дважды промывали двухкомпонентным разбавителем для спермы петухов ВНИИГРЖ<sup>7</sup> при 1200 об/мин в течение 7 мин. После к образцам спермы добавляли 2 мкл PI (конечная концентрация — 5 мкг/мл) (рис. 1) [36].

Вышеописанный протокол окраски красителем PI использовался как для образцов свежеполученных эякулятов, так и для образцов замороженного (оттаянного) семени.

Статистический анализ данных включал в себя расчет средних значений, стандартной ошибки средней и коэффициента изменчивости. Оценку значимости различий между массивами данных проводили при помощи  $t$ -критерия Стьюдента.

Для определения взаимосвязи между массивами данных рассчитывался ранговый коэффициент Спирмена. Различия считались достоверными при уровне 95% ( $p < 0,05$ ). Анализ осуществляли с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2013 (США).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Общая подвижность сперматозоидов в свежеполученных эякулятах петухов ( $\delta^n = 10$ ) находилась в пределах от 85 до 90%. Объем эякулята в среднем составил  $0,65 \pm 0,05$  мл, средняя концентрация сперматозоидов —  $3,566 \pm 0,305$  млрд/мл (табл. 1).

Подвижность замороженного (оттаянного) семени находилась в пределах от 22,50 до 52,50%. Качественные показатели нативных эякулятов имели минимальные отличия и находились на высоком уровне, отвечая требованиям нормативных документов<sup>8</sup>.

Анализ показателей жизнеспособности сперматозоидов в индивидуальных эякулятах, оцененной с использованием флуорохрома PI, показал незначительные различия между особями в нативной сперме — от 15,24 до 20,84% мертвых клеток, в замороженном (оттаянном) семени различия были более выраженными и находились в пределах от 26,85 до 39,87% мертвых клеток от общей популяции. Среднее увеличение доли мертвых клеток в образцах семени после криоконсервации — 13,49%.

Точечные графики, построенные из данных, полученных на проточном цитофлуориметре Cytotflex (Beckman Coulter, Inc.), отображают данные различия на примере индивидуальных эякулятов (табл. 2, рис. 1).

<sup>5</sup> Нарубина Л.Е., Курбатов А.Д., Бубляева Г.Б., Целютин К.В. Способ криоконсервации спермы петухов в виде гранул. АС № 1343587, СССР. 1987.

<sup>6</sup> Разработка ВНИИГРЖ. Санкт-Петербург. 1989.

<sup>7</sup> Разработка ВНИИГРЖ. Санкт-Петербург. Патент РФ № 2482816. Среда для разбавления спермы сельскохозяйственных птиц. 2013.

<sup>8</sup> ГОСТ 27267-2017 Средства воспроизводства. Сперма петухов и индюков неразбавленная свежеполученная. Технические условия.

Таблица 1. Качественные показатели нативной спермы и замороженного (оттаянного) семени петухов породы царскосельская ( $\delta n = 10, M \pm SEM, CV$ )

Table 1. Qualitative indicators of native sperm and frozen (thawed) semen of Tsarskoye Selo breed roosters ( $\delta n = 10, M \pm SEM, CV$ )

№ петуха	Объем эякулята, мл	Общая подвижность нативной спермы, %	Концентрация спермы, млрд/мл	Общая подвижность з/о семени, %
1	0,55±0,05	87,50±2,50	3,055±0,402	30,00±0
2	0,65±0,25	85,00±0	2,667±0,070	45,00±5,00
3	0,75±0,05	87,50±2,50	3,145±0,155	42,50±2,50
4	0,55±0,05	87,50±2,50	4,945±0,048	42,50±2,50
5	0,75±0,05	90,0±0	5,270±0,453	35,00±5,00
6	0,90±0,10	87,50±2,50	2,522±0,138	42,50±2,50
7	0,50±0,10	87,50±2,50	4,060±0,753	47,50±2,50
8	0,80±0,10	90,0±0	4,073±0,573	52,50±2,50
9	0,35±0,05	85,00±0	3,030±0,367	22,50±2,50
10	0,65±0,15	87,50±2,50	2,893±0,663	27,50±7,50
Среднее значение	0,65±0,05	87,50±0,50	3,566±0,305	38,80±3,00
CV, %	25,17	1,90	27,07	24,75

Стоит отметить, что полученные данные согласуются с опытами зарубежных исследователей, которые использовали двойную окраску SYBR-14/PI и готовые коммерческие киты для определения апоптоза (Annexin V-FITC Apoptosis Detection Kit (APOAF-50TST, Sigma, St. Louis, MO, USA) [31, 36, 37], что говорит о возможности более простой оценки жизнеспособности сперматозоидов петухов посредством использования одного флуорохрома — PI.

Анализ содержания внутриклеточного пероксида водорода в индивидуальных эякулятах показал, что в нативной сперме средний процент клеток с высоким содержанием  $H_2O_2$  составлял от 38,77 до 71,71%, в замороженной (оттаянной) сперме диапазон значений был меньше и составил от 62,13 до 81,09% (табл. 2, рис. 2).

Популяция клеток с высоким содержанием внутриклеточного пероксида водорода в нативных эякулятах в среднем составила 55,25%, в замороженном (оттаянном) семени доля клеток увеличилась и составила уже 71,34%.

Стоит отметить, что достоверной прямолинейной взаимосвязи между содержанием внутриклеточного  $H_2O_2$  и жизнеспособностью сперматозоидов, как в

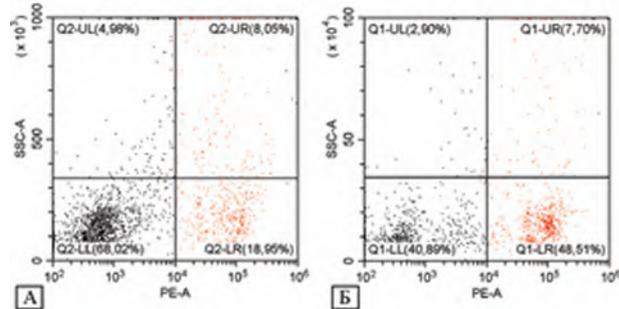
Таблица 2. Изменение содержания внутриклеточного пероксида водорода и доли мертвых клеток в цикле замораживания (оттаивания) ( $\delta n = 10, M \pm SEM, CV$ )

Table 2. Changes in the content of intracellular hydrogen peroxide and the proportion of dead cells in the freezing (thawing) cycle ( $\delta n = 10, M \pm SEM, CV$ )

№ петуха	Нативная сперма		Замороженное (оттаянное) семя	
	доля клеток с высоким содержанием внутриклеточного $H_2O_2$ , %	доля мертвых клеток, %	доля клеток с высоким содержанием внутриклеточного $H_2O_2$ , %	доля мертвых клеток, %
1	71,71	15,37	67,26	26,85
2	50,91	18,67	63,56	39,87
3	60,44	16,51	62,13	28,05
4	62,61	12,27	81,09	32,65
5	65,63	15,24	77,93	32,07
6	46,61	19,70	67,91	26,99
7	49,56	19,45	77,43	27,10
8	38,77	19,83	63,68	30,87
9	57,71	20,84	75,53	28,11
10	48,57	17,33	70,29	37,54
Среднее значение	55,25	17,52	71,34	31,01
CV, %	18,18	15,29	8,73	14,85

рис. 1. Соотношение живых и мертвых сперматозоидов, индивидуальный эякулят. Точечные графики по боковому светорассеиванию (side scatter, SSC-A) и интенсивности красной флуоресценции (PE-A): А — нативная сперма, Б — замороженное (оттаянное) семя. Левые нижние квадранты (Q2-LL, Q1-LL) — живые клетки, правые нижние квадранты (Q2-LR, Q2-LL) — мертвые

Fig. 1. The ratio of live and dead sperm, individual ejaculate. Dot graphs for lateral light scattering (side scatter, SSC-A) and red fluorescence intensity (PE-A): A — native sperm, B — frozen (thawed) seed. The lower left quadrants (Q2-LL, Q1-LL) are living cells, the lower right quadrants (Q2-LR, Q2-LL) are dead



нативной сперме, так и в замороженном (оттаянном) семени, не было выявлено (рис. 2).

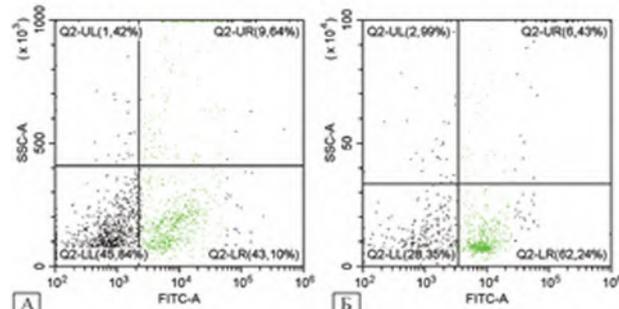
Коэффициент корреляции между уровнем внутриклеточного  $H_2O_2$  в нативной сперме и общей подвижностью замороженного (оттаянного) семени составил -0.65 ( $p < 0,05$ ).

Установлено, что в случае нарушения перекисного гомеостаза именно митохондриальная ДНК (мтДНК) подвергается окислительному воздействию АФК в большей степени, чем ядерная, ввиду топологической близости к источникам генерации АФК и не обладает защитой, которую обеспечивают белки гистоны.

В ходе взаимодействия  $H_2O_2$ , продуцируемой в дыхательной цепи с ионами  $Fe_2^+$  и  $Cu_2^+$  (локализованными в митохондриальных мембранах), образуется гидроксид-радикал, ответственный за повреждения мтДНК [38–40]. Несмотря на то что в данном исследовании не оценивался функциональный статус митохондрий, при исследовании цитологических препаратов замороженных (оттаянных) сперматозоидов петухов, окрашенных DCFH-DA, наблюдалась флуоресценция, которая исходила из средней части сперматозоида — области, где расположены митохондрии, которые являются основным источником АФК в сперматозоидах (рис. 3).

рис. 2. Содержание пероксида водорода в сперматозоидах, индивидуальный эякулят. Точечные графики по боковому светорассеиванию (side scatter, SSC-A) и интенсивности зеленой флуоресценции (FITC-A): А — нативная сперма, Б — замороженное (оттаянное) семя. Левые нижние квадранты (Q2-LL) — клетки с низким содержанием  $H_2O_2$ , правые нижние (Q2-LR) — клетки с высоким содержанием  $H_2O_2$

Fig. 2. The content of hydrogen peroxide in spermatozoa, individual ejaculate. Dot graphs for lateral light scattering (side scatter, SSC-A) and green fluorescence intensity (FITC-A): A — native sperm, B — frozen (thawed) seed. The lower left quadrants (Q2-LL) are cells with a low content of  $H_2O_2$ , the lower right (Q2-LR) are cells with a high content of  $H_2O_2$



Согласно литературным данным, криоконсервация способна привести к нарушению или даже полному прерыванию митохондриальной дыхательной цепи. Это прерывание провоцирует восстановление кислорода с образованием вместо молекул воды промежуточных молекул, таких как анион супероксида, гидроксильный радикал и пероксид водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) [41].

Полученные данные частично согласуются с исследованиями других авторов. Так, при исследовании ингибирующего действия АФК на различные показатели спермы млекопитающих (человека, быка, хряка и жеребца) были получены данные, свидетельствующие о том, что действие пероксида водорода не находится в прямой зависимости от видимых повреждений акросомы, нарушений структуры ДНК, целостности плазматической мембраны и функционального статуса митохондрий [17–20, 42]. Достоверно показано только ингибирующее действие пероксида водорода на показатели общей подвижности сперматозоидов и фертильности после цикла замораживания (оттаивания) [32, 33].

При анализе полученных данных наблюдали аналогичную взаимосвязь между уровнем внутриклеточного пероксида водорода и общей подвижностью замороженного (оттаянного) семени.

У петухов с высоким уровнем (>55,25%, Мср.) внутриклеточного пероксида водорода в свежеполученных эякулятах общая подвижность замороженного (оттаянного) семени была ниже в среднем на 24,6%, что говорит о непосредственном влиянии свободных радикалов на криорезистентность спермы (рис. 4.).

Коэффициент изменчивости содержания H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в нативной сперме составил 18,18%, в замороженном (оттаянном) семени — 8,73%.

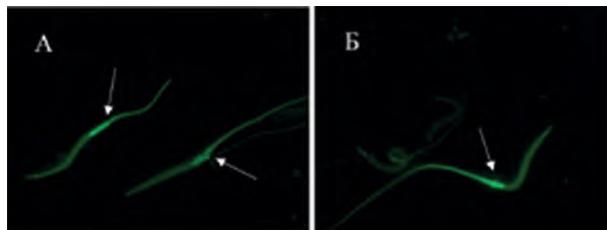
### Выводы/Conclusions

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать предположение, что продуцирование клетками повышенного количества активных форм кислорода, в частности пероксида водорода, в цикле замораживания (оттаивания) негативно сказывается на функциональном статусе митохондрий, которые являются основным источником энергии для сперматозоида, обеспечивающей работу кинетического аппарата сперматозоида и его общей подвижности.

Несмотря на увеличение уровня внутриклеточного H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в процессе криоконсервации, определяющим значением для прогнозирования общей подвижности замороженного (оттаянного) семени является уровень АФК в клетках нативной спермы.

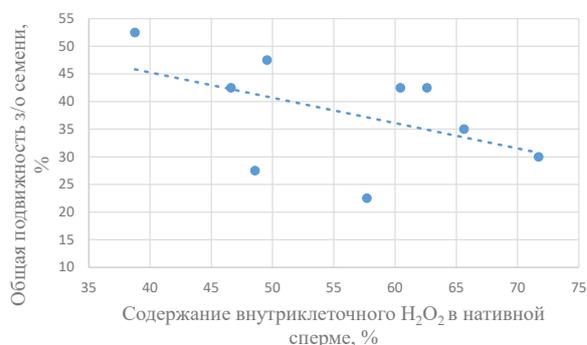
**Рис. 3.** Препараты сперматозоидов петухов, окрашенные DCFH-DA: А — нативная сперма, Б — замороженное (оттаянное) семя, флуоресцентная микроскопия Axio Imager A1 (Carl Zeiss Microscopy, Germany), увеличение x1000. Стрелками указаны зоны наибольшей флуоресценции

**Fig. 3.** Rooster sperm preparations stained with DCFH-DA: А — native sperm, Б — frozen (thawed) semen, fluorescence microscopy Axio Imager A1 (Carl Zeiss Microscopy, Germany), magnification x1000. The arrows indicate the areas of greatest fluorescence



**Рис. 4.** Взаимосвязь между содержанием внутриклеточного пероксида водорода в нативной сперме и показателями общей подвижности замороженного (оттаянного) семени (♂n = 10)

**Fig. 4.** The relationship between the content of intracellular hydrogen peroxide in native sperm and the overall motility of frozen (thawed) semen (♂n = 10)



Полученные данные показывают достоверное влияние уровня внутриклеточного пероксида водорода в свежеполученных эякулятах на общую подвижность замороженного (оттаянного) семени ( $r = -0,65, p < 0,05$ ).

Впервые получены данные по индивидуальной изменчивости содержания пероксида водорода в сперматозоидах петухов комбинированного направления продуктивности возраста 61 недели в цикле замораживания (оттаивания).

Коэффициент изменчивости внутриклеточного H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в свежеполученных эякулятах составил 18,18%, что говорит о возможности отбора петухов по данному показателю с целью выявления особей с потенциально высокими показателями криорезистентности.

Данная информация может быть использована для возможной корректировки рациона петухов за счет введения кормовых антиоксидантов.

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 за счет госзадания № НИОКТР 124020200127-7.

### FUNDING

The research was carried out at the expense of the state task of research, development and technological works No. 124020200127-7.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Blesbois E. et al. Semen Cryopreservation for Ex Situ Management of Genetic Diversity in Chicken: Creation of the French Avian Cryobank. *Poultry Science*. 2007; 86(3): 555–564. <https://doi.org/10.1093/ps/86.3.555>
- Shaffner C.S., Henderson E.W., Card C.G. Viability of Spermatozoa of the Chicken Under Various Environmental Conditions. *Poultry Science*. 1941; 20(3): 259–265. <https://doi.org/10.3382/ps.0200259>

### REFERENCES

- Blesbois E. et al. Semen Cryopreservation for Ex Situ Management of Genetic Diversity in Chicken: Creation of the French Avian Cryobank. *Poultry Science*. 2007; 86(3): 555–564. <https://doi.org/10.1093/ps/86.3.555>
- Shaffner C.S., Henderson E.W., Card C.G. Viability of Spermatozoa of the Chicken Under Various Environmental Conditions. *Poultry Science*. 1941; 20(3): 259–265. <https://doi.org/10.3382/ps.0200259>

3. Tselutin K., Narubina L., Mavrodina T., Tur B. Cryopreservation of poultry semen. *British Poultry Science*. 1995; 36(5): 805–811. <https://doi.org/10.1080/00071669508417825>
4. Chalah T., Seigneurin F., Blesbois E., Brillard J.P. *In vitro* Comparison of Fowl Sperm Viability in Ejaculates Frozen by Three Different Techniques and Relationship with Subsequent Fertility *In Vivo*. *Cryobiology*. 1999; 39(2): 185–191. <https://doi.org/10.1006/cryo.1999.2201>
5. Новгородова И.П., Жилинский М.А., Волкова Н.А., Багиров В.А., Зиновьева Н.А. Криоконсервация семени петухов: основные принципы и методические подходы. *Птицеводство*. 2016; 8: 2–7. <https://elibrary.ru/wicjpn>
6. Силукова Ю.Л., Станишевская О.И., Пleshанов Н.В., Курочкин А.А. Эффективность использования комбинаций сахаридов в средах для криоконсервации спермы петухов. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(6): 1148–1158. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1148rus>
7. Th lie A., Bailliard A., Seigneurin F., Zerjal T., Tixier-Boichard M., Blesbois E. Chicken semen cryopreservation and use for the restoration of rare genetic resources. *Poultry Science*. 2018; 98(1): 447–455. <https://doi.org/10.3382/ps/pey360>
8. Ehling C., Taylor U., Baulain U., Weigend S., Henning M., Rath D. Cryopreservation of semen from genetic resource chicken lines. *Landbauforschung*. 2012; 62(3): 151–158.
9. Long J.A., Kulkarni G. An effective method for improving the fertility of glycerol-exposed poultry semen. *Poultry Science*. 2004; 83(9): 1594–1601. <https://doi.org/10.1093/ps/83.9.1594>
10. Santiago-Moreno J. *et al.* Cryoprotective and contraceptive properties of egg yolk as an additive in rooster sperm diluents. *Cryobiology*. 2012; 65(3): 230–234. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2012.06.008>
11. Long J.A. Avian Semen Cryopreservation: What Are the Biological Challenges? *Poultry Science*. 2006; 85(2): 232–236. <https://doi.org/10.1093/ps/85.2.232>
12. Aitken R.J. Reactive oxygen species as mediators of sperm capacitation and pathological damage. *Molecular Reproduction and Development*. 2017; 84(10): 1039–1052. <https://doi.org/10.1002/mrd.22871>
13. Ford W.C.L. Regulation of sperm function by reactive oxygen species. *Human Reproduction Update*. 2004; 10(5): 387–399. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmh034>
14. Pons-Rejraji H., Sion B., Saez F., Brugnol F., Janny L., Grizard G. R les des d riv s actifs de l’oxyg ne (DAO) sur les spermatozoides humains et fertilit  masculine. *Gyn cologie Obst trique & Fertilit *. 2009; 37(6): 529–535. <https://doi.org/10.1016/j.gyobfe.2009.04.015>
15. Baumber J., Ball B.A., Linfor J.J., Meyers S.A. Reactive Oxygen Species and Cryopreservation Promote DNA Fragmentation in Equine Spermatozoa. *Journal of Andrology*. 2003; 24(4): 621–628. <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.2003.tb02714.x>
16. Hamilton T.R.d.S. *et al.* Induced lipid peroxidation in ram sperm: semen profile, DNA fragmentation and antioxidant status. *Reproduction*. 2016; 151(4): 379–390. <https://doi.org/10.1530/rep-15-0403>
17. Armstrong J.S., Rajasekaran M., Chamulitrat W., Gatti P., Hellstrom W.J., Sikka S.C. Characterization of reactive oxygen species induced effects on human spermatozoa movement and energy metabolism. *Free Radical Biology and Medicine*. 1999; 26(7–8): 869–880. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00275-5](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00275-5)
18. Blodeau J.-F., Blanchette S., Cormier N., Sirard M.-A. Reactive oxygen species mediated loss of bovine sperm motility in egg yolk Tris extender: protection by pyruvate, metal chelators and bovine liver or oviductal fluid catalase. *Theriogenology*. 2002; 57(3): 1105–1122. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00702-6](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00702-6)
19. Guthrie H.D., Welch G.R., Long J.A. Mitochondrial function and reactive oxygen species action in relation to boar motility. *Theriogenology*. 2008; 70(8): 1209–1215. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.017>
20. Baumber J., Ball B.A., Gravance C.G., Medina V., Davies-Morel M.C.G. The Effect of Reactive Oxygen Species on Equine Sperm Motility, Viability, Acrosomal Integrity, Mitochondrial Membrane Potential, and Membrane Lipid Peroxidation. *Journal of Andrology*. 2000; 21(6): 895–902. <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.2000.tb03420.x>
21. Parks J.E., Lynch D.V. Lipid composition and thermotropic phase behavior of boar, bull, stallion, and rooster sperm membranes. *Cryobiology*. 1992; 29(2): 255–266. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(92\)90024-v](https://doi.org/10.1016/0011-2240(92)90024-v)
22. Long J.A. Applied andrology in chickens and turkeys. Chenoweth P., Lorton S. (eds.). *Animal Andrology: Theories and Applications*. Boston, MA, USA: CABI. 2014; 197–225. <https://doi.org/10.1079/9781780643168.0197>
23. Surai P.F., Fujihara N., Speake B.K., Brillard J.-P., Wishart G.J., Sparks N.H.C. Polyunsaturated Fatty Acids, Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection in Avian Semen - Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2001; 14(7): 1024–1050. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.1024>
24. Mehaisen G.M.K., Partyka A., Ligoocka Z., Nizański W. Cryoprotective effect of melatonin supplementation on post-thawed rooster sperm quality. *Animal Reproduction Science*. 2019; 212: 106238. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106238>
25. Moghbeli M. *et al.* Are the optimum levels of the catalase and vitamin E in rooster semen extender after freezing-thawing influenced by sperm concentration? *Cryobiology*. 2016; 72(3): 264–268. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.03.008>
26. Surai P.F., Cerolini S., Wishart G.J., Speake B.K., Noble R.C., Sparks N.H.C. Lipid and Antioxidant Composition of Chicken Semen and its Susceptibility to Peroxidation. *Avian and Poultry Biology Reviews*. 1998; 9(1): 11–23.
27. Khan R.U. Antioxidant and poultry semen quality. *World’s Poultry Science Journal*. 2011; 67(2): 297–308. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000316>
3. Tselutin K., Narubina L., Mavrodina T., Tur B. Cryopreservation of poultry semen. *British Poultry Science*. 1995; 36(5): 805–811. <https://doi.org/10.1080/00071669508417825>
4. Chalah T., Seigneurin F., Blesbois E., Brillard J.P. *In vitro* Comparison of Fowl Sperm Viability in Ejaculates Frozen by Three Different Techniques and Relationship with Subsequent Fertility *In Vivo*. *Cryobiology*. 1999; 39(2): 185–191. <https://doi.org/10.1006/cryo.1999.2201>
5. Novgorodova I.P., Zhilinsky M.A., Volkova N.A., Bagirov V.A., Zinov'yeva N.A. Cryoconservation of Cockerels' Semen: The Basic Principles and Methodical Approaches. *Ptitsvodstvo*. 2016; 8: 2–7 (in Russian). <https://elibrary.ru/wicjpn>
6. Silyukova Yu.L., Stanishevskaya O.I., Pleshanov N.V., Kurochkin A.A. Efficiency of using a combination of mono- and disac-charides in a diluent for freezing rooster semen. *Agricultural Biology*. 2020; 55(6): 1148–1158. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1148eng>
7. Th lie A., Bailliard A., Seigneurin F., Zerjal T., Tixier-Boichard M., Blesbois E. Chicken semen cryopreservation and use for the restoration of rare genetic resources. *Poultry Science*. 2018; 98(1): 447–455. <https://doi.org/10.3382/ps/pey360>
8. Ehling C., Taylor U., Baulain U., Weigend S., Henning M., Rath D. Cryopreservation of semen from genetic resource chicken lines. *Applied agricultural and forestry research*. 2012; 62(3): 151–158.
9. Long J.A., Kulkarni G. An effective method for improving the fertility of glycerol-exposed poultry semen. *Poultry Science*. 2004; 83(9): 1594–1601. <https://doi.org/10.1093/ps/83.9.1594>
10. Santiago-Moreno J. *et al.* Cryoprotective and contraceptive properties of egg yolk as an additive in rooster sperm diluents. *Cryobiology*. 2012; 65(3): 230–234. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2012.06.008>
11. Long J.A. Avian Semen Cryopreservation: What Are the Biological Challenges? *Poultry Science*. 2006; 85(2): 232–236. <https://doi.org/10.1093/ps/85.2.232>
12. Aitken R.J. Reactive oxygen species as mediators of sperm capacitation and pathological damage. *Molecular Reproduction and Development*. 2017; 84(10): 1039–1052. <https://doi.org/10.1002/mrd.22871>
13. Ford W.C.L. Regulation of sperm function by reactive oxygen species. *Human Reproduction Update*. 2004; 10(5): 387–399. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmh034>
14. Pons-Rejraji H., Sion B., Saez F., Brugnol F., Janny L., Grizard G. Role of reactive oxygen species (ROS) on human spermatozoa and male infertility. *Gyn cologie Obst trique & Fertilit *. 2009; 37(6): 529–535 (in French). <https://doi.org/10.1016/j.gyobfe.2009.04.015>
15. Baumber J., Ball B.A., Linfor J.J., Meyers S.A. Reactive Oxygen Species and Cryopreservation Promote DNA Fragmentation in Equine Spermatozoa. *Journal of Andrology*. 2003; 24(4): 621–628. <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.2003.tb02714.x>
16. Hamilton T.R.d.S. *et al.* Induced lipid peroxidation in ram sperm: semen profile, DNA fragmentation and antioxidant status. *Reproduction*. 2016; 151(4): 379–390. <https://doi.org/10.1530/rep-15-0403>
17. Armstrong J.S., Rajasekaran M., Chamulitrat W., Gatti P., Hellstrom W.J., Sikka S.C. Characterization of reactive oxygen species induced effects on human spermatozoa movement and energy metabolism. *Free Radical Biology and Medicine*. 1999; 26(7–8): 869–880. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00275-5](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00275-5)
18. Blodeau J.-F., Blanchette S., Cormier N., Sirard M.-A. Reactive oxygen species mediated loss of bovine sperm motility in egg yolk Tris extender: protection by pyruvate, metal chelators and bovine liver or oviductal fluid catalase. *Theriogenology*. 2002; 57(3): 1105–1122. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00702-6](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00702-6)
19. Guthrie H.D., Welch G.R., Long J.A. Mitochondrial function and reactive oxygen species action in relation to boar motility. *Theriogenology*. 2008; 70(8): 1209–1215. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.017>
20. Baumber J., Ball B.A., Gravance C.G., Medina V., Davies-Morel M.C.G. The Effect of Reactive Oxygen Species on Equine Sperm Motility, Viability, Acrosomal Integrity, Mitochondrial Membrane Potential, and Membrane Lipid Peroxidation. *Journal of Andrology*. 2000; 21(6): 895–902. <https://doi.org/10.1002/j.1939-4640.2000.tb03420.x>
21. Parks J.E., Lynch D.V. Lipid composition and thermotropic phase behavior of boar, bull, stallion, and rooster sperm membranes. *Cryobiology*. 1992; 29(2): 255–266. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(92\)90024-v](https://doi.org/10.1016/0011-2240(92)90024-v)
22. Long J.A. Applied andrology in chickens and turkeys. Chenoweth P., Lorton S. (eds.). *Animal Andrology: Theories and Applications*. Boston, MA, USA: CABI. 2014; 197–225. <https://doi.org/10.1079/9781780643168.0197>
23. Surai P.F., Fujihara N., Speake B.K., Brillard J.-P., Wishart G.J., Sparks N.H.C. Polyunsaturated Fatty Acids, Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection in Avian Semen - Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2001; 14(7): 1024–1050. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.1024>
24. Mehaisen G.M.K., Partyka A., Ligoocka Z., Nizański W. Cryoprotective effect of melatonin supplementation on post-thawed rooster sperm quality. *Animal Reproduction Science*. 2019; 212: 106238. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106238>
25. Moghbeli M. *et al.* Are the optimum levels of the catalase and vitamin E in rooster semen extender after freezing-thawing influenced by sperm concentration? *Cryobiology*. 2016; 72(3): 264–268. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.03.008>
26. Surai P.F., Cerolini S., Wishart G.J., Speake B.K., Noble R.C., Sparks N.H.C. Lipid and Antioxidant Composition of Chicken Semen and its Susceptibility to Peroxidation. *Avian and Poultry Biology Reviews*. 1998; 9(1): 11–23.
27. Khan R.U. Antioxidant and poultry semen quality. *World’s Poultry Science Journal*. 2011; 67(2): 297–308. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000316>

28. Zhao X., Yang Z.B., Yang W.R., Wang Y., Jiang S.Z., Zhang G.G. Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) on laying performance and antioxidant status of laying hens and on dietary oxidation stability. *Poultry Science*. 2011; 90(8): 1720–1727. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01280>
29. Khan R.U., Rahman Z.-u., Javed I., Muhammad F. Effect of vitamins, probiotics and protein on semen traits in post-molt male broiler breeders. *Animal Reproduction Science*. 2012; 135(1–4): 85–90. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.09.005>
30. Sikka S.C. Relative Impact of Oxidative Stress on Male Reproductive Function. *Current Medicinal Chemistry*. 2001; 8(7): 851–862. <https://doi.org/10.2174/0929867013373039>
31. Salehi M., Mahdavi A.H., Sharafi M., Shahverdi A. Cryopreservation of rooster semen: Evidence for the epigenetic modifications of thawed sperm. *Theriogenology*. 2019; 142: 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.030>
32. Rui B.R. *et al.* Impact of induced levels of specific free radicals and malondialdehyde on chicken semen quality and fertility. *Theriogenology*. 2017; 90: 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.11.001>
33. Amini M.R., Kohram H., Zare-Shahaneh A., Zhandi M., Sharideh H., Nabi M.M. The effects of different levels of catalase and superoxide dismutase in modified Beltsville extender on rooster post-thawed sperm quality. *Cryobiology*. 2015; 70(3): 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2015.03.001>
34. Burrows W.H., Quinn J.P. The Collection of Spermatozoa from the Domestic Fowl and Turkey. *Poultry Science*. 1937; 16(1): 19–24. <https://doi.org/10.3382/ps.0160019>
35. Dikalov S.I., Harrison D.G. Methods for Detection of Mitochondrial and Cellular Reactive Oxygen Species. *Antioxidants & Redox Signaling*. 2014; 20(2): 372–382. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.4886>
36. Partyka A., Nizański W., Łukaszewicz E. Evaluation of fresh and frozen-thawed fowl semen by flow cytometry. *Theriogenology*. 2010; 74(6): 1019–1027. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.04.032>
37. Bernal B. *et al.* Birchen and Blue Leonesa sperm cryopreservation: a new technique for evaluating the integrity of cockerel sperm membranes. *British Poultry Science*. 2022; 63(2): 244–251. <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1955333>
38. Richter C., Park J.W., Ames B.N. Normal oxidative damage to mitochondrial and nuclear DNA is extensive. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1988; 85(17): 6465–6467. <https://doi.org/10.1073/pnas.85.17.6465>
39. Liang Q., Dedon P.C. Cu(II)/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Induced DNA Damage Is Enhanced by Packaging of DNA as a Nucleosome. *Chemical Research in Toxicology*. 2001; 14(4): 416–422. <https://doi.org/10.1021/tx0002278>
40. Núñez M.E., Noyes K.T., Barton J.K. Oxidative Charge Transport through DNA in Nucleosome Core Particles. *Cell Chemical Biology*. 2002; 9(4): 403–415. [https://doi.org/10.1016/s1074-5521\(02\)00121-7](https://doi.org/10.1016/s1074-5521(02)00121-7)
41. Córdova Izquierdo A. *et al.* Effect of Oxidative Stress on Sperm Cells. Bagatini M.D. (ed.). *Glutathione System and Oxidative Stress in Health and Disease*. *IntechOpen*. 2020. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88499>
42. Amaral A., Lourenço B., Marques M., Ramalho-Santos J. Mitochondria functionality and sperm quality. *Reproduction*. 2013; 146(5): R163–R174. <https://doi.org/10.1530/rep-13-0178>
28. Zhao X., Yang Z.B., Yang W.R., Wang Y., Jiang S.Z., Zhang G.G. Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) on laying performance and antioxidant status of laying hens and on dietary oxidation stability. *Poultry Science*. 2011; 90(8): 1720–1727. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01280>
29. Khan R.U., Rahman Z.-u., Javed I., Muhammad F. Effect of vitamins, probiotics and protein on semen traits in post-molt male broiler breeders. *Animal Reproduction Science*. 2012; 135(1–4): 85–90. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.09.005>
30. Sikka S.C. Relative Impact of Oxidative Stress on Male Reproductive Function. *Current Medicinal Chemistry*. 2001; 8(7): 851–862. <https://doi.org/10.2174/0929867013373039>
31. Salehi M., Mahdavi A.H., Sharafi M., Shahverdi A. Cryopreservation of rooster semen: Evidence for the epigenetic modifications of thawed sperm. *Theriogenology*. 2019; 142: 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.030>
32. Rui B.R. *et al.* Impact of induced levels of specific free radicals and malondialdehyde on chicken semen quality and fertility. *Theriogenology*. 2017; 90: 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.11.001>
33. Amini M.R., Kohram H., Zare-Shahaneh A., Zhandi M., Sharideh H., Nabi M.M. The effects of different levels of catalase and superoxide dismutase in modified Beltsville extender on rooster post-thawed sperm quality. *Cryobiology*. 2015; 70(3): 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2015.03.001>
34. Burrows W.H., Quinn J.P. The Collection of Spermatozoa from the Domestic Fowl and Turkey. *Poultry Science*. 1937; 16(1): 19–24. <https://doi.org/10.3382/ps.0160019>
35. Dikalov S.I., Harrison D.G. Methods for Detection of Mitochondrial and Cellular Reactive Oxygen Species. *Antioxidants & Redox Signaling*. 2014; 20(2): 372–382. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.4886>
36. Partyka A., Nizański W., Łukaszewicz E. Evaluation of fresh and frozen-thawed fowl semen by flow cytometry. *Theriogenology*. 2010; 74(6): 1019–1027. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.04.032>
37. Bernal B. *et al.* Birchen and Blue Leonesa sperm cryopreservation: a new technique for evaluating the integrity of cockerel sperm membranes. *British Poultry Science*. 2022; 63(2): 244–251. <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1955333>
38. Richter C., Park J.W., Ames B.N. Normal oxidative damage to mitochondrial and nuclear DNA is extensive. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1988; 85(17): 6465–6467. <https://doi.org/10.1073/pnas.85.17.6465>
39. Liang Q., Dedon P.C. Cu(II)/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Induced DNA Damage Is Enhanced by Packaging of DNA as a Nucleosome. *Chemical Research in Toxicology*. 2001; 14(4): 416–422. <https://doi.org/10.1021/tx0002278>
40. Núñez M.E., Noyes K.T., Barton J.K. Oxidative Charge Transport through DNA in Nucleosome Core Particles. *Cell Chemical Biology*. 2002; 9(4): 403–415. [https://doi.org/10.1016/s1074-5521\(02\)00121-7](https://doi.org/10.1016/s1074-5521(02)00121-7)
41. Córdova Izquierdo A. *et al.* Effect of Oxidative Stress on Sperm Cells. Bagatini M.D. (ed.). *Glutathione System and Oxidative Stress in Health and Disease*. *IntechOpen*. 2020. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88499>
42. Amaral A., Lourenço B., Marques M., Ramalho-Santos J. Mitochondria functionality and sperm quality. *Reproduction*. 2013; 146(5): R163–R174. <https://doi.org/10.1530/rep-13-0178>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Антон Алексеевич Курочкин

младший научный сотрудник  
kurochkin.anton.66@gmail.com

##### Татьяна Ивановна Кузьмина

главный научный сотрудник, профессор,  
доктор биологических наук  
prof.kouzmina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4218-6080>

##### Ольга Игоревна Станишевская

главный научный сотрудник, доктор биологических наук  
olgastan@list.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9504-3916>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московское шоссе, 55А, пос. Тярлево, Пушкин, Санкт-Петербург, 196625, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Anton Alekseevich Kurochkin

Junior Research Assistant  
kurochkin.anton.66@gmail.com

##### Tatyana Ivanovna Kuzmina

Chief Researcher, Professor, Doctor of Biological Sciences  
prof.kouzmina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4218-6080>

##### Olga Igorevna Stanishevskaya

Chief Researcher, Doctor of Biological Sciences  
olgastan@list.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9504-3916>

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moskovskoe shosse, Tyarlevo village, Pushkin, St. Petersburg, 196625, Russia

УДК 636.4, 606, 602.42

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-139-144

Д.А. Старикова ✉  
Т.И. Кузьмина

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ live8avis@mail.ru

Поступила в редакцию:  
14.05.2024Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-139-144

Darya A. Starikova ✉  
Tatiana I. Kuzmina

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, St. Petersburg, Russia

✉ dastarikova27@mail.com

Received by the editorial office:  
14.05.2024Accepted in revised:  
12.07.2024Accepted for publication:  
28.07.2024

# Анализ морфологии ооцит-кумулюсных комплексов *Sus scrofa domesticus*, подвергшихся воздействию низких и сверхнизких температур

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Приоритетная задача репродуктивных технологий в животноводстве — разработка эффективных протоколов хранения женских гамет. Одним из способов их сохранения является витрификация, снижающая повреждения внутриклеточных органелл за счет увеличения вязкости при охлаждении и минимизации кристаллизации. Для оптимизации используются различные добавки к криопротекторам.

**Методы.** В данной работе использован тетраполиэтиленгликолят титана в 10-кратном мольном избытке полиэтиленгликоля (TTP<sub>EG</sub>\*10PEG), характер действия которого на клетки исследовали при краткосрочном хранении в условиях низких (5 °C) и сверхнизких (-196 °C) температур.

**Цель исследования** — комплексный анализ морфологии половых и соматических клеток (кумулюс) овариальных фолликулов свиней после воздействия низких и сверхнизких температур (витрификация) при включении в протокол низкотемпературного хранения и витрификации TTP<sub>EG</sub>\*10PEG.

**Результаты.** Воздействие 2% TTP<sub>EG</sub>\*10PEG при 5 °C вызывало снижение уровня ооцитов с признаками морфологической дегенерации в сравнении с контролем (с 13 до 5%,  $p = 0,005$ ). После витрификации с TTP<sub>EG</sub>\*10PEG: уровень гамет с низкой экспансией клеток кумулюса увеличился до 35% в сравнении с долей контрольных гамет (23%); доля денудированных гамет была снижена до 50% в сравнении с контрольными 65% ( $p < 0,05$ ); уровень морфологически дегенерированных гамет соответствовал таковому у нативных ооцитов (8%) и был ниже, чем в контроле (17%,  $p < 0,005$ ). Полученные данные свидетельствуют о протекторном и криопротекторном эффектах TTP<sub>EG</sub>\*10PEG в концентрации 2%, что предполагает возможность его использования в технологии интраовариальной витрификации женских репродуктивных клеток.

**Ключевые слова:** витрификация, ооцит-кумулюсный комплекс, *Sus scrofa domesticus*, кумулюсные клетки, низкие температуры, морфология.

**Для цитирования:** Старикова Д.А., Кузьмина Т.И. Анализ морфологии ооцит-кумулюсных комплексов *Sus scrofa domesticus*, подвергшихся воздействию низких и сверхнизких температур. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 139–144.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-139-144>

© Старикова Д.А., Кузьмина Т.И.

# Analysis of the morphology of *Sus scrofa domesticus* oocyte-cumulus complexes exposed to low and ultra-low temperatures

## ABSTRACT

**Relevance.** The priority task of reproductive technologies in animal husbandry is the development of effective storage protocols for female gametes. One way to preserve gametes is vitrification, which reduces damage to intracellular organelles by increasing viscosity upon cooling and minimizing crystallization.

**Methods.** Various additives to cryoprotectants are used for optimization. In our work, titanium tetrapolyethylene glycolate was used in a 10-fold molar excess of polyethylene glycol (TTP<sub>EG</sub>\*10PEG), the nature of the effect of which on cells was studied during short-term storage at low (5 °C) and ultra-low temperatures (-196 °C).

*The purpose of the study* is a comprehensive analysis of the morphology of gametes and somatic cells (cumulus) of ovarian follicles of pigs after exposure to low and ultra-low temperatures (vitrification) when included in the TTP<sub>EG</sub>\*10PEG low-temperature storage and vitrification protocol.

**Results.** Exposure to TTP<sub>EG</sub>\*10PEG at 5 °C caused an increase in the level of oocytes with subsequent morphological degenerations in points with control (from 13% to 5%,  $p = 0.005$ ). After vitrification with TTP<sub>EG</sub>\*10PEG: the level of gametes with low cumulus cells expansion increased to 35% in terms of the proportion of control gametes (23%); the proportion of denuded gametes was reduced to 50% compared to the control 65% ( $p < 0.05$ ); the level of morphologically degenerated gametes corresponded to that of native oocytes (8% each) and was lower than in the control (17%),  $p < 0.005$ . The obtained data indicate the protective and cryoprotective effects of TTP<sub>EG</sub>\*10PEG at a concentration of 2%, which suggests the possibility of its use in the technology of intraovarian vitrification of female reproductive cells.

**Key words:** vitrification, oocyte-cumulus complex, *Sus scrofa domesticus*, cumulus cells, low temperature, morphology.

**For citation:** Starikova D.A., Kuzmina T.I. Morphology analysis of *Sus scrofa domesticus* oocyte-cumulus complexes exposed to low and ultra-low temperatures. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 139–144 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-139-144>

© Starikova D.A., Kuzmina T.I.

## Введение/Introduction

В настоящее время одной из важнейших целей животноводства является сохранение генофонда особо ценных пород и особей. Реализация поставленной задачи осуществляется путем создания банков криоконсервированных репродуктивных клеток и эмбрионов животных. Однако выход донорских декриоконсервированных ооцитов с высокими качественными характеристиками, способными к созреванию, в отличие от эмбрионов, низкий (до 33%) [1]. Тем не менее женский генетический материал является важным составляющим в рамках сохранения генофонда и использования в инновационных клеточных репродуктивных технологиях для получения трансгенных или клонированных животных.

В технологиях хранения женских гамет используются методы экстра- или интрафолликулярной криоконсервации. Оптимизированным вариантом этого вида замораживания является витрификация, при которой образцы хранятся в жидком азоте (-196 °С) и сохраняют жизнеспособность после оттаивания. При витрификации происходит мгновенный переход из жидкого состояния в твердое с минимизацией кристаллизации за счет увеличения вязкости при охлаждении, что приводит к снижению повреждения внутриклеточных органелл [2].

Для модернизации протоколов замораживания ооцитов с целью исключения внутриклеточных повреждений применяются различные вещества, обладающие криопротекторными свойствами, подобно традиционному криопротектору — глицерину.

Одним из таких веществ является тетраполиэтиленгликолят титана в 10-кратном мольном избытке полиэтиленгликоля (ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG) [3], синтезированный в Институте органического синтеза им. И.Я. Постовского (УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия). Данное вещество прозрачное, светло-желтого цвета, легко растворяется в воде и полиэтиленгликолях. При растворении ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG в воде происходит быстрый обратимый гидролиз, возрастает вязкость раствора, формируется полимерный пространственный каркас с образованием прозрачного монолитного геля [4].

Хранение ооцита при воздействии низких и сверхнизких температур осуществляют в комплексе с окружающими его кумулюсными клетками. Соматические клетки в составе ооцит-кумуляного комплекса, взаимодействуя с ооцитом, снабжают гамету важными биомолекулами, транспортируют их в цитозоль [5, 6]. С другой стороны, ооцит-секретируемые факторы роста (OSF) индуцируют пролиферацию соматических клеток фолликула [7].

Взаимодействие кумулюсных и половых клеток осуществляется через тесные межклеточные связи. Функциональное состояние данных соматических клеток оказывает влияние на качество гаметы, в связи с чем является важным маркером прогнозирования качества ооцита на любом этапе развития или в процессе низкотемпературного хранения и замораживания (оттаивания). Следуя вышесказанному, комплексное тестирование морфологии гаметы и окружающих ее клеток кумулюса при воздействии различных факторов, в частности низких и сверхнизких температур, представляет интерес для разработки оптимальных протоколов технологий хранения овариальных клеток.

Наиболее подходящими вариантами для оценки качества клеток являются гаметы от многоплодных сельскохозяйственных животных свиней, ввиду чего можно получить большое количество гамет из одного яйчника. Кроме того, ооциты свиней содержат высокий уровень интрацеллюлярных липидных капель, препятствующих

процессу замораживания, в связи с чем именно этот объект служит хорошей моделью для оценки качества гаметы.

*Цель исследования* — комплексный анализ морфологии половых и соматических клеток (кумуляус) овариальных фолликулов свиней после воздействия низких (краткосрочное хранение при температуре 5 °С) и сверхнизких температур (витрификация) при включении в протокол низкотемпературного хранения и витрификации ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились на базе ВНИИГРЖ. Объектом исследования служили ооцит-кумуляусные комплексы (ОКК) из фрагментов яйчников (ФЯ) свиней. Яйчники от 6–8-месячных свиной породы ландрас получали *post mortem* на мясокомбинате ОАО «Тосненский». Яйчники на стадии фолликулярного роста без видимых патологических изменений разделяли скальпелем на 6–8 фрагментов размером примерно 15 × 20 мм.

Для низкотемпературного хранения (5 °С) ФЯ помещали в фосфатно-солевой буферный раствор Дюльбекко (ФСБ, Россия) и хранили в холодильнике в течение 3 часов при 5 °С (контроль).

Опытные группы ооцитов содержали в ФСБ с добавлением ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG в концентрации 2%. ОКК выделяли путем резекции из ФЯ для анализа морфологии и проницаемости мембран клеток.

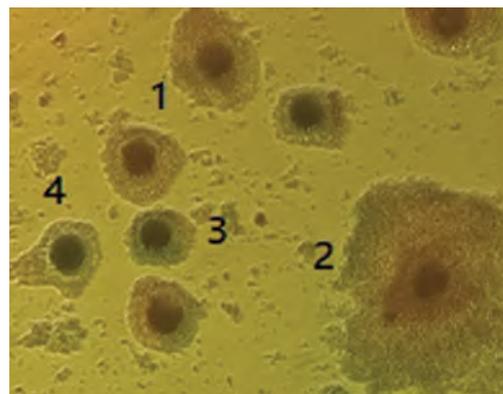
Оценку проницаемости мембраны проводили путем окрашивания ооцит-кумуляусных комплексов в течение 25 минут в красителе лиссаминовый зеленый (ContaCare, Индия) при 24 °С по модифицированной методике А. Bartkova [8]. Краситель проникает сквозь поврежденную мембрану клетки в цитоплазму и накапливается в цитозоле, следовательно, клетки с поврежденной мембраной окрашиваются в зеленый цвет, а клетки с целой мембраной остаются бесцветными.

ОКК ранжировали по группам:

- ✓ 1. ОКК без окраски;
- ✓ 2. ОКК с окраской менее 50% кумулюсных клеток, ооцит не окрашен;
- ✓ 3. ОКК с окраской кумулюсных клеток более 50%, ооцит не окрашен;
- ✓ 4. Окраска ооцита и кумулюсных клеток;
- ✓ 5. Окраска только ооцита (рис. 1).

**Рис. 1.** Ооциты с различной проницаемостью клеток: 1. ОКК без окраски; 2. ОКК с окраской менее 50% кумулюсных клеток, ооцит не окрашен; 3. ОКК с окраской более 50% кумулюсных клеток, ооцит не окрашен; 4. Окраска ооцита и кумулюсных клеток

**Fig. 1.** Oocytes with different cell permeability: 1. OCC without staining; 2. OCC with a stain of less than 50% of cumulus cells, the oocyte is not colored; 3. OCC with a stain of more than 50% of cumulus cells, the oocyte is not colored; 4. Coloring of the oocyte and cumulus cells



Для витрификации гамет готовили криопротекторные агенты (КПА) на основе ФСБ с 20% фетальной бычьей сыворотки (ФСБ): КПА-1 — 7,5% ЭГ + 7,5% ДМСО, затем в КПА-2 — 15% ЭГ, 15% ДМСО и 0,5 М сахарозы. В КПА-2 внесли ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG в концентрации 2%. В отборе концентрации руководствовались рекомендациями разработчиков (Институт органического синтеза УрО РАН им. И.Я. Постовского) [9]. Экспонировали ФЯ в растворах КПА в соответствии с протоколом, описанным ранее [10], последовательно в течение 25 мин. и 15 мин. ФЯ в стерильных марлевых мешочках погружали в жидкий азот (-196 °С) для хранения — не менее чем на сутки. Образцы девитрифицировали поочередно: 1 мин. в растворе 80% ФСБ, 20% ФБС, 0,5 моль/л сахарозы, а затем 5 мин. в растворе: 80% ФСБ, 0,25 моль/л сахарозы.

После оттаивания ФЯ ооцит-кумулюсные комплексы выделяли резекцией фолликулов. Выделенные в ФСБ из ФЯ ооцит-кумулюсные комплексы оценивали по степени экспансии кумулюсных клеток и морфологии ооцитов. ОКК ранжировали по степени экспансии кумулюса: низкая степень экспансии — от 8 и более компактных слоев КК; средняя степень экспансии — неоднородный (компактный и рыхлый) кумулюс; высокая степень экспансии — более 8 рыхлых слоев КК.

К дегенерированным ооцитам относили гаметы с поврежденной или неравномерной по ширине зоной пеллюциды, гетерогенной, вакуолизированной, фрагментированной ооплазмой (рис. 2).

Для сравнения результатов экспериментов использовали критерий  $\chi^2$  с помощью программы Statistica 6.0 (США). Достоверность различия сравниваемых средних значений оценивали при четырех уровнях значимости:  $p < 0,01$ ,  $p < 0,05$ ,  $p < 0,001$ ;  $p < 0,005$  для трех независимых экспериментов.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Начальный этап серии экспериментов по оценке криозащитных эффектов ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG — оценка проницаемости мембраны соматических и половых клеток, выделенных из нативных и экспонированных при низких температурах в течение 3 часов с ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG (рис. 3). Анализ проницаемости стенок клеточной мембраны показал, что краткосрочное воздействие низких температур (5 °С) негативно отражается на проницаемости мембраны ооцитов, что выражается в снижении доли неокрашенных ОКК, не имеющих окраски лиссаминовым зеленым красителем (48% против 30% соответственно,  $p < 0,01$ ).

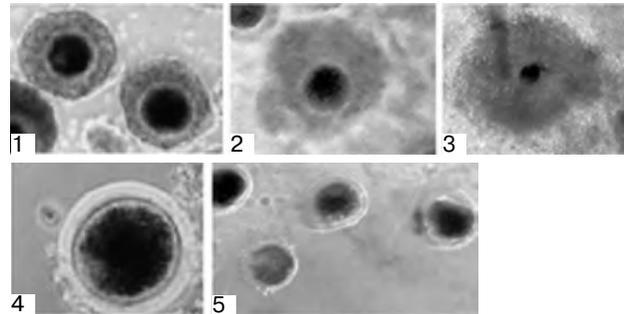
Воздействие низких температур в течение 3 часов увеличило выход ооцитов с интенсивной окраской лиссаминовым зеленым в сравнении с группой нативных гамет с 6 до 23% в контрольной группе ( $p < 0,001$ ) и до 17% в опытной группе ( $p = 0,005$ ).

В целом представленные данные свидетельствуют о негативном влиянии низких температур хранения (5 °С). Тем не менее введение в фосфатно-солевой буфер ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG не вызывало достоверного снижения уровня ОКК без окраски.

Наряду с проницаемостью клеточной мембраны важным показателем качества ОКК является наличие плотного кумулюса, окружающего ооцит. Кумулюсные клетки выполняют питательную функцию по отношению к

**Рис. 2.** Ооциты с разной степенью экспансии кумулюсных клеток и дегенерированные ооциты: 1 — ооциты с низкой степенью экспансии КК, 2 — ооцит со средней экспансией КК, 3 — ооцит с высокой экспансией КК, 4 — денудированный ооцит, 5 — дегенерированные ооциты

**Fig. 2.** Oocytes with varying degrees of expansion of cumulus cells and degenerated oocytes: 1 — oocytes with a low degree of CCs expansion, 2 — oocyte with medium CCs expansion, 3 — oocyte with high CCs expansion, 4 — denudated oocyte, 5 — degenerated oocytes



гамете, снабжая ее необходимыми питательными веществами и регуляторными молекулами через щелевые контакты. Кроме того, они регулируют процессы ингибирования и реинициации мейоза в ооцитах, поэтому необходимы для роста и созревания ооцитов [11].

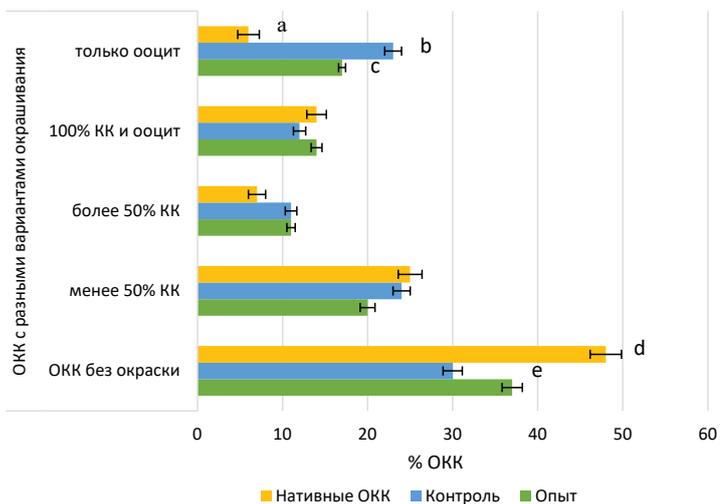
После экспозиции в течение 3 часов при температуре 5 °С с введением раствора ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG выявлено достоверное снижение ( $p < 0,05$ ) доли гамет с низкой экспансией кумулюсных клеток (до 18% в сравнении с группой нативных гамет (35%), а также контрольной группой (30%) (рис. 4).

Уровень нативных ооцитов со средним уровнем экспансии клеток кумулюса значительно превышал уровни гамет контрольной (26% против 11% соответственно,  $p < 0,05$ ) и опытной (26% против 10% соответственно,  $p < 0,005$ ) групп.

Аналогично доля нативных ооцитов с высокой экспансией клеток кумулюса значительно превышала доли гамет контрольной (18% против 2% соответственно,  $p < 0,005$ ) и опытной (18% против 3% соответственно,  $p < 0,005$ ) групп.

**Рис. 3.** Оценка проницаемости мембран ооцитов и кумулюсных комплексов после экспозиции краткосрочного низкотемпературного хранения (5 °С, 3 часа), ( $n = 234$ ): контроль — ОКК после экспозиции в ФСБ; опыт — ОКК после экспозиции в ФСБ с добавлением 2% ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG. Достоверные различия по критерию  $\chi^2$ : а:с  $p = 0,005$ , а:б  $p < 0,001$ , д:е  $p < 0,01$

**Fig. 3.** Assessment of the permeability of oocyte membranes and cumulus complexes after exposure to short-term low-temperature storage (5 °С, 3 hours), ( $n = 234$ ): control — COC after exposure to the FSB; experience — COC after exposure to PBS with the addition of 2% ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG. Significant differences by  $\chi^2$  test: а:с  $p = 0.005$ , а:б  $p < 0.001$ , д:е  $p < 0.01$



Экспозиция гамет в течение 3 часов при 5 °С приводила к увеличению доли денудированных гамет контрольной и опытной групп до 57% и 69%, соответственно, в сравнении с долей нативных ооцитов 21% ( $p < 0,001$ ).

Оценка качества гамет по морфологии представлена в таблице 1.

Внесение TTP<sub>EG</sub>\*10PEG в контрольную среду для краткосрочного низкотемпературного хранения при температуре 5 °С в течение 3 часов обеспечило снижение доли дегенерированных гамет до 5% в сравнении с долей контрольных гамет 13% ( $p < 0,005$ ).

Вышеописанные данные свидетельствуют о цитопротекторном эффекте TTP<sub>EG</sub>\*10PEG, влияющем на качество кумулюсных и половых клеток свиней в условиях низкотемпературной обработки, представленных в методике настоящей публикации.

Известно, что TTP<sub>EG</sub>\*10PEG в водной среде создает сетчатую структуру полимерных гидрогелей в виде плотной пленки, образуя гидрогелевую оболочку вокруг исследуемой структурной единицы [12], возможно, снижающую процесс кристаллообразования.

Учитывая позитивные эффекты TTP<sub>EG</sub>\*10PEG на морфологические показатели ОКК в условиях обработки низкими температурами в следующей серии экспериментов, были проанализированы уровень экспансии и доля дегенерированных клеток из ФЯ, подвергшихся витрификации с использованием в качестве добавки во второй криопротектор TTP<sub>EG</sub>\*10PEG.

На рисунке 5 и в таблице 2 представлены результаты по оценке морфологии интраовариально витрифицированных соматических и половых клеток.

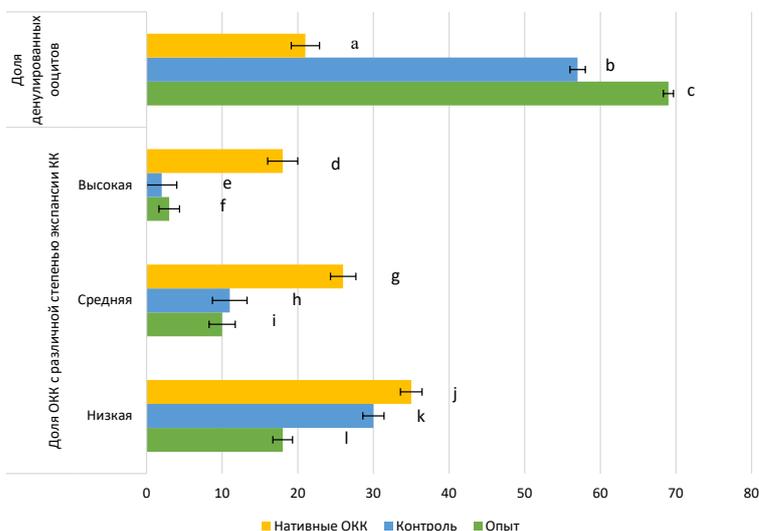
Минимальная доля ооцитов без кумулюса (21%) обнаружена в группе нативных гамет, что достоверно ниже доли денудированных ооцитов, интраовариально витрифицированных как без (65%,  $p < 0,001$ ), так и с использованием раствора в TTP<sub>EG</sub>\*10PEG в концентрации 2% (50%,  $p < 0,001$ ). Кроме того, внесение TTP<sub>EG</sub>\*10PEG в криопротектор снизило долю денудированных гамет на 15% в сравнении с контрольной группой (50% против 65% соответственно,  $p < 0,05$ ).

В контрольной группе достоверно снизился уровень гамет со средней экспансией КК до 8% по сравнению с нативными ОКК 26% ( $p < 0,001$ ).

После витрификации, вероятно, из-за быстрого снижения температуры, резко уменьшается доля гамет с высокой экспансией клеток кумулюса в сравнении с долей нативных клеток (18% на 13% в контрольной и на 14% в опытной группах ( $p < 0,005$ )). Последнее может быть вызвано ростом денудированных клеток

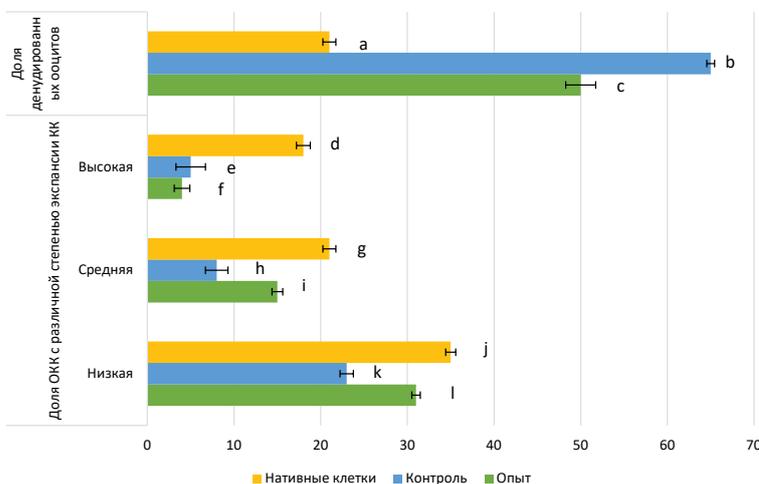
**Рис. 4.** Морфология кумулюса ооцит-кумулясных комплексов из фрагментов яичников, подвергшихся краткосрочному низкотемпературному хранению (5 °С, 3 часа), ( $n = 1014$ ): контроль — ОКК после экспозиции в ФСБ; опыт — ОКК после экспозиции в ФСБ с добавлением 2% TTP<sub>EG</sub>\*10PEG. Достоверные различия по критерию  $\chi^2$ :  $p < 0,05$ ; g,h, j;l, k;l,  $p < 0,005$ ; d:e, d:f, g;i,  $p < 0,001$  a:b, a:c

**Fig. 4.** Morphology of cumulus of oocyte-cumulus complexes from ovarian fragments subjected to short-term low-temperature storage (5 °C, 3 hours), ( $n = 1014$ ): control — COC after exposure to the FSB; experience — COC after exposure to PBS with the addition of 2% TTP<sub>EG</sub>\*10PEG. Significant differences according to the  $\chi^2$  criterion: g:h, j;l, k;l  $p < 0.05$ , d:e, d:f, g:i  $p < 0.005$ , a:b, a:c  $p < 0.001$



**Рис. 5.** Оценка морфологии ОКК после витрификации фрагментов яичников свиней (-196 °С, 24 часа) с использованием TTP<sub>EG</sub>\*10PEG ( $n = 740$ ): контроль — ОКК после витрификации; опыт — ОКК после витрификации с добавлением 2% TTP<sub>EG</sub>\*10PEG. Достоверные различия по критерию  $\chi^2$ : a:b, a:c, g:h  $p < 0,001$ , d:e, d:f  $p < 0,005$ , b:c  $p < 0,05$

**Fig. 5.** Assessment of the morphology of COC after vitrification of fragments of pig ovaries (-196 °C, 24 hours) using TTP<sub>EG</sub>\*10PEG ( $n = 740$ ): control — COC after vitrification; experience — COC after vitrification with the addition of 2% TTP<sub>EG</sub>\*10PEG. Significant differences according to the  $\chi^2$  criterion: a:b, a:c, g:h  $p < 0.001$ , d:e, d:f  $p < 0.005$ , b:c  $p < 0.05$



**Таблица 1.** Влияние TTP<sub>EG</sub>\*10PEG на морфологию ооцитов из фрагментов яичников, подвергшихся краткосрочному низкотемпературному хранению (5 °С, 3 часа), ( $n = 793$ )

**Table 1.** Effect of TTP<sub>EG</sub>\*10PEG on the morphology of oocytes from ovarian fragments subjected to short-term low-temperature storage (5 °C, 3 hours), ( $n = 793$ )

Группы эксперимента	n (%) ооцитов с признаками морфологической дегенерации	Всего, n
Нативные клетки	20(8) <sup>a</sup>	258
Контроль	39(13) <sup>b</sup>	309
Опыт	11(5) <sup>c</sup>	226

Примечание: контроль — ОКК после экспозиции в ФСБ; опыт — ОКК после экспозиции в ФСБ с добавлением 2% TTP<sub>EG</sub>\*10PEG. Достоверные различия по критерию  $\chi^2$ : b:c  $p < 0,005$   
 Note: control — COC after exposure to the FSB; experience — COC after exposure to PBS with the addition of 2% TTP<sub>EG</sub>\*10PEG. Significant differences according to the  $\chi^2$  criterion: b:c  $p < 0.005$

в результате драматического разрыва ооцит-кумулясных коммуникаций.

Обнаружены достоверные различия между долями нативных и витрифицированных в контрольных условиях гамет с признаками морфологической дегенерации (8% против 17% соответственно,  $p < 0,005$ ).

Показано снижение доли дегенерированных гамет, витрифицированных в опытных условиях в сравнении с долей ооцитов, замороженных в контрольных условиях (8% против 17% соответственно,  $p < 0,005$ ). При этом доля морфологически дегенерированных гамет опытной группы соответствовала уровню нативных ооцитов (8%).

Внесение ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG в фосфатно-солевой буфер для экспозиции при температуре 5 °С в течение 3 часов оказывает криозащитный эффект на проницаемость клеточных мембран как кумулюсных клеток, так и ооцитов. Проявление данного свойства выразилось в тенденции к увеличению доли ооцит-кумулясных комплексов без окраски лиссаминовым зеленым на 7%. Кроме того, воздействие ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG не оказывает токсического воздействия на гаметы, что подтверждается снижением долей выделенных ооцитов с признаками морфологической дегенерации в условиях как низких, так и сверхнизких температур.

Выявленные показатели опытных клеток, по всей видимости, зависят от структурных особенностей глицероля, содержащего титан, поскольку глицероля имеет свойство хорошо растворяться в воде с выделением содержащих титан структур. В организме титан может выполнять противомикробную функцию за счет уникального свойства при УФ-облучении, приводящего к образованию синглетного кислорода и супероксид-аниона, которые способны повреждать клеточные оксиданты [13].

Однако в свободном виде титан используется организмами редко, несколько чаще встречаются варианты металлопротеинов, в том числе содержащих титан [14]. В целом в организме больше используются формы растворимых гидроксидов в виде органических или минеральных комплексов.

Таблица 2. Влияние ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG на показатели морфологической дегенерации ооцитов из девитрифицированных фрагментов яичников свиней (-196 °С, 24 часа), ( $n = 740$ )

Table 2. Effect of ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG on indicators of morphological degeneration of oocytes from devitrified fragments of pig ovaries (-196 °C, 24 hours), ( $n = 740$ )

Группа эксперимента	Доля ооцитов с признаками морфологической дегенерации, $n$ (%)	Всего, $n$
Нативные ОКК	20 (8) <sup>a</sup>	258
Контроль	38 (17) <sup>b</sup>	230
Опыт	19 (8) <sup>c</sup>	252

Примечание: контроль — ОКК после витрификации; опыт — ОКК после витрификации с добавлением 2% ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG. Достоверные различия по критерию  $\chi^2$ :  $p < 0,005$  <sup>a,b,c</sup>.

Note: control — COC after vitrification; experience — COC after vitrification with the addition of 2% ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG. Significant differences according to the  $\chi^2$  criterion: <sup>a,b,c</sup>  $p < 0,005$

Основываясь на вышесказанном, можно предполагать, что при взаимодействии с фосфатно-солевым буферным раствором или криопротектором из глицероля образуются содержащие титан компоненты, которые оказывают непосредственное протекторное воздействие на содержимое клетки, проникая через поры клетки или же обволакивая оболочку клетки.

### Выводы/Conclusions

В результате исследования проведен комплексный анализ морфологии ооцит-кумулясных комплексов овариальных фолликулов свиней после воздействия низких и сверхнизких температур при введении ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG в схему протокола.

Выявлены протекторный и криопротекторный эффекты тетраполиэтиленгликоля титана в 10-кратном мольном избытке полиэтиленгликоля на морфологические показатели соматических и половых клеток овариальных фолликулов свиней. Данные выражались в снижении уровней дегенерированных ооцитов, а также высоких показателях ОКК с низкой экспансией кумулюсных клеток.

Таким образом, результаты эксперимента могут быть использованы в технологии интраовариальной витрификации женских репродуктивных клеток на основе углубленного анализа воздействия ТТР<sub>EG</sub>\*10PEG на структурные компартменты ооцитной гаметы.

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

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме ГЗ № НИОКТР 124020200127-7.

### FUNDING

The study was funded by scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic No. НИОКТР 124020200127-7.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Kuzmina T.I., Chistyakova I.V. Evaluation of developmental competence of *Sus scrofa domestica* (L.) oocyte-cumulus complexes after intra- and extraovarian vitrification. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021; 25(6): 613–619. <https://doi.org/10.18699/VJ21.069>
- Amstislavsky S., Mokrousova V., Brusentsev E., Okotrub K., Comizzoli P. Influence of Cellular Lipids on Cryopreservation of Mammalian Oocytes and Preimplantation Embryos: A Review. *Biopreservation and Biobanking*. 2019; 17(1): 76–83. <https://doi.org/10.1089/bio.2018.0039>
- Хонина Т.Г., Сафронов А.П., Иваненко М.В., Чупахин О.Н., Пушин В.Г. Полиэтиленгликоляты титана и гидрогели на их основе. *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2014; 7: 1639–1642. <https://elibrary.ru/takvjf>
- Иваненко М.В., Хонина Т.Г., Чупахин О.Н. Фармакологически активные кремний-титансодержащие гидрогели на основе полиолатов. *Материалы XIV молодежной конференции по органической химии*. Екатеринбург. 2011; 109–112.

### REFERENCES

- Kuzmina T.I., Chistyakova I.V. Evaluation of developmental competence of *Sus scrofa domestica* (L.) oocyte-cumulus complexes after intra- and extraovarian vitrification. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25(6): 613–619. <https://doi.org/10.18699/VJ21.069>
- Amstislavsky S., Mokrousova V., Brusentsev E., Okotrub K., Comizzoli P. Influence of Cellular Lipids on Cryopreservation of Mammalian Oocytes and Preimplantation Embryos: A Review. *Biopreservation and Biobanking*. 2019; 17(1): 76–83. <https://doi.org/10.1089/bio.2018.0039>
- Honina T.G., Safronov A.P., Ivanenko M.V., Chupakhin O.N., Pushin V.G. Titanium polyethylene glycolates and hydrogels on the basis of the glycolates. *Russian Chemical Bulletin*. 2014; 63(7): 1639–1642. <https://doi.org/10.1007/s11172-014-0647-y>
- Ivanenko M.V., Honina T.G., Chupakhin O.N. Pharmacologically active silicon-titanium-containing hydrogels based on polyols. *Proceedings of the XIV youth conference on organic chemistry*. Yekaterinburg. 2011; 109–112.

5. Albertini D.F., Combelles C.M., Benecchi E., Carabatsos M.J. Cellular basis for paracrine regulation of ovarian follicle development. *Reproduction*. 2001; 121(5): 647–653. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1210647>
6. Tanghe S., Van Soom A., Nauwynck H., Coryn M., de Kruif A. Minireview: Functions of the cumulus oophorus during oocyte maturation, ovulation, and fertilization. *Molecular Reproduction and Development*. 2002; 61(3): 414–424. <https://doi.org/10.1002/mrd.10102>
7. Gilchrist R.B., Lane M., Thompson J.G. Oocyte-secreted factors: regulators of cumulus cell function and oocyte quality. *Human Reproduction Update*. 2008; 14(2): 159–177. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmm040>
8. Bartkova A. *et al.* Characterization of porcine oocytes stained with Lissamine Green B and their developmental potential *in vitro*. *Animal reproduction*. 2020; 17(4): e20200533. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0533>
9. Хонина Т.Г., Чупахин О.Н., Ларионов Л.П., Бояковская Т.Г., Суворов А.Л. Сольватоконплексы глицератов кремния и титана, обладающие транскутанной активностью, и гидрогели на их основе. Патент № 2322448 Российская Федерация. Дата начала отсчета срока действия патента: 10.01.2006. Опубликовано: 20.04.2008. <https://elibrary.ru/urbray>
10. Старикова Д.А., Кузьмина Т.И., Хонина Т.Г. Оценка цитотоксичности гидрогелей кремния на ооцитах свиней при интраовариальной витрификации. *Ветеринария и кормление*. 2023; 6: 71–74. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-16>
11. Coticchio G. *et al.* Oocyte maturation: gamete-somatic cells interactions, meiotic resumption, cytoskeletal dynamics and cytoplasmic reorganization. *Human Reproduction Update*. 2015; 21(4): 427–454. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmv011>
12. Khonina T.G., Safronov A.P., Ivanenko M.V., Shadrina E.V., Chupakhin O.N. Features of silicon- and titanium-polyethylene glycol precursors in sol-gel synthesis of new hydrogels. *Journal of Materials Chemistry B*. 2015; 3(27): 5490–5550. <https://doi.org/10.1039/C5TB00480B>
13. Zierden M.R., Valentine A.M. Contemplating a role for titanium in organisms. *Metallomics*. 2016; 8(1): 9–16. <https://doi.org/10.1039/c5mt00231a>
14. Paredes A., Loh B.M., Peduzzi O.M., Reig A.J., Buettner K.M. DNA Cleavage by a *De Novo* Designed Protein-Titanium Complex. *Inorganic Chemistry*. 2020; 59(16): 11248–11252. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.0c01707>
5. Albertini D.F., Combelles C.M., Benecchi E., Carabatsos M.J. Cellular basis for paracrine regulation of ovarian follicle development. *Reproduction*. 2001; 121(5): 647–653. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1210647>
6. Tanghe S., Van Soom A., Nauwynck H., Coryn M., de Kruif A. Minireview: Functions of the cumulus oophorus during oocyte maturation, ovulation, and fertilization. *Molecular Reproduction and Development*. 2002; 61(3): 414–424. <https://doi.org/10.1002/mrd.10102>
7. Gilchrist R.B., Lane M., Thompson J.G. Oocyte-secreted factors: regulators of cumulus cell function and oocyte quality. *Human Reproduction Update*. 2008; 14(2): 159–177. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmm040>
8. Bartkova A. *et al.* Characterization of porcine oocytes stained with Lissamine Green B and their developmental potential *in vitro*. *Animal reproduction*. 2020; 17(4): e20200533. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0533>
9. Khonina T.G., Chupakhin O.N., Larionov L.P., Boyakovskaya T.G., Suvorov A.L. Solvate complexes of silicon and titanium glycerates manifesting transcutan activity and hydrogels based thereon. *Patent No. 2322448 Russian Federation*. Starting date of the patent validity period: 10.01.2006. Published: 20.04.2008 (in Russian). <https://elibrary.ru/urbray>
10. Starikova D.A., Kuzmina T.I., Khonina T.G. Evaluation of the cytotoxicity of silicon hydrogels on porcine oocytes at intraovarian vitrification. *Veterinaria i kormlenie*. 2023; 6: 71–74 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-16>
11. Coticchio G. *et al.* Oocyte maturation: gamete-somatic cells interactions, meiotic resumption, cytoskeletal dynamics and cytoplasmic reorganization. *Human Reproduction Update*. 2015; 21(4): 427–454. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmv011>
12. Khonina T.G., Safronov A.P., Ivanenko M.V., Shadrina E.V., Chupakhin O.N. Features of silicon- and titanium-polyethylene glycol precursors in sol-gel synthesis of new hydrogels. *Journal of Materials Chemistry B*. 2015; 3(27): 5490–5550. <https://doi.org/10.1039/C5TB00480B>
13. Zierden M.R., Valentine A.M. Contemplating a role for titanium in organisms. *Metallomics*. 2016; 8(1): 9–16. <https://doi.org/10.1039/c5mt00231a>
14. Paredes A., Loh B.M., Peduzzi O.M., Reig A.J., Buettner K.M. DNA Cleavage by a *De Novo* Designed Protein-Titanium Complex. *Inorganic Chemistry*. 2020; 59(16): 11248–11252. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.0c01707>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Дарья Андреевна Старикова

научный сотрудник лаборатории биологии развития, кандидат биологических наук  
live8avis@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5324-4090>

##### Татьяна Ивановна Кузьмина

главный научный сотрудник лаборатории биологии развития, профессор, доктор биологических наук  
prof.kouzmina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4218-6080>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московское шоссе, 55А, пос. Тярлево, Пушкин, Санкт-Петербург, 196625, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Darya Andreevna Starikova

Researcher at the Laboratory of Developmental Biology, Candidate of Biological Sciences  
live8avis@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5324-4090>

##### Tatyana Ivanovna Kuzmina

Chief Researcher of the Laboratory of Developmental Biology, Professor, Doctor of Biological Sciences  
prof.kouzmina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4218-6080>

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moskovskoe shosse, village Tyarlevo, Pushkin, St. Petersburg, 196625, Russia

УДК 639.3.05

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-145-149

В.И. Тыщенко ✉  
 Ю.С. Щербаков  
 О.А. Николаева  
 В.П. Терлецкий

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия

✉ valeriter@mail.ru

Поступила в редакцию:  
26.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
12.07.2024

Принята к публикации:  
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-145-149

Valentina I. Tyshchenko ✉  
 Yuri S. Shcherbakov  
 Ojga A. Nikolaeva  
 Valery P. Terletsky

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia

✉ valeriter@mail.ru

Received by the editorial office:  
26.04.2024

Accepted in revised:  
12.07.2024

Accepted for publication:  
28.07.2024

## Выявление однонуклеотидных полиморфизмов в гене BMP-2 и их ассоциаций с продуктивными признаками радужной форели

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Аквакультура занимает всё большее место в рыбоводстве, так как позволяет получить больше продукции на единицу площади. Выведению новых пород радужной форели в последние годы уделяют особое внимание с целью получить формы рыбы, приспособленные к условиям аквакультуры. Одно из существенных селекционных достижений — ропшинская золотая форель, отличающаяся привлекательной окраской чешуи. В связи с появлением таких форм рыбы особую актуальность приобретают исследования для выявления генетических особенностей. Ген BMP-2 является важной детерминантой роста и развития рыбы, поэтому всестороннее изучение его структуры позволит выявить наиболее благоприятные генотипы у производителей для их использования в дальнейшей селекции и разведении.

**Цель работы** — выявить однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) в изучаемом гене и связать их наличие у родительских форм с их продуктивными признаками.

**Результаты.** После секвенирования было выявлено несколько SNP в разных позициях как в интронных областях гена, так и в экзонных. Были рассчитаны частоты встречаемости генотипов у родителей и проведено измерение ряда количественных признаков у потомства в количестве 50 особей от каждого скрещивания. В отдельных случаях удалось установить статистически значимые ассоциации между выявленными SNP и продуктивными признаками у самок и самцов — родителей полученного потомства. У самок установлена ассоциация между длиной головы и SNP в одном участке гена, а у самцов показана ассоциация другого полиморфизма с объемом эякулята.

**Ключевые слова:** радужная форель, ассоциация, секвенирование, продуктивные признаки, полиморфизм, ген BMP-2

**Для цитирования:** Тыщенко В.И., Щербаков Ю.С., Николаева О.А., Терлецкий В.П. Выявление однонуклеотидных полиморфизмов в гене BMP-2 и их ассоциаций с продуктивными признаками радужной форели. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 145–149.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-145-149>

© Тыщенко В.И., Щербаков Ю.С., Николаева О.А., Терлецкий В.П.

## Identification of single nucleotide polymorphisms in BMP-2 gene and their associations with productive traits in Rainbow Trout

### ABSTRACT

**Relevance.** Aquaculture is occupying an increasingly important place in fish farming, as it allows obtaining more products per unit area. In recent years, special attention has been paid to the development of new breeds of Rainbow Trout in order to obtain fish forms adapted to aquaculture conditions. One of the significant breeding achievements is the Ropshinsky golden trout, characterized by attractive scale coloration. Taking into account the emergence of such forms of fish, research to identify genetic characteristics is of particular relevance. The BMP-2 gene is an important determinant of fish growth and development, so a comprehensive study of its structure will allow us to identify the most favorable genotypes in producers for their use in further selection and breeding.

**Results.** The aim of the work is to identify single nucleotide polymorphisms (SNPs) in the studied gene and link their presence in parental forms with their productive traits. In particular, after sequencing, several SNPs were identified in different positions both in the intron and exon regions of the gene. The frequencies of occurrence of genotypes in parents were calculated and a number of quantitative traits were measured in the offspring numbered of 50 individuals from each crossing pair. In some cases, it was possible to establish statistically significant associations between the identified SNPs and productive traits in females and males — the parents of the resulting offspring. In females, an association was established between head length and SNP in one gene region, and in males, an association of another polymorphism with ejaculate volume has been demonstrated.

**Key words:** Rainbow Trout, associations, sequencing, productive traits, polymorphism, BMP-2 gene

**For citation:** Tyshchenko V.I., Shcherbakov Yu.S., Nikolaeva O.A., Terletsky V.P. Identification of single nucleotide polymorphisms in BMP-2 gene and their associations with productive traits in Rainbow Trout. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 145–149 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-145-149>

© Tyshchenko V.I., Shcherbakov Yu.S., Nikolaeva O.A., Terletsky V.P.

Радужная форель — один из наиболее распространенных видов рыб, используемых в аквакультуре в России и многих других стран. Аквакультура вносит значительный вклад в продовольственную и экономическую безопасность страны [1, 2], а также является предметом многочисленных генетических исследований [3]. Этот объект крайне интересен для изучения вследствие особенностей организации генома (триплоидность и тетраплоидность, определение пола в раннем развитии, дублированность ряда генов). Учитывая большое экономическое значение радужной форели и генетическую пластичность вида, эта рыба привлекла внимание не только генетиков, но и селекционеров.

Созданы породы радужной форели, которые отличаются высокими продуктивными качествами и приспособленностью к выращиванию в условиях аквакультуры с использованием коммерческих кормов. В частности, интерес представляет новое селекционное достижение — ропшинская золотая форель, которая имеет характерную золотистую окраску чешуи [4].

Данные по полному геному радужной форели сейчас доступны исследователям в базе данных NCBI<sup>1</sup>. Важным геном, влияющим на рост и развитие форели, является морфогенетический ген *BMP-2*, продукт которого — транскрипционный фактор для ряда других генов [5, 6].

По литературным данным, этот ген проявляет выраженную экспрессию в мышечной ткани не только у радужной форели, но и у рыб семейства карповых [7, 8]. Млекопитающие имеют только одну копию гена — *BMP-2*, в то время как у костистых рыб он дублирован, то есть представлен в двух копиях на разных хромосомах. Функциональное значение гена и его аллельные варианты в связи с формированием продуктивных признаков наиболее подробно изучались у овец, коз и птиц [9–12].

Белок, кодируемый геном, является индуктором пролиферации клеток ряда тканей и органов в процессе онтогенеза у рыб [13–15]. Несмотря на большой интерес к изучению этого участка генома рыб, многие вопросы остаются открытыми, в частности как однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) связаны с ростом и развитием особей.

*Цель работы* – обнаружить SNP и связать их наличие с продуктивными признаками у рыб в разные периоды роста и развития.

В рамках решения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Создать опытные группы радужной форели на базе ФСГЦР «Ропша», собрать фенотипические данные и биологический материал от самок и самцов.
2. Провести *in silico* дизайн праймеров для выбранного дублированного гена (*Bmp-2*), амплифицировать участки гена методом полимеразной цепной реакции.
3. Секвенировать выбранные участки гена и выявить связи генотипов с признаками.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Биологический материал в виде образцов крови из хвостовой вены форели собирали на базе Федерального селекционно-генетического центра рыбоводства (ФСГЦР), расположенного в Ленинградской области, в 2020–2022 годах.

Объект исследования — популяция радужной форели породы ропшинская золотая.

Для учета роста и развития потомства икру от 20 пар производителей закладывали на инкубацию согласно биотехнике выращивания радужной форели ФСГЦР<sup>2</sup>. В соответствии с технологической схемой разведения рыбы самки отбирались в возрасте 4 лет, а самцы — 2.

Самки и самцы скрещивались попарно с дальнейшей индивидуальной закладкой икры на инкубацию. Промеры потомков (длина тела по Смитсу, длина до конца чешуйчатого покрова, длина головы, высота тела, толщина тела)<sup>2</sup> учитывали ежемесячно на протяжении 6 месяцев.

Молекулярно-генетическая часть работы была проведена в 2021–2022 годах в лаборатории молекулярной генетики Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиале ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста» (ВНИИГРЖ) (г. Санкт-Петербург — Пушкин).

Учет показателей для каждой семьи проводили с помощью мерной доски. Учитывали такие продуктивные признаки, как масса, длина тела по Смитсу, длина до конца чешуйчатого покрова, длина головы, высота и толщина тела, вес икры, количество икры в 5 г, объем эякулята, подвижность спермы (сек/%)

Далее икра была заложена в инкубационные аппараты ИЛ-4 («Агромаш Интер», Россия). В процессе инкубации погибшая икра выбраковывалась. В анализ включили данные бонитировки потомства от использованных пар производителей.

Выделение геномной ДНК у самок и самцов проводилось фенольно-детергентным методом с последующим осаждением ДНК этанолом<sup>3</sup>.

Дизайн ПЦР-праймеров, специфичных для двух интронных участков гена *BMP-2* и одного экзона (хромосома 4), проводили по онлайн-программе Primer 3 Plus (Untergasser, Germany) (табл. 1).

Последовательности нуклеотидов указанных генов были найдены в литературе и взяты из доступной базы данных NCBI<sup>4</sup>.

Амплификацию методом ПЦР проводили на амплификаторе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США) в следующем режиме: 95 °C — 4 мин., 40 циклов 95 °C — 20 сек., 60 °C — 20 сек., 72 °C — 20 сек., финальная элонгация 72 °C — 4 минуты. ПЦР-продукт проверяли на электрофорезе в 2,0%-ном агарозном геле в буфере 0,5 x TBE.

Секвенирование по Сэнгеру полученного амплификата осуществляли с помощью генетического анализатора Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer (Thermo Fisher, USA) с использованием коммерческих наборов BigDye<sup>®</sup> Terminator v3.1 Sequencing Standard Kit (Thermo Fisher, USA) с теми же праймерами, с которыми проводилась амплификация согласно протоколу производителя.

Для выравнивания нуклеотидных последовательностей использовался программный пакет MEGA 6.06 (<https://www.megasoftware.net>, Tamura, Japan). Биометрическая обработка данных выполнена с помощью пакета Excel и Statistica 10 (США).

<sup>1</sup> [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCF\\_013265735.2/](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCF_013265735.2/)

<sup>2</sup> Голод В.М., Никандров В.Я., Терентьева Е.Г., Шиндавина Н.И. Методическое пособие «Селекционно-племенная работа с радужной форелью». Санкт-Петербург. 1995; 27.

<sup>3</sup> ГОСТ Р ИСО 21571-2014 Продукты пищевые. Методы анализа для обнаружения генетически модифицированных организмов и полученных из них продуктов.

<sup>4</sup> [http://www.ensembl.org/Oncorhynchus\\_mykiss/Gene/Summary?g=ENSOMYG00000032591;r=6:4843756-4934698](http://www.ensembl.org/Oncorhynchus_mykiss/Gene/Summary?g=ENSOMYG00000032591;r=6:4843756-4934698)

**Таблица 1. Праймеры, подобранные для амплификации участка экзона 1 и интронов 1 и 2 гена BMP-2 (4-я хромосома)**  
**Table 1. Primers selected for amplification of exon region and introns 1 and 2 in BMP-2 gene (chromosome 4)**

Название	Праймеры	Температура отжига
BMP-2_1_EX	F — GGGGAAGAGAAGGCCACCAATC R — GGTTCTGATCCTGGCCATATGTA	60 °C
BMP-2_1_IN	F — CTGCGAGCCCTTGAAGTAA R — CCTCCAGCAACACCTGAG	60 °C
BMP-2_2_IN	F' — TTTTCCAGACACGCACCCAC R' — AGCACTGTAATGTAGTGCSSA	60 °C

Выявление связей между генотипами и продуктивными признаками рыбы проводили путем вычисления достоверности разности между средними значениями количественного признака в выборках особей разного генотипа (типа AA, AB, BB). Расчет основывался на критерии достоверности *t*<sub>d</sub> по Стьюденту в соответствии с общепринятыми методиками статистического анализа (при *p* < 0,05).

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

При учете размерно-весовых показателей наблюдалась выраженная изменчивость по признакам, что является характерной особенностью как для взрослых производителей, так и для их растущего потомства.

Секвенирование участков гена *BMP-2*, локализованного на хромосоме 4, выявило ряд нуклеотидных замен самок и самцов (табл. 2, 3). В частности, в экзоне 1 выявлены SNP в позициях A70824367G и C70824570T, в интроне 1 — A70824829G, G70824841T и G70826709A. Частоты встречаемости генотипов существенно отличались у самок и самцов. Например, полиморфизм в позиции G70824841T у самок отмечался с частотой 0,5 (8 особей из 16) по генотипу GG (табл. 2), а у самцов генотип GG не встречался вовсе (табл. 3).

Выявленные SNP в участках гена *BMP-2* и бонитировочная информация о размерно-весовых и других признаках потомства генотипированных производителей позволили провести анализ ассоциаций (табл. 4). В позиции A70824829G гена *BMP-2-1IN* выявлена статистически значимая ассоциация между показателем «длина головы» и генотипами AA/AG, *p* < 0,05 у самок золотой форели. Генотип AG превосходит генотип AA по этому показателю (табл. 4).

**Таблица 2. Замены нуклеотидов в экзонах и интронах гена BMP-2 на 4-й хромосоме у самок и частоты генотипов**

**Table 2. Nucleotide replacement in exons and introns of BMP-2 gene on chromosome 4 in females and genotype frequencies**

SNP	BMP-2_1-EX		BMP-2_1-EX		BMP-2_1-IN		BMP-2_1-IN		BMP-2_2-IN	
	A70824367G		C70824570T		A70824829G		G70824841T		G70826709A	
Позиция	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ропшинская золотая	AA = 10	0,625	CC = 3	0,188	AA = 9	0,188	GG = 8	0,500	AA = 5	0,313
	AG = 5	0,313	CT = 13	0,813	AG = 6	0,500	GT = 8	0,500	AG = 8	0,500
	GG = 1	0,063	TT = 0	0,000	GG = 1	0,313	TT = 0	0,000	GG = 3	0,188

Примечание: 1 — генотип, 2 — частота встречаемости генотипа.

**Таблица 3. Замены нуклеотидов в экзонах и интронах гена BMP-2 на 4-й хромосоме у самцов и частоты генотипов**

**Table 3. Nucleotide replacement in exons and introns of BMP-2 gene on chromosome 4 in males and genotype frequencies**

SNP	BMP-2_1-EX		BMP-2_1-EX		BMP-2_1-IN		BMP-2_1-IN		BMP-2_2-IN	
	A70824367G		C70824570T		A70824829G		G70824841T		G70826709A	
Позиция	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ропшинская золотая	AA = 6	0,375	CC = 6	0,375	AA = 9	0,563	GG = 0	0,000	AA = 1	0,063
	AG = 8	0,500	CT = 10	0,625	AG = 6	0,375	GT = 13	0,813	AG = 6	0,375
	GG = 2	0,125	TT = 0	0,000	GG = 1	0,063	TT = 3	0,188	GG = 9	0,563

Примечание: 1 — генотип, 2 — частота встречаемости генотипа.

**Таблица 4. Ассоциации генотипов в гене BMP-2\_1IN (позиция A70824829G) на 4-й хромосоме с размерно-весовыми показателями у самок золотой форели**

**Table 4. Associations of genotypes in BMP-2\_1IN (position A70824829G) on chromosome 4 with size and weight traits in females of golden trout**

Позиция	A70824829G	Генотип AA (n = 9)	Генотип AG (n = 6)
	Масса рыбы, г		3111,67 ± 288,39
Длина тела по Смиту, см		56,83 ± 4,16	56,18 ± 1,11
Длина тела чешуйчатого покрова, см		49,50 ± 1,10	51,90 ± 0,99
Длина головы, см		10,23 ± 0,13 <sup>a</sup>	10,95 ± 0,23 <sup>a</sup>
Высота тела, см		16,53 ± 0,48	17,00 ± 0,32
Толщина тела, см		7,37 ± 0,34	7,53 ± 0,16
Масса икры, г		346,67 ± 49,35	353,75 ± 19,03
Количество икринок в 5 г, шт.		83,00 ± 4,04	88,38 ± 2,71
Масса одной икринки, мг		60,67 ± 2,91	58,25 ± 1,67

Примечание: AA/AG (a-в, *p* < 0,05).

Несмотря на то что средние показатели массы рыбы у носителей генотипа AG были выше, чем у представителей с генотипом AA (3498 vs 3111), статистической значимости различия не достигли вследствие высоких значений ошибок средних. Учитывая, что интронные участки генов не кодируют аминокислотную последовательность в белках, но могут иметь регулируемую активность, последняя, вероятно, определяет функциональное значение замены одного нуклеотида в интроне гена *BMP-2-1IN* в позиции A70824829G как у самок, так и у самцов.

У самцов золотой форели также выявлена ассоциация замены (генотипы GT/TT) в позиции G70824841T интрона гена *BMP-2\_1IN* с показателем «объем эякулята» *p* < 0,01. Особи с генотипом GT превосходили по этому показателю рыб с генотипом TT (5,07 и 3,43 мл соответственно). По другим признакам, таким как масса рыбы, длина тела по Смиту и подвижность сперматозоидов, статистически значимых ассоциаций выявлено не было (табл. 5). Эти данные указывают на то, что интронные участки гена *BMP-2* участвуют в регуляции экспрессии других генов, вовлеченных в спермопродукцию у рыб.

Ранее уже были опубликованы данные о том, что некодирующие участки ДНК, к которым относят и интроны, могут иметь регулируемую функцию у рыб, других животных и человека [12, 16].

**Таблица 5. Ассоциации генотипов в гене BMP-2\_11N (позиция G70824841T) на 4-й хромосоме с размерно-весовыми показателями у самцов золотой форели**

**Table 5. Associations of genotypes in BMP-2\_11N (position G70824841T) on chromosome 4 with size and weight traits in males of golden trout**

G70824841T	Генотип GT (n = 13)	Генотип TT (n = 3)
Позиция		
Масса рыбы, г	663,85±40,81	695,00±79,11
Длина тела по Смиту, см	34,57±0,73	36,57±1,67
V эякулята, мл	5,07±0,38 <sup>a</sup>	3,43±0,28 <sup>b</sup>
Подвижность, сек/%	25,85±0,55	25,67±1,33

Примечание: GT/TT (a-b, p < 0,01)

### Выводы/Conclusions

Таким образом, подбор производителей форели по цвету чешуи и хозяйственно ценным признакам (масса тела, длина тела по Смиту, масса икры, объем эякулята и др.) и выращивание рыб новой селекционной

формы — ропшинская золотая форель — позволили провести учет фенотипических признаков для дальнейшей работы.

Используя базу данных NCBI, впервые были подобраны праймеры *in silico* для амплификации изучаемых участков одного экзона и двух интронов гена *BMP-2* в геноме радужной форели. Анализ данных секвенирования этих участков на предмет наличия SNP приводит к выявлению статистически значимых ассоциаций между полиморфизмами и продуктивными признаками, такими как длина головы у самок и объем эякулята у самцов.

Данные результаты о связи однонуклеотидных полиморфизмов в позициях A70824829G и G70824841T с продуктивными признаками, такими как длина головы у самок и объем эякулята у самцов, можно использовать при подборе пар производителей, несущих эти аллели, с целью получения потомства с этими желательными признаками в коммерческих целях.

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

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме ГЗ № 124020200114-7.

### FUNDING

The study was funded by scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic No. 124020200114-7.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожурин Я. Аквакультура в Чешской Республике: прошлое, настоящее и будущее. *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2015; (1–2): 56–60. <https://elibrary.ru/ticesd>
2. Карпенко Л.Ю. и др. Анализ возрастной динамики морфологических показателей крови форели радужной в условиях аквакультуры. *Международный вестник ветеринарии*. 2023; 4: 236–243. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.236>
3. Leeds T.D., Vallejo R.L., Weber G.M., Gonzalez-Pena D., Silverstein J.T. Response to five generations of selection for growth performance traits in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 2016; 465: 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.036>
4. Никандров В.Я., Шиндавина Н.И., Голод В.М., Терентьева Е.Г. Новое селекционное достижение – форель Ропшинская золотая. *Рыбное хозяйство*. 2019; 4: 83–88. <https://elibrary.ru/wtklit>
5. Li B., Zhang Y.-W., Liu X., Ma L., Yang J.-X. Molecular mechanisms of intermuscular bone development in fish: a review. *Zoological Research*. 2021; 42(3): 362–376. <https://doi.org/10.24272/zj.issn.2095-8137.2021.044>
6. Wu Y., Sun A., Nie C., Gao Z.-x., Wan S.-M. Functional differentiation of *bmp2a* and *bmp2b* genes in zebrafish. *Gene Expression Patterns*. 2022; 46: 119288. <https://doi.org/10.1016/j.gep.2022.119288>
7. Su S.Y. et al. Molecular cloning and single nucleotide polymorphism analysis of *IGF2a* genes in the common carp (*Cyprinus carpio*). *Genetics and Molecular Research*. 2012; 11(2): 1327–1340. <https://doi.org/10.4238/2012.May.15.3>
8. Zhang W.-Z., Lan T., Nie C.-H., Guan N.-N., Gao Z.-X. Characterization and spatiotemporal expression analysis of nine bone morphogenetic protein family genes during intermuscular bone development in blunt snout bream. *Gene*. 2018; 642: 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2017.11.027>
9. Chalbi S. et al. Haplotype structure of *MSTN*, *IGF1*, and *BMP2* genes in Tunisian goats (*Capra hircus*) and their association with morphometric traits. *Tropical Animal Health and Production*. 2023; 55: 2. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03403-4>
10. Zhu C., Li N., Cheng H., Ma Y. Genome wide association study for the identification of genes associated with tail fat deposition in Chinese sheep breeds. *Biology Open*. 2021; 10(5): bio054932. <https://doi.org/10.1242/bio.054932>
11. Imran F.S., Al-Thuwaini T.M. The novel C268A variant of *BMP2* is linked to the reproductive performance of Awassi and Hamdani sheep. *Molecular Biology Reports*. 2024; 51: 267. <https://doi.org/10.1007/s11033-024-09274-2>
12. Yuan M. et al. A Functional Variant Alters the Binding of *Bone morphogenetic protein 2* to the Transcription Factor NF-κB to Regulate *Bone morphogenetic protein 2* Gene Expression and Chicken Abdominal Fat Deposition. *Animals*. 2023; 13(21): 3401. <https://doi.org/10.3390/ani13213401>
13. Dong G. et al. Myt1 regulates Bmp signaling to promote embryonic exocrine pancreas growth in zebrafish. *Genesis*. 2020; 58(2): e23345. <https://doi.org/10.1002/dvg.23345>

### REFERENCES

1. Kouřil J. Aquaculture in Czech Republic: history, present and future. *Fish Breeding and Fisheries*. 2015; (1–2): 56–60 (in Russian). <https://elibrary.ru/ticesd>
2. Karpenko L.Yu. et al. Analysis of age dynamics of morphological indicators of the blood of rainbow trout under aquaculture conditions. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2023; 4: 236–243 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.236>
3. Leeds T.D., Vallejo R.L., Weber G.M., Gonzalez-Pena D., Silverstein J.T. Response to five generations of selection for growth performance traits in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 2016; 465: 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.08.036>
4. Nikandrov V.Ya., Shindavina N.I., Golod V.M., Terentyeva E.G. A new breeding achievement — Ropshin gold trout. *Fisheries*. 2019; 4: 83–88 (in Russian). <https://elibrary.ru/wtklit>
5. Li B., Zhang Y.-W., Liu X., Ma L., Yang J.-X. Molecular mechanisms of intermuscular bone development in fish: a review. *Zoological Research*. 2021; 42(3): 362–376. <https://doi.org/10.24272/zj.issn.2095-8137.2021.044>
6. Wu Y., Sun A., Nie C., Gao Z.-x., Wan S.-M. Functional differentiation of *bmp2a* and *bmp2b* genes in zebrafish. *Gene Expression Patterns*. 2022; 46: 119288. <https://doi.org/10.1016/j.gep.2022.119288>
7. Su S.Y. et al. Molecular cloning and single nucleotide polymorphism analysis of *IGF2a* genes in the common carp (*Cyprinus carpio*). *Genetics and Molecular Research*. 2012; 11(2): 1327–1340. <https://doi.org/10.4238/2012.May.15.3>
8. Zhang W.-Z., Lan T., Nie C.-H., Guan N.-N., Gao Z.-X. Characterization and spatiotemporal expression analysis of nine bone morphogenetic protein family genes during intermuscular bone development in blunt snout bream. *Gene*. 2018; 642: 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2017.11.027>
9. Chalbi S. et al. Haplotype structure of *MSTN*, *IGF1*, and *BMP2* genes in Tunisian goats (*Capra hircus*) and their association with morphometric traits. *Tropical Animal Health and Production*. 2023; 55: 2. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03403-4>
10. Zhu C., Li N., Cheng H., Ma Y. Genome wide association study for the identification of genes associated with tail fat deposition in Chinese sheep breeds. *Biology Open*. 2021; 10(5): bio054932. <https://doi.org/10.1242/bio.054932>
11. Imran F.S., Al-Thuwaini T.M. The novel C268A variant of *BMP2* is linked to the reproductive performance of Awassi and Hamdani sheep. *Molecular Biology Reports*. 2024; 51: 267. <https://doi.org/10.1007/s11033-024-09274-2>
12. Yuan M. et al. A Functional Variant Alters the Binding of *Bone morphogenetic protein 2* to the Transcription Factor NF-κB to Regulate *Bone morphogenetic protein 2* Gene Expression and Chicken Abdominal Fat Deposition. *Animals*. 2023; 13(21): 3401. <https://doi.org/10.3390/ani13213401>
13. Dong G. et al. Myt1 regulates Bmp signaling to promote embryonic exocrine pancreas growth in zebrafish. *Genesis*. 2020; 58(2): e23345. <https://doi.org/10.1002/dvg.23345>

14. Christian J. A tale of two receptors: Bmp heterodimers recruit two type I receptors but use the kinase activity of only one. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021; 118(19): e2104745118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2104745118>

15. Yang G. *et al.* A Comparative Genomic and Transcriptional Survey Providing Novel Insights into Bone Morphogenetic Protein 2 (*bmp2*) in Fishes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20(24): 6137. <https://doi.org/10.3390/ijms20246137>

16. Justice C.M. *et al.* A variant associated with sagittal nonsyndromic craniosynostosis alters the regulatory function of a non-coding element. *American Journal of Medical Genetics — Part A*. 2017; 173(11): 2893–2897. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.38392>

14. Christian J. A tale of two receptors: Bmp heterodimers recruit two type I receptors but use the kinase activity of only one. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021; 118(19): e2104745118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2104745118>

15. Yang G. *et al.* A Comparative Genomic and Transcriptional Survey Providing Novel Insights into Bone Morphogenetic Protein 2 (*bmp2*) in Fishes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20(24): 6137. <https://doi.org/10.3390/ijms20246137>

16. Justice C.M. *et al.* A variant associated with sagittal nonsyndromic craniosynostosis alters the regulatory function of a non-coding element. *American Journal of Medical Genetics — Part A*. 2017; 173(11): 2893–2897. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.38392>

#### ОБ АВТОРАХ

##### **Валентина Ивановна Тыщенко**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
tinatvi@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4964-9938>

##### **Юрий Сергеевич Щербаков**

кандидат биологических наук, младший научный сотрудник  
yura.10.08.94.94@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6434-6287>

##### **Ольга Анатольевна Николаева**

младший научный сотрудник  
trantoburito@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3828-1111>

##### **Валерий Павлович Терлецкий**

доктор биологических наук, профессор лаборатории  
valeriter@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4043-3823>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### **Valentina Ivanovna Tyshchenko**

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher  
tinatvi@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4964-9938>

##### **Yuriy Sergeevich Shcherbakov**

Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher  
yura.10.08.94.94@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6434-6287>

##### **Olga Anatolyevna Nikolaeva**

Junior Researcher  
trantoburito@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3828-1111>

##### **Valery Pavlovich Terletsky**

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Laboratory  
valeriter@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4043-3823>

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moskovskoe Shosse, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

УДК 633.112:631.52:631.559

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-150-154

А.С. Иванисова ✉

Д.М. Марченко

Аграрный научный центр «Донской»,  
Зерноград, Россия

✉ kameneva.anka2016@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
02.05.2024Одобрена после рецензирования:  
13.07.2024Принята к публикации:  
29.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-150-154

Anna S. Ivanisova ✉

Dmitry M. Marchenko

Agricultural Research Center “Donskoy”,  
Zernograd, Russia

✉ kameneva.anka2016@yandex.ru

Received by the editorial office:  
02.05.2024Accepted in revised:  
13.07.2024Accepted for publication:  
29.07.2024

## Использование селекционных индексов при оценке продуктивности озимой твердой пшеницы

### РЕЗЮМЕ

Особое внимание уделяется роли генетико-физиологических систем сельскохозяйственных растений, которые вносят свой вклад в повышение урожайности и могут быть оценены в виде селекционных индексов.

Исследования проводились в южной зоне Ростовской области на опытных участках ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2021–2023 гг. с целью изучения селекционных индексов у перспективных сортов и линий озимой твердой пшеницы и их влияния на урожайность. Изучали следующие селекционные индексы: мексиканский, канадский, потенциала колоса, продуктивности растений и перспективности.

Рассматривая мексиканский индекс, который отражает возможности механических тканей соломины, были выделены 8 образцов с высокими значениями в сравнении со стандартным сортом Кристелла: Лакомка, Хризолит, Придонье, 536/19, 971/19, 1147/19, 1174/19, 1037/17 (0,020–0,023 г/см). Канадский индекс находился в пределах от 4,93 шт/см у стандарта до 7,13 шт/см у стандарта сорта Хризолит. По индексу потенциала колоса сорта и линии варьировали от 0,082 см/см у стандартного сорта Кристелла до 0,097 см/см у линии 536/19. Индекс перспективности показывает способность соломины транспортировать пластические вещества в зерно. По данному показателю изучаемые образцы находились в пределах от 42,7% (Графит) до 55,4% (536/19). Согласно классификации, сорта и линии озимой твердой пшеницы варьировали от низкой (ИПР < 7,0; масса зерна с колоса — до 1,5 г) до высокой продуктивности (ИПР > 11,0; масса зерна с колоса — более 2,0 г). В данных исследованиях была отмечена достоверная взаимосвязь урожайности с индексом потенциала колоса ( $r = 0,57 \pm 0,22$ ).

**Ключевые слова:** озимая твердая пшеница, селекционный индекс, урожайность, элементы структуры урожая, сорт

**Для цитирования:** Иванисова А.С., Марченко Д.М. Использование селекционных индексов при оценке продуктивности озимой твердой пшеницы. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 150–154.  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-150-154>

© Иванисова А.С., Марченко Д.М.

## The use of breeding indices when estimating winter durum wheat productivity

### ABSTRACT

Special attention is currently being paid to the role of genetic and physiological systems that contribute to improving productivity and can be estimated in the form of indices.

The current study was carried out in the southern part of the Rostov region at the experimental plots of the FSBSI «ARC “Donskoy”» in 2021–2023 aimed at studying the breeding indices of promising winter durum wheat varieties and lines and their effect on productivity. There have been considered such breeding indices as Mexican, Canadian, ear potential, plant productivity and prospects.

Considering the Mexican index, which reflects the capabilities of the mechanical tissues of straw, there have been identified 8 samples Lakomka, Khrizolit, Pridonie, 536/19, 971/19, 1147/19, 1174/19, 1037/17 with high values (0.020–0.023 g/cm) in comparison with the standard variety Kristella. The Canadian index ranged from 4.93 pcs./cm for the standard variety to 7.13 pcs./cm for the variety Khrizolit. According to ear potential index, the varieties and lines varied from 0.082 cm/cm for the standard variety Kristella to 0.097 cm/cm for the line 536/19. The index of prospects shows the ability of straw to transport plastic substances into grain. According to this indicator, the studied samples ranged from 42.7% (the variety Grafit) to 55.4% (the line 536/19). According to the classification, the winter durum wheat varieties and lines varied from low (IPR < 7.0; grain weight per ear was up to 1.5 g) to high productivity (IPR > 11.0; grain weight per ear was more than 2.0 g). In these studies, there was a significant correlation between yield and the ear potential index ( $r = 0.57 \pm 0.22$ ).

**Key words:** winter durum wheat, breeding index, productivity, elements of the crop structure, variety

**For citation:** Ivanisova A.S., Marchenko D.M. The use of breeding indices when estimating winter durum wheat productivity. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 150–154 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-150-154>

© Ivanisova A.S., Marchenko D.M.

## Введение/Introduction

В системе интенсивного растениеводства сорту, как одному из основных средств производства, отводится важное место [1].

Создание высокопродуктивных генотипов с высоким качеством зерна, приспособленных к определенным погодно-климатическим условиям среды, — одна из основных народно-хозяйственных проблем в настоящее время [2].

Одной из задач селекции пшениц является повышение потенциала зерновой продуктивности. В связи с этим необходимы знания о степени сопряженности отдельных элементов структуры урожая между собой и непосредственно с зерновой продуктивностью [3, 4].

Урожайность нельзя рассматривать как простой признак — это комплекс, образованный взаимодействием частных показателей. Главными компонентами, участвующими в формировании урожая, являются число колосьев на единицу площади и продуктивность одного колоса, которая складывается из числа зерен и массы зерновки. Каждый из них — результат генетического взаимодействия многих факторов и агроэкологических условий [5, 6].

Чтобы получить успех в работе, необходимо знать сущность и причинные связи между отдельными компонентами, участвующими в формировании урожая.

Трудности, с которыми сталкиваются селекционеры при проведении отбора на урожайность, всегда заставляют искать и другие критерии, на основе которых можно было бы вести отбор лучших по продуктивности генотипов. Поэтому особое внимание стали уделять роли генетико-физиологических систем, которые вносят свой вклад в повышение урожайности и могут быть оценены в виде индексов [7].

*Цель исследований* — на основе структурного анализа урожайности оценить перспективные сорта и линии озимой твердой пшеницы по селекционным индексам.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Опыты проводились в 2021–2023 гг. в южной зоне Ростовской области на полях лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской»» по предшественнику сидеральный пар. Материалом для исследований послужили сорта озимой твердой пшеницы: Диона, Услава, Лакомка, Динас, Эллада, Хризолит, Придонье, Графит, Каротинка и линии 536/19, 971/19, 1147/19, 1174/19, 1037/17 селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской»», в качестве стандарта использовался сорт Кристелла — также от ФГБНУ «АНЦ «Донской»».

Закладка и проведение исследований осуществлялись по методике полевого опыта<sup>1</sup>. Посев проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed S (Австрия) рядовым способом с нормой высева 450 всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup>. Площадь делянок — 10 м<sup>2</sup>, повторность — шестикратная.

Фенологические наблюдения, структурный анализ проводили согласно методике Государственного сортоиспытания с.-х. культуры РФ<sup>2</sup>.

Массу 1000 зерен определяли согласно ГОСТ 12042<sup>3</sup>.

При оценке продуктивности использовали различные селекционные индексы [8]:

✓ мексиканский индекс (Mx) — масса зерна с колоса (высота растения);

- ✓ канадский индекс (Ki) — масса зерна с колоса (длина колоса);
- ✓ индекс продуктивности растений (ИПР), представляющий собой отношение произведения числа зерен колоса на вес зерна с колоса к длине колоса;
- ✓ индекс потенциала колоса (ИПК) — длина колоса (высота растений);
- ✓ индекс перспективности (Jp) — процентное отношение массы 1000 зерен к длине стебля.

Математическая обработка экспериментального материала проводилась с помощью специальных программ Microsoft Office Excel, Statistica 6.0 (США).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Потенциально твердая пшеница — культура высокопродуктивная, при создании для нее благоприятных условий она может давать урожаи, не уступающие мягкой, а иногда превосходить ее [9].

Урожайность сортов и линий озимой твердой пшеницы в годы исследований (2021–2023 гг.) варьировала от 7,86 т/га у стандартного сорта Кристелла до 9,42 т/га у сорта Графит (рис. 1).

Максимальную прибавку относительно стандартного сорта Кристелла ( $HCP_{05} = \pm 0,44$  т/га) по данному признаку сформировали: 1147/19 (+1,29 т/га), 536/19 (+1,32 т/га), Придонье (+1,38 т/га), 1174/19 (+1,42 т/га), Графит (+1,56 т/га).

Известно, что низкорослые формы озимой твердой пшеницы более успешно противостоят полеганию и в силу этого способны давать высокие урожаи зерна, соответствующие требованиям интенсивного земледелия [10].

Высота растений изучаемых сортов и линий колебалась от 86,3 см (Хризолит) до 95,1 см (Каротинка) (рис. 2).

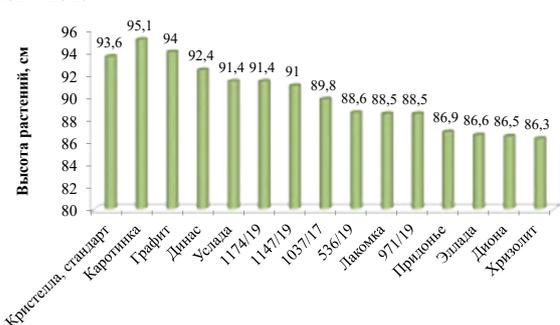
**Рис. 1.** Урожайность сортов и линий озимой твердой пшеницы, 2021–2023 гг.

**Fig. 1.** Productivity of the winter durum wheat varieties and lines, 2021–2023



**Рис. 2.** Высота растений сортов и линий озимой твердой пшеницы, 2021–2023 гг.

**Fig. 2.** Plant height of the winter durum wheat varieties and lines, 2021–2023



<sup>1</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс. 2014; 351.

<sup>2</sup> Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Группа Компаний Море. 2019; 1: 384.

<sup>3</sup> ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.

Согласно распределению В.Ф. Дорофеева (1987 г.)<sup>4</sup> все образцы относились к короткостебельной группе растений (86 105 см).

Особый интерес для селекции на низкорослость представляют сорта Хризолит, Диона, Эллада, Придонье с высотой растений 86,3–86,9 см.

Для характеристики изучаемых сортов и линий по селекционным индексам использовались следующие структурные элементы урожайности: длина колоса, масса зерна с колоса и количество зерен в нем, масса 1000 зерен (табл. 1).

Длина колоса сортов и линий озимой твердой пшеницы находилась в пределах от 6,6 см (Диона) до 8,8 см (Графит). Длинный колос (8–9 см) имели линии 1174/19 (8,4 см), 1147/19, 536/16 (8,6 см) и сорт Графит (8,8 см).

Число зерен в колосе имеет важное значение в повышении продуктивности растений [10]. В данных исследованиях этот признак образцов варьировал от 37,0 шт. (Эллада) до 52,3 шт. (1174/19). Максимальное число зерен в колосе ( $S_x = \pm 5,1$ ) сформировали сорта Лакомка (49,1 шт.), Хризолит (51,1 шт.), Придонье (47,8 шт.) и линии 1174/19 (52,3 шт.), 1147/19 (48,8 шт.), 971/19 (45,5 шт.), 1037/17 (43,3 шт.).

Масса зерна с колоса сортов и линий озимой твердой пшеницы находилась в пределах от 1,38 г (Диона) до 2,14 г (1174/19). Стандартный сорт Кристелла сформировал 1,52 г. По данному признаку выделились ( $S_x = \pm 0,23$  г): Лакомка (1,78 г), Хризолит (1,97 г), Придонье (1,90 г), 536/19 (1,76 г), 971/19 (2,01 г), 1147/19 (2,06), 1174/19 (2,14 г), 1037/17 (2,10 г).

Лучшим считается зерно с хорошей выполненностью, то есть с высокой массой 1000 зерен. Данный признак по генотипам озимой твердой пшеницы варьировал от 34,6 г (Лакомка) до 44,3 г (536/19), у стандартного сорта Кристелла — 40,5 г. Линии 536/19 и 1037/17 достоверно превысили стандарт ( $S_x = \pm 2,9$  г) по массе 1000 зерен.

Была проведена оценка продуктивности сортов и линий озимой твердой пшеницы по 5 селекционным индексам: мексиканский, канадский, индекс потенциала колоса, продуктивности растений и перспективности.

Рассматривая мексиканский индекс, который отражает возможности механических тканей соломины [11], были выделены 8 образцов с высокими значениями в сравнении со стандартным сортом Кристелла: Лакомка, Хризолит, Придонье, 536/19, 971/19, 1147/19, 1174/19, 1037/17. Их значения находились в пределах 0,20–0,23 г/см (табл. 2).

Канадский индекс информирует об удельном урожае колоса. Данный индекс находился в пределах 4,93 шт/см у стандартного сорта Кристелла до 7,13 шт/см у сорта Хризолит. Высокие показатели ( $S_x = \pm 0,71$  шт/см) отмечены у сортов Диона (5,80 шт/см), Динас (5,83 шт/см), Придонье (5,99 шт/см), Услада (6,16 шт/см), Лакомка (6,56 шт/см), Хризолит (7,13 шт/см) и селекционных линий 1147/19 (5,66 шт/см), 971/19 (6,28 шт/см), 1174/19 (6,19 шт/см), 1037/17 (6,53 шт/см).

По индексу потенциала колоса сорта и линии варьировали от 0,082 см/см у стандартного сорта Кристелла до 0,097 см/см у линии 536/19. Максимальные значения данного показателя были получены у образцов: Придонье (0,092 см/см), Графит (0,094 см/см), 536/19 (0,097 см/см), 1147/19 (0,095 см/см), 1174/19 (0,092 см/см).

По мнению О.В. Эсенкуловой [12], индекс перспективности показывает способность соломины

Таблица 1. Элементы структуры урожайности сортов и линий озимой твердой пшеницы, 2021–2023 гг.

Table 1. Yield structure elements of the winter durum wheat varieties and lines, 2021–2023

Сорт	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Кристелла, стандарт	7,7	37,9	1,52	40,5
Диона	6,6	38,1	1,38	37,9
Услада	6,9	42,6	1,58	37,5
Лакомка	7,5	49,1	1,78	34,6
Динас	6,8	39,7	1,60	41,3
Эллада	6,9	37,0	1,52	41,4
Хризолит	7,2	51,1	1,97	37,9
Придонье	8,0	47,8	1,90	40,4
Графит	8,8	42,7	1,57	36,4
Каротинка	7,3	41,7	1,71	41,8
536/19	8,6	39,1	1,76	44,3
971/19	7,3	45,5	2,01	43,1
1147/19	8,6	48,8	2,06	42,6
1174/19	8,4	52,3	2,14	40,5
1037/17	6,6	43,3	2,10	44,7
Среднее значение	7,6	43,8	1,76	40,3
$S_x$	0,8	5,1	0,23	2,9

Таблица 2. Характеристика сортов и линий озимой твердой пшеницы по селекционным индексам, 2021–2023 гг.

Table 2. Characteristics of the winter durum wheat varieties and lines according to breeding indices, 2021–2023

Сорт	Мексиканский индекс, г/см	Канадский индекс, удельный урожай колоса, шт/см	Индекс потенциала колоса, см/см	Индекс перспективности, %
Кристелла, стандарт	0,016	4,93	0,082	47,1
Диона	0,016	5,80	0,076	47,4
Услада	0,017	6,16	0,076	44,4
Лакомка	0,020	6,56	0,085	42,8
Динас	0,017	5,83	0,074	48,2
Эллада	0,018	5,33	0,080	52,0
Хризолит	0,023	7,13	0,083	47,9
Придонье	0,022	5,99	0,092	51,1
Графит	0,017	4,83	0,094	42,7
Каротинка	0,018	5,75	0,076	47,6
536/19	0,020	4,52	0,097	55,4
971/19	0,023	6,28	0,082	53,0
1147/19	0,023	5,66	0,095	51,6
1174/19	0,023	6,19	0,092	48,8
1037/17	0,021	6,53	0,074	53,7
Среднее значение	0,020	5,78	0,085	48,9
$S_x$	0,003	0,71	0,008	3,9
$C_v$ , %	14,2	12,2	9,6	7,9

транспортировать пластические вещества в зерно. Интерес представляют те образцы, у которых данный показатель выше 50 единиц. Высокие значения данного показателя были получены: Эллада (52,0%), Придонье (51,1%), 536/19 (55,4%), 971/19 (53,0%), 1147/19 (51,6%), 1037/17 (53,7%).

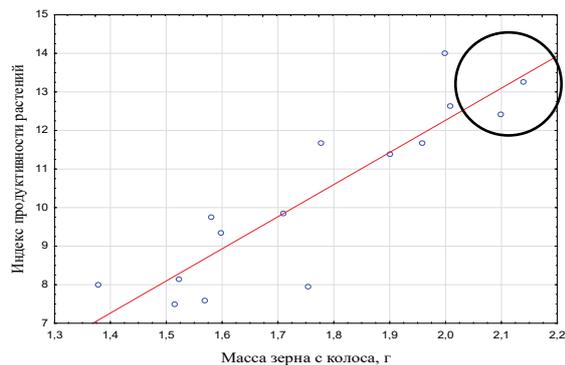
Анализ коэффициента вариации ( $C_v$ , %) показал, что слабой сортовой изменчивостью характеризовались индекс потенциала колоса (9,6%) и индекс перспективности (7,9%), средней изменчивостью — канадский (12,2%) и мексиканский (14,2%) индексы.

Рядом авторов установлено, что индекс продуктивности растений служит маркером адаптивности.

<sup>4</sup> Дорофеев В.Ф. Пшеницы мира. Л.: Колос. 1987; 487.

**Рис. 3.** Взаимосвязь массы зерна с колоса и индекса продуктивности сортов и линий озимой твердой пшеницы, 2021–2023 гг.

**Fig. 3.** Correlation between grain weight per ear and plant productivity index of the winter durum wheat varieties and lines, 2021–2023



На основе его возможно выявление устойчивых генотипов к био- и абиострессорам окружающей среды, что свидетельствует о приспособленности селекционного материала [11–13].

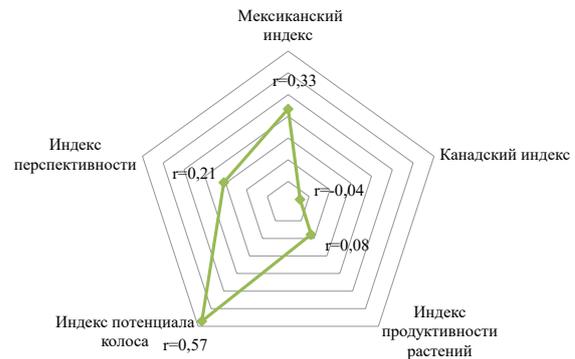
Согласно классификации, предложенной И.Р. Манукян [14], сорта и линии озимой твердой пшеницы варьируют от низкой (ИПР < 7,0; масса зерна с колоса — до 1,5 г) до высокой (ИПР > 11,0; масса зерна с колоса — более 2,0 г) продуктивности (рис. 3).

Максимальные показатели по индексу продуктивности растений (12,4–14,0) и массы зерна с колоса (1,37–2,14 г) были получены: Хризолит, 1174/19, 971/19, 1037/17, что говорит о их высокой продуктивности. Выявлена сильная положительная связь между данными показателями ( $r = 0,88 \pm 0,13$ ).

Для анализа достоверности изучаемых селекционных индексов были рассмотрены коэффициенты корреляции с урожайности сортов и линий озимой твердой пшеницы (рис. 4).

**Рис. 4.** Коэффициенты корреляции урожайности зерна сортов и линий озимой твердой пшеницы с селекционными индексами, 2021–2023 гг.

**Fig. 4.** Correlation coefficients of grain productivity of the winter durum wheat varieties and lines with breeding indices, 2021–2023



В данных исследованиях была отмечена достоверная взаимосвязь урожайности с индексом потенциала колоса ( $r = 0,57 \pm 0,22$ ).

### Выводы/Conclusions

По результатам структурного анализа урожайности выделили 4 образца озимой твердой пшеницы — 1174/19, 1147/19, 536/19, Графит, обладающие комплексом лучших показателей.

Оценивая влияние селекционных индексов на продуктивность сортов и линий озимой твердой пшеницы, наибольшая взаимосвязь была получена с: ИПК (индекс потенциала колоса) ( $r = 0,57 \pm 0,22$ ), что говорит о возможности его использования в селекционном процессе в условиях Ростовской области, так как данный показатель полнее раскрывает свойства создаваемых генотипов.

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. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. 2-е изд. Ростов-на-Дону: Юг. 2022; 712. ISBN 978-5-6043368-9-2 <https://doi.org/10.34924/FRARC.2022.40.33.001>
2. Рыбась И.А. и др. Оценка параметров адаптивности сортов озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2023; 6: 67–73. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-89-6-67-73>
3. Хлесткина Е.К. и др. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(3): 501–514. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.3.501rus>
4. Айдарбекова Т.Ж. и др. Сравнительная оценка линий яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в степной зоне Северо-Казакстанской области. *Сельскохозяйственная биология*. 2022; 57(1): 66–80. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2022.1.66rus>
5. Маслова Г.Я., Абдраев М.Р., Шараров И.И., Шарарова Ю.А. Корреляционный анализ урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018; 20(2–4): 680–683. <https://www.elibrary.ru/zdftal>
6. Simane B., Struik P.C., Nacht M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*. 1993; 71(3): 211–219. <https://doi.org/10.1007/BF00040410>
7. Воробьев В.А., Воробьев А.В. Роль селекционных индексов в оценке продуктивности яровой пшеницы. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(9): 37–39. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10909>
8. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации количественных признаков растений и теорию селекционных индексов. СПб.: Селекционный центр «Дон Боско». 2008; 87. <https://www.elibrary.ru/sacslz>

### REFERENCES

1. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Winter wheat. 2nd ed. Rostov-on-Don: Yug. 2022; 712 (in Russian). ISBN 978-5-6043368-9-2 <https://doi.org/10.34924/FRARC.2022.40.33.001>
2. Rubas' I.A. et al. Estimation of adaptability parameters of winter wheat varieties in the southern part of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2023; 6: 67–73 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-89-6-67-73>
3. Khlestkina E.K. et al. Modern opportunities for improving quality of bakery products via realizing the bread wheat genetic potential-by-environment interactions (review). *Agricultural Biology*. 2017; 52(3): 501–514. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.3.501eng>
4. Aidarbekova T.J. et al. Comparative assessment of spring soft wheat lines (*Triticum aestivum* L.) in the steppe zone of the North Kazakhstan region. *Agricultural Biology*. 2022; 57(1): 66–80. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2022.1.66eng>
5. Maslova G.Ya., Abdryayev M.R., Sharapov I.I., Sharapova Yu.A. Correlation analysis of yield and elements of productivity of winter soft wheat varieties in the arid conditions of steppe zone of Middle Volga region. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018; 20(2–4): 680–683 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zdftal>
6. Simane B., Struik P.C., Nacht M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*. 1993; 71(3): 211–219. <https://doi.org/10.1007/BF00040410>
7. Vorobyov V.A., Vorobyov A.V. Role of Selection Indices in Evaluation of Spring Wheat Productivity. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2018; 32(9): 37–39 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10909>
8. Kocherina N.V., Dragavtsev V.A. Introduction to the theory of ecological-genetic organization of quantitative traits of plants and the theory of breeding indices. St. Petersburg: Salesian Center "Don Bosco". 2008; 87 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sacslz>

9. Стасюк А.И., Леонова И.Н., Пономарева М.Л., Василюва Н.З., Шаманин В.П., Салина Е.А. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана. *Сельскохозяйственная биология*. 2021; 56(1): 78–91. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.78rus>

10. Dragov R.G. Combining ability for quantitative traits related to productivity in durum wheat. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022; 26(6): 515–523. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-63>

11. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Костромичева В.А. Определение продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021; 3: 91–96. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-91-96>

12. Эсенкулова О.В., Бабайцева Т.А. Оценка продуктивности сортов яровых зерновых культур на основе селекционных индексов. *ВЕКовое растениеводство. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры растениеводства*. Пермь: Прокрост. 2023; 196–203. <https://www.elibrary.ru/xdnkad>

13. Плиско Л.Г., Пакуль В.Н. Оценка селекционных линий яровой мягкой пшеницы по селекционным индексам. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017; 12–3: 127–130. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.094>

14. Манукян И.Р., Басиева М.А. Использование селекционных индексов для оценки адаптивного потенциала коллекционных образцов озимой тритикале к условиям предгорной зоны Центрального Кавказа. *Горное сельское хозяйство*. 2018; 2: 33–36. <https://www.elibrary.ru/uqpxgs>

9. Stasyuk A.I., Leonova I.N., Ponomareva M.L., Vasilova N.Z., Shamanin V.P., Salina E.A. Phenotypic variability of common wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding lines on yield components under environmental conditions of Western Siberia and Tatarstan. *Agricultural Biology*. 2021; 56(1): 78–91. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.78eng>

10. Dragov R.G. Combining ability for quantitative traits related to productivity in durum wheat. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022; 26(6): 515–523. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-63>

11. Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Kostromicheva V.A. Determination of the productivity of spring soft wheat based on breeding indices. *Legumes and groat crops*. 2021; 3: 91–96 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-91-96>

12. Esenkulova O.V., Babaytseva T.A. Estimation of productivity of spring grain crop varieties based on breeding indices. In the collection of works. *AGE plant growing. Proceedings of the all-Russian scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the department of plant growing*. Perm: Prokrost. 2023; 196–203 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xdnkad>

13. Plisko L.G., Pakul V.N. Estimation of selection lines of spring soft wheat on selection indices. *International Research Journal*. 2017; 12–3: 127–130 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.66.094>

14. Manukyan I.R., Basieva M.A. The use of selection indices for evaluating the adaptive capacity of collection samples of winter triticale to the conditions of a foothill zone of the Central Caucasus. *Gornoye selskoye khozyaystvo*. 2018; 2: 33–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uqpxgs>

### ОБ АВТОРАХ

**Анна Сергеевна Иванисова**  
младший научный сотрудник  
kameneva.anka2016@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1466-250X>

**Дмитрий Михайлович Марченко**  
ведущий научный сотрудник,  
кандидат сельскохозяйственных наук  
<https://orcid.org/0000-0002-5251-3903>

Аграрный научный центр «Донской»  
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия

### ABOUT THE AUTHORS

**Anna Sergeevna Ivanisova**  
Junior Researcher  
kameneva.anka2016@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1466-250X>

**Dmitry Mikhailovich Marchenko**  
Leading Researcher, Candidate  
of Agricultural Sciences  
<https://orcid.org/0000-0002-5251-3903>

Agricultural Research Center “Donskoy”,  
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia

## МЕРОПРИЯТИЯ «ЖУРНАЛА АГРОБИЗНЕС»

**АГРО**БИЗНЕС

**АГРО**БИЗНЕС  
EVENTS



#### Основные темы:

- Обработка почвы: вспашка, культивация, внесение удобрений
- Семена: обработка, сев. Потенциал и качество семенного материала
- Прибыльная защита полевых культур
- Уборка урожая: механизация, агромониторинг с применением цифровых технологий



fieldagriforum.ru



#### Основные темы:

- Перспективы и болевые точки отрасли плодородства
- Технологии хранения и предпродажной подготовки фруктов и овощей
- Инфраструктура сбыта плодов и овощей. Как реализовать?
- Овощеводство открытого грунта: состояние рынка, развитие и потенциал



fruitforum.ru



#### Основные темы:

- Рынок зерна в России: проблемы и перспективы
- Проблемы повышения урожайности и качества зерна
- Технологические решения для выращивания и хранения зерна
- Проблемы и пути реализации зерна



events.agbz.ru



#### Основные темы:

- Российское овощеводство закрытого грунта: состояние отрасли, перспективы развития, господдержка.
- Технологии хранения и предпродажной подготовки овощей для эффективной реализации
- Организация логистических процессов и сбыта плодово-овощной продукции: оптимальные механизмы взаимодействия с сетями



greenhouseforum.ru

УДК 633.11«324»:631.5:551.584.2

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160

Н.А. Морозов<sup>1</sup>  
 Н.А. Ходжаева<sup>1</sup>  
 И.В. Прохорова<sup>1</sup>  
 А.И. Хрипунов<sup>2</sup>  
 Е.Н. Община<sup>2</sup> ✉

<sup>1</sup> Прикумская опытная селекционная станция, Буденновск, Ставропольский край, Россия

<sup>2</sup> Северо-Кавказский федеральный научный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия

✉ obzia@mail.ru

Поступила в редакцию:  
19.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
13.07.2024

Принята к публикации:  
29.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160

Nicolai A. Morozov<sup>1</sup>  
 Nina A. Khodzhaeva<sup>1</sup>  
 Ivanna V. Prokhorova<sup>1</sup>  
 Alexander I. Khripunov<sup>2</sup>  
 Elena N. Obshchiya<sup>2</sup> ✉

<sup>1</sup> Prikumskaya Experimental Breeding Station, Budennovsk, Stavropol Territory, Russia

<sup>2</sup> North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

✉ obzia@mail.ru

Received by the editorial office:  
19.04.2024

Accepted in revised:  
13.07.2024

Accepted for publication:  
29.07.2024

# Влияние погодных условий на формирование урожая озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополя

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Выявление агрометеорологических факторов, оказывающих наибольшее влияние на формирование урожая зерна и их учет в совершенствовании агротехнологий, является актуальной задачей земледелия.

**Методы.** Исследования проводили в 1972–2023 гг. на полях Прикумской опытно-селекционной станции в 6-польном зернопаротравяном севообороте.

**Цель исследований** — изучить влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы по различным предшественникам для корректировки и адаптации применяемых агротехнологий в засушливой зоне Ставропольского края.

**Результаты.** Урожайность озимой пшеницы достоверно зависела от осадков за сентябрь — октябрь, запасов влаги к весне, общей влагообеспеченности посевов, температуры мая и определялась густотой стояния растений и массой 1000 зерен. Максимальный урожай формировался при выпадении осадков за сентябрь — октябрь > 117 мм, при наибольшей густоте стояния (294–392 шт/м<sup>2</sup>), весенних запасах влаги в метровом слое почвы и средней общей влагообеспеченности по чистому пару, соответственно, 129–145 мм и 382 мм, занятому пару 115–135 мм и 378 мм, озимой пшенице 105–125 мм и 342 мм. Минимальная продолжительность периода «сев — всходы» и максимальная густота стояния приходились по чистому и занятому пару на сумму осадков за сентябрь — октябрь (59–87 мм), а полупару — >117 мм. По сравнению с чистым паром по занятому пару густота стояния снижалась в среднем на 12,2%, урожайность — на 19,2%, длительность появления всходов возрастала в 1,4 раза, а в повторных посевах, соответственно, на 22,6%, 45,3% и 2,7 раза. Масса 1000 зерен имела достоверную положительную связь с густотой стояния по полупару и отрицательную со средней температурой за май — июнь по чистому пару. По полупару и чистому пару урожайность более тесно связана с массой 1000 зерен ( $r = 0,52-0,66$ ), чем с густотой стояния ( $r = 0,45-0,50$ ).

**Ключевые слова:** озимая пшеница, урожайность, предшественники, погодные условия, продуктивная влага

**Для цитирования:** Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Община Е.Н. Влияние погодных условий на формирование урожайности озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополя. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 155–160. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160>

© Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Община Е.Н.

# The influence of weather conditions on the formation of the winter wheat harvest according to various precursors in the arid zone of Stavropol

## ABSTRACT

**Relevance.** The identification of agro meteorological factors that have the greatest impact on the formation of grain yields and their consideration in the improvement of agricultural technologies is an urgent task of agriculture.

**Methods.** The research was carried out in 1972–2023 in the fields of the Prikumsk experimental breeding station in a 6-pole grain-and-grass crop rotation.

**The purpose of the research** is to study the influence of agro meteorological conditions on the formation of the winter wheat harvest according to various precursors for the correction and adaptation of applied agricultural technologies in the arid zone of the Stavropol Territory.

**Results.** The yield of winter wheat significantly depended on precipitation in September — October, moisture reserves by spring, total moisture availability of crops, temperature in May and was determined by the density of plants and the weight of 1000 grains. The maximum yield was formed with precipitation in September — October >117 mm, the highest density of standing (294–392 pcs/m<sup>2</sup>), spring moisture reserves in the meter soil layer and average total moisture supply for pure steam, respectively, 129–145 mm and 382 mm, occupied steam 115–135 mm and 378 mm and winter wheat 105–125 mm and 342 mm. The minimum duration of the sowing — germination period and the maximum density of standing accounted for a clean and occupied pair for the amount of precipitation for September — October (59–87), and a half-pair >117 mm. Compared with pure steam, the density of standing decreased by an average of 12.2%, the yield by 19.2%, the duration of germination increased 1.4 times, and in repeated crops by 22.6%, 45.3% and 2.7 times, respectively. The mass of 1000 grains had a significant positive relationship with the density of standing by half-steam and a negative one with the average temperature for May — June by pure steam. For half-steam and pure steam, yield is more closely related to the mass of 1000 grains ( $r = 0.52-0.66$ ) than to the density of standing ( $r = 0.45-0.50$ ).

**Key words:** winter wheat, yield, precursors, weather conditions, productive moisture

**For citation:** Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The influence of weather conditions on the formation of the winter wheat harvest according to various precursors in the arid zone of Stavropol. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 155–160 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-155-160>

© Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N.

## Введение/Introduction

Для успешной жизнедеятельности растений необходим комплекс природных условий: оптимальная температура воздуха и почвы, наличие в почве в доступной форме элементов питания и продуктивной влаги, удовлетворяющая требованиям растительного организма по продолжительности и интенсивности определенная освещенность на отдельных этапах органогенеза [1–3].

Одни факторы существования растений проникают через корневую систему или листья и стебли, другие принимают активное участие в физиологических процессах, определяя степень их интенсивности и производительности, что в совокупности составляет основу формирования урожая [4–6].

Растения в процессе онтогенеза последовательно создают определенные вегетативные и генеративные органы, участвующие в создании и накоплении, как общего органического вещества, так и хозяйственно ценной его части. Урожай зависит от степени и мощности развития каждого растения и их количества на единице площади и является результатом влияния и взаимодействия многих факторов внешней среды, среди которых решающая роль принадлежит погодным условиям [7–9].

В засушливой зоне края недостаток влаги в значительной степени определяет уровень урожайности всех полевых культур, а для озимой пшеницы величина урожая математически достоверно зависит от увлажненности осеннего начального периода вегетации, длительности появления всходов и продолжительности осени, когда формируется такой элемент структуры урожая, как густота стояния растений [10–12].

Выпадение осадков в предпосевной и посевной период (за сентябрь и октябрь) способствует качественной обработке почвы, быстрому и равномерному получению всходов и их хорошему росту и развитию в осенний период. Наиболее эффективно доступная влага используется растениями по лучшим предшественникам, таким как чистый или занятый пар, где по сравнению с другими предшественниками озимой пшеницы создаются более благоприятные по питательному и водному режиму условия для получения высокого и стабильного урожая зерна [13–15].

*Цель исследований* — изучить влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы и отдельных элементов его структуры при размещении посевов по различным предшественникам для корректировки и адаптации применяемых агротехнологий в засушливой зоне Ставропольского края Российской Федерации.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 1972–2023 гг. на полях Прикумской опытно-селекционной станции — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» в 6-польном зернопаротравяном севообороте: озимая пшеница (N<sub>35</sub>) — чистый пар — озимая пшеница (P<sub>40</sub>) — яровой ячмень + эспарцет — эспарцет на зеленый корм — озимая пшеница (P<sub>40</sub>).

Данный севооборот развернут во времени и пространстве, был и остается неизменным с 1972 г. по

настоящее время. Районированные сорта полевых культур возделывали на удобренном фоне по общепринятой для засушливой зоны технологии. На протяжении 52 лет исследований возделывались такие сорта озимой пшеницы, как Безостая 1, Одесская 51, Донская безостая, Купаж, Идиллия, ярового ячменя — Прикумский 22, Булат, эспарцета — Северо-Кавказский, Песчаный, Русич и Кравцов.

Минеральные удобрения под озимую пшеницу вносили перед посевом под культивацию после чистого и занятого пара в виде суперфосфата (P<sub>20</sub>) или аммофоса (N<sub>12</sub>P<sub>52</sub>), а в повторных посевах озимой пшеницы внекорневую подкормку проводили аммиачной селитрой (N<sub>35</sub>). Яровой ячмень и эспарцет использовали последнее действие внесенных под озимую пшеницу фосфорных удобрений (P<sub>40</sub>).

Расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки — 448,5 м<sup>2</sup>, учетная — 210 м<sup>2</sup>. Повторность опыта четырехкратная.

Почва опытного участка каштановая среднесуглинистая карбонатная. Содержание гумуса в пахотном слое почвы до закладки опыта — от 1,45 до 1,62% (по Тюрину, ГОСТ 26213<sup>1</sup>). Общего азота содержалось от 0,13 до 0,14% (по ГОСТ Р 58596<sup>2</sup>), подвижного фосфора — от 13,8 до 15,0 мг/кг, обменного калия — 265–295 мг/кг (по Мачигину, ГОСТ 26205<sup>3</sup>).

Плотность почвы составляла 1,32 г/см<sup>3</sup>, pH водной вытяжки — 7,0–7,1<sup>4</sup>. В полуметровом слое почвы карбонатов содержалось 7,14%.

Динамику природно-климатических условий за 1972–2023 гг. анализировали с помощью информационно-аналитической системы «Автоматизированная информационная система «АГРО-КЛИМАТ»» (Россия)<sup>5</sup>.

Климат засушливой зоны среднеконтинентальный со среднегодовым количеством осадков за исследуемый период 420 мм, среднегодовой температурой воздуха 11,0 °С, суммой активных температур 3774 °С. По сравнению с климатической нормой за 1961–1990 гг. среднегодовая температура воздуха за этот период (1972–2023 гг.) увеличилась на 0,56 °С, сумма активных температур — на 137 °С, годовых осадков — на 18 мм. Основной прирост осадков приходился на январь — апрель (10–31%) и октябрь (41%), а температуры — на январь — март (0,8–1,1 °С), август и октябрь (1,2 и 1,0 °С), что создавало хорошие условия для своевременного получения всходов озимой пшеницы в осенний период, благоприятного прохождения перезимовки и более раннего наступления весенней вегетации.

Наиболее существенные изменения произошли в апреле и октябре. Так, ГТК этих месяцев улучшился в 1972–2023 гг. на 0,10 и 0,22 единицы соответственно. Весь вегетационный период (с апреля по октябрь) очень засушливый (ГТК = 0,69), но наиболее засушлив летне-осенний период — с июля по октябрь (ГТК = 0,55).

С целью выявления влияния погодных условий на формирование урожая озимой пшеницы и некоторых элементов его структуры использовались соответствующие метеоданные Прикумской метеостанции за 1972–2023 гг., фенологические наблюдения за продолжительностью появления всходов и урожайные данные по трем предшественникам за исследуемый период в засушливой зоне Восточного Предкавказья.

<sup>1</sup> ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

<sup>2</sup> ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота.

<sup>3</sup> ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

<sup>4</sup> ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

<sup>5</sup> Сайт ФИПС: <https://www1.fips.ru/>, file:///C:/Users/натент/Desktop/Информационно-поисковая%20система.html

Фенологические наблюдения и учет урожая проводили по общепринятой методике<sup>6</sup>. Влажность почвы определяли по ГОСТ 28268<sup>7</sup>, а массу 1000 зерен — по ГОСТ ISO 520<sup>8</sup>.

Статистическую обработку результатов исследований выполняли методом корреляционного анализа по Б.А. Доспехову<sup>9</sup>, используя стандартную программу в Excel (США). Оценку степени корреляционной зависимости проводили по Л. Заксу<sup>10</sup>, согласно которой при 5%-ном уровне значимости и наличии 52 точек отсчета (лет) достоверность математической связи между двумя изучаемыми факторами наступает при коэффициенте корреляции ( $r$ ), равном 0,27 и выше.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Данными исследованиями установлено, что урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне статистически достоверно зависит от осенних осадков за сентябрь и октябрь, запасов продуктивной влаги к возобновлению весенней вегетации, общей влагообеспеченности посевов и среднесуточной температуры мая (табл. 1).

Важность осадков за первые два месяца осени состоит в том, что на этот период приходится предпосевная подготовка почвы, оптимальные сроки сева и появление всходов. От уровня влагообеспеченности почвы, в особенности пахотного слоя (0–20 см), в значительной мере зависят длительность периода «сев — всходы», формирование первого элемента структуры урожая — густоты стояния растений, продолжительность роста и развития посевов озимой пшеницы до прекращения осенней вегетации.

По различным предшественникам складываются неодинаковые по водному и пищевому режиму условия существования растений, особенно в начальный период роста и развития, которые в дальнейшем приводят к различному уровню урожайности этой культуры.

Из данных таблицы 2 видно, что максимальная густота стояния растений и минимальная продолжительность периода «сев — всходы» по чистому и занятому пару приходились на интервал осадков за сентябрь — октябрь (59–87 мм), по полупару — более 117 мм, самый большой урожай зерна — на максимальное количество этих осадков.

Таблица 1. Коэффициент корреляции между урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам и некоторыми агрометеорологическими факторами и элементами структуры урожая за 52 года (1972–2023)

Table 1. Correlation coefficient between the yield of winter wheat for various precursors and some agro meteorological factors and elements of the crop structure for 52 years (1972–2023)

Предшественник	Осадки за сентябрь — октябрь, мм	Густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>	Запас влаги в 1м слое почвы к весне, мм	Общая влагообеспеченность, мм	Температура мая, °С	Масса 1000 зерен, г
Чистый пар	0,36*	0,45*	0,34*	0,47*	-0,41*	0,52*
Занятый пар	0,46*	0,49*	0,38*	0,44*	-0,30*	0,44*
Озимая пшеница	0,40*	0,50*	0,43*	0,57*	-0,35*	0,66*

Примечание: \* различия значимы для  $p < 0,05$ .

По сравнению с чистым паром густота стояния растений по занятому пару снижалась в среднем за годы исследований на 35 шт/м<sup>2</sup>, или на 12,2%, длительность появления всходов возрастала на 6,4 дня, или в 1,4 раза, урожай зерна уменьшался на 0,75 т/га, или на 19,2%, а в повторных посевах, соответственно: на 65 шт/м<sup>2</sup>, или 22,6%; на 26,6 дня, или в 2,7 раза; на 1,77 т/га, или на 45,3%.

При катастрофическом недоборе осадков за первые два месяца осени (< 29 мм) всходы озимой пшеницы по чистому пару появлялись через месяц, по занятому пару — почти через полтора месяца, озимой пшенице — зимой в оттепели или в ранневесенний период. При этом урожайность по сравнению со среднемноголетним значением снижалась: по чистому пару — на 0,57 т/га, или на 14,6%; по занятому пару — на 0,82 т/га, или на 25,9%; по полупару — на 0,42 т/га, или на 19,6%.

Основными факторами, ограничивающими уровень продуктивности полевых культур в засушливой зоне, являются недостаток влаги и повышенный радиационный режим. При среднегодовом количестве осадков за время проведения исследований 420 мм сумма активных температур в последнее десятилетие (2014–2023 гг.) по сравнению с первым десятилетием (1972–1981 гг.) увеличилась на 331 °С и составила 3982 °С.

По уровню влагообеспеченности предшественники озимой пшеницы располагаются в следующей последовательности: чистый пар, занятый пар, озимая пшеница. Чем меньшими запасами влаги в почве обладает

Таблица 2. Статистические связи между суммой осадков за сентябрь — октябрь и густотой стояния растений, продолжительностью периода «сев — всходы» и урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года (1972–2023 гг.)

Table 2. Statistical relationships between the amount of precipitation for September — October and the density of plant standing, the duration of the «sowing — sprouting» period and the yield of winter wheat for various predecessors for 52 years (1972–2023)

Осадки за сентябрь — октябрь, мм	Предшественник								
	чистый пар			занятый пар			полупар		
	густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>	период «сев — всходы», дней	урожай, т/га	густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>	период «сев — всходы», дней	урожай, т/га	густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>	период «сев — всходы», дней	урожай, т/га
< 29	254	32,0	3,34	225	43,1	2,34	178	103,3	1,72
30–58	280	11,8	3,88	232	20,7	3,00	221	40,7	2,03
59–87	322	12,1	4,08	312	14,5	3,40	249	17,5	2,41
88–116	318	12,0	4,20	273	14,0	3,71	237	17,1	2,35
> 117	284	11,5	4,99	261	15,0	4,85	272	16,0	2,75
Среднее	288	15,8	3,91	253	22,2	3,16	223	42,4	2,14
$r$	0,40*	-0,29*	0,36*	0,38*	-0,42*	0,46*	0,36*	-0,54*	0,40*

Примечание: \* различия значимы для  $p < 0,05$ .

<sup>6</sup> Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос. 1985; 267.

<sup>7</sup> ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.

<sup>8</sup> ГОСТ ISO 520-2014 Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен.

<sup>9</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985; 351.

<sup>10</sup> Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика. 1976; 343.

предшественник озимой пшеницы, тем он хуже и тем сильнее корреляционная связь урожайности с осенними осадками и весенними запасами влаги в метровом слое почвы (табл. 3).

За исследуемый период запасы продуктивной влаги к возобновлению весенней вегетации по чистому пару в среднем составили 121 мм с варьированием от 61 до 162 мм, занятому пару — соответственно, 106,5 мм, 32 мм и 160 мм, полупару — 91,9 мм, 20 мм и 161 мм.

Более чем в половине лет (53,8%) эти запасы по чистому пару находились в пределах 112–145 мм, занятому пару (в 57,7% лет) — 94–135 мм, озимой пшенице (в 55,8% лет) — 84–125 мм. Количество доступной влаги в метровом слое почвы к весне в 32,7% лет по чистому пару находилось в пределах 60–111 мм, в 26,9% лет по занятому пару — 30–93 мм, в 36,5% лет в повторных посевах — 20–83 мм.

Максимальная величина урожая зерна отмечалась при запасах весенней влаги по чистому пару в интервале 129–145 мм, по занятому пару — 115–135 мм, по озимой пшенице — 105–125 мм.

При минимальных запасах влаги по предшественникам урожайность озимой пшеницы по чистому пару снижалась: на 1,37 т/га, или на 31,6%; по занятому пару — на 2,38 т/га, или в 2,9 раза; по полупару — на 1,3 т/га, или в 2,1 раза, по сравнению с максимальным урожаем зерна.

Кроме почвенных запасов продуктивной влаги в метровом слое к весне, достоверное влияние на урожайность озимой пшеницы оказывает общая влагообеспеченность посевов, которая наряду с этими запасами влаги к началу весенней вегетации включает еще и сумму осадков за апрель — июнь.

По чистому пару средняя общая влагообеспеченность составила 236,6 мм с варьированием от 118 до 396 мм, по занятому пару — соответственно, 251,2 мм и 89–390 мм, по полупару — 231,0 мм и 77–365 мм. В 71,8% лет этот показатель по чистому пару составил 210–301 мм, а в 64,1% лет по занятому пару и полупару, соответственно, 191–292 мм и 175–272 мм. Чем лучше влагообеспеченность весенне-летнего периода вегетации, тем выше урожай озимой пшеницы.

Особенно важна роль майских осадков, так как на этот месяц приходится критический период по водопотреблению в фазу колошения, цветения и начала налива зерна. Как показали ранее проведенные авторами исследования, статистически значимое влияние майской температуры воздуха на урожайность озимой пшеницы связано с достоверным воздействием этого фактора на продолжительность периода «колошение — молочная спелость зерна». Чем ниже температура мая, тем продолжительнее этот период и выше урожай зерна, а чем она выше, тем меньше длительность периода «колошение — молочная спелость зерна» и ниже величина урожая [16].

В среднем на II декаду мая приходится колошение, а к концу июня — полная спелость зерна, то есть в эти месяцы формируется последний элемент структуры урожая — масса 1000 зерен. Средняя температура в мае и июне имела статистически значимый отрицательный характер связи с массой 1000 зерен по чистому пару и проявлялась лишь в виде тенденции по занятому пару, а по полупару полностью отсутствовала. По сравнению с чистым паром масса 1000 зерен по занятому пару

Таблица 3. Статистические связи между запасами влаги в метровом слое почвы к весне и урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года

Table 3. Statistical relationships between moisture reserves in a meter layer of soil by spring and the yield of winter wheat for various precursors over 52 years

Предшественник								
чистый пар			занятый пар			полупар		
интервал влажности, мм	число лет	урожай зерна, т/га	интервал влажности, мм	число лет	урожай зерна, т/га	интервал влажности, мм	число лет	урожай зерна, т/га
60–77	3	2,97	30–51	2	1,25	20–41	2	1,16
78–94	4	3,41	52–72	6	2,87	42–62	8	1,69
95–111	10	3,82	73–93	6	2,19	63–83	9	1,68
112–128	13	3,86	94–114	14	3,30	84–104	16	2,42
129–145	15	4,34	115–135	16	3,63	105–125	13	2,46
> 146	7	3,96	> 136	8	3,42	> 126	4	2,41
r		0,34*	r		0,38*	r		0,43*

Примечание: \* различия значимы для  $p < 0,05$ .

Таблица 4. Статистические связи между средней температурой в мае и июне и массой 1000 зерен озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года, г

Table 4. Statistical relationships between the average temperature for May and June and the weight of 1000 grains of winter wheat for various precursors for 52 years, g

Средняя температура за май и июнь, °С		Число лет	Предшественник		
градации	в среднем		чистый пар	занятый пар	Озимая пшеница
17,1–18,0	17,6	4	38,1	37,7	35,6
18,1–19,0	18,6	11	39,9	38,8	36,2
19,1–20,0	19,5	20	37,0	35,8	34,0
20,1–21,0	20,5	7	36,5	36,1	34,6
21,1–22,0	21,4	6	37,5	37,7	34,7
22,1–230	22,5	4	35,3	34,2	33,0
Среднее	19,8		37,6	36,8	34,7
r			-0,28*	-0,23	-0,15

Примечание: \* различия значимы для  $p < 0,05$ .

снижалась в среднем на 0,8 г, а по предшественнику озимая пшеница — на 2,9 г.

Выше среднего значения масса 1000 зерен по всем трем предшественникам формировалась при средней температуре в мае и июне до 19,0 °С, что наблюдалось лишь в 28,8% лет (табл. 4).

Между двумя элементами структуры урожая массой 1000 зерен и густотой стояния растений наблюдалась достоверная положительная статистическая связь лишь по полупару, а по остальным предшественникам она полностью отсутствовала.

Чем хуже предшественник по влагообеспеченности, тем теснее статистическая связь между элементами структуры урожая. В зависимости от складывающихся погодных условий во время налива зерна максимальные показатели массы 1000 зерен приходились на густоту стояния растений: по чистому пару — 285–356 шт/м<sup>2</sup>, по занятому пару — 314–350 шт/м<sup>2</sup>, по полупару — 207–235 шт/м<sup>2</sup>.

Самый высокий урожай зерна по чистому и занятому пару получен при наибольшей густоте стояния растений, а в повторных посевах озимой пшеницы — при густоте стояния 236–264 шт/м<sup>2</sup> (табл. 5).

При загущении посевов на начальном этапе роста и развития растений сверх оптимальных размеров (294–392 шт/м<sup>2</sup>) масса 1000 зерен снижалась ниже среднего значения по чистому пару на 1,0 г, по занятому пару — на 2,3 г, а по полупару, наоборот, увеличивалась — на 2,0 г.

Такое различие связано с неординарными условиями водного и пищевого режима в посевах озимой пшеницы, когда при дефиците влаги в посевном слое и низком запасе основных элементов питания в почве всходы по

Таблица 5. Статистические связи между густотой стояния растений и массой 1000 зерен и урожайностью озимой пшеницы по различным предшественникам за 52 года

Table 5. Statistical relationships between the density of plants and the weight of 1000 grains and the yield of winter wheat for various precursors over 52 years

Предшественник								
чистый пар			занятый пар			полупар		
густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>	масса 1000 зерен, г	урожай зерна, т/га	густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>	масса 1000 зерен, г	урожай зерна, т/га	густота стояния растений, шт/м <sup>2</sup>	масса 1000 зерен, г	урожай зерна, т/га
градации			градации			градации		
176–212	37,7	3,14	165–202	35,8	2,48	148–177	32,5	1,73
213–248	34,5	3,00	203–239	35,4	2,69	178–206	31,9	1,60
249–284	36,7	3,75	240–276	38,0	3,16	207–235	37,0	2,31
285–320	39,5	4,49	277–313	37,1	3,29	236–264	36,8	2,89
321–356	39,3	4,22	314–350	39,3	4,11	265–293	34,7	2,29
357–392	36,6	4,56	351–387	34,5	5,10	294–322	36,7	2,64
r	0,10	0,45*	r	0,16	0,49*	r	0,38*	0,50*

Примечание: \* различия значимы для  $p < 0,05$ .

колосовому предшественнику появляются гораздо позже, их количество в среднем на 29% ниже, чем по чистому пару. Другими словами, в засушливых условиях по полупару очень редко создаются такие благоприятные осенние условия, при которых густота стояния растений превышает оптимальные значения и происходит перегазование посевов.

### Выводы/Conclusion

Результаты многолетних исследований в засушливой зоне свидетельствуют о том, что на формирование урожайности озимой пшеницы по основным предшественникам существенное влияние оказывали условия увлажнения на протяжении всей вегетации, а также температурный режим во время налива зерна.

Осадки за сентябрь — октябрь достоверно влияли на густоту стояния растений ( $r = 0,36$ – $-0,40$ ), продолжительность периода «сев — всходы» ( $r = -0,29$ – $0,54$ ) и

урожайность озимой пшеницы ( $r = 0,36$ – $0,46$ ). Чем выше запасы продуктивной влаги в почве к весне и общая влагообеспеченность весенне-летнего периода, тем выше урожай зерна по предшественникам ( $r = 0,34$ – $0,57$ ).

Чем хуже предшественник по влагообеспеченности, тем теснее статистическая связь между элементами структуры урожая. Самый высокий урожай зерна по парам получен при наибольшей густоте стояния растений.

По сравнению с чистым паром густота стояния растений по занятому пару снижалась в среднем на 35 шт/м<sup>2</sup>, или на 12,2%, длительность появления всходов возрастала на 6,4 дня, или в 1,4 раза, урожай зерна уменьшался на 0,75 т/га, или на 19,2%, а в повторных посевах — соответственно, на 65 шт/м, или 22,6%, на 26,6 дня, или в 2,7 раза, на 1,77 т/га, или на 45,3%.

По полупару и чистому пару урожайность более тесно связана с массой 1000 зерен ( $r = 0,52$ – $0,66$ ), чем с густотой стояния ( $r = 0,45$ – $0,50$ ).

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

- Годунова Е.И., Хрипунов А.И., Оганян Л.Р., Криулина Е.Н. Современное состояние зерновой отрасли АПК Ставропольского края и пути его оптимизации. *АПК: экономика, управление*. 2023; 5: 83–91. <https://doi.org/10.33305/235-83>
- Кулинец В.В. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: *Агрус*. 2013; 518. ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://www.elibrary.ru/tbgyoz>
- Elliott J. et al. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management. *Agricultural System*. 2018; 159: 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.07.012>
- Urruty N., Guyomard H., Tailliez-Lefebvre D., Huyghe C. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavorable weather conditions. *Field Crops Research*. 2017; 213: 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.018>
- Петров Г.И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя. *Прикумье*. 1996; 342.
- Шеховцов Г.А., Чайкина Н.Н. Мониторинг плодородия почв, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в почвах восточной части Ставропольского края. *Земледелие*. 2018; 6: 21–26. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
- Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусовое состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 2020; 10: 83–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
- Гагиев В.В. и др. Продуктивность полевого плодосменного севооборота в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2017; 54(4): 25–31. <https://www.elibrary.ru/zxgwun>
- Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Удовыденко В.И. Состояние и пути оптимизации зерновой отрасли Ставрополя. *Земледелие*. 2011; 3: 8–12. <https://www.elibrary.ru/obqyiv>

### REFERENCES

- Godunova E.I., Khripunov A.I., Ohanyan L.R., Kriulina E.N. Modern state of the agricultural grain industry Stavropol territory and ways of its optimization. *AIC: economics, management*. 2023; 5: 83–91 (in Russian). <https://doi.org/10.33305/235-83>
- Kulintsev V.V. et al. The system of agriculture of the new generation of the Stavropol territory. Stavropol: *Agrus*. 2013; 518 (in Russian). ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://www.elibrary.ru/tbgyoz>
- Elliott J. et al. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management. *Agricultural System*. 2018; 159: 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.07.012>
- Urruty N., Guyomard H., Tailliez-Lefebvre D., Huyghe C. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavorable weather conditions. *Field Crops Research*. 2017; 213: 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.018>
- Petrov G.I. The influence of agro meteorological conditions on the formation of winter wheat harvest in the dry steppe zone of Stavropol. *Prikumye*. 1996; 342 (in Russian).
- Shexovtsov G.A., Chaikina N.N. Monitoring of Soil Fertility, Dynamics of Application of Mineral and Organic Fertilizers, Balance of Nutrients in Soils of the Eastern Part of Stavropol Krai. *Zemledelie*. 2018; 6: 21–26 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
- Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarian science*. 2020; 10: 83–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
- Gagiev V.V. et al. Productivity of field rotation of crops depending on fertilizers on leached chernozem. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2017; 54(4): 25–31 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zxgwun>
- Godunova E.I., Zhelnakova L.I., Udovychenko V.I. State and Ways of Optimization of Grain Industry of Stavropol Region. *Zemledelie*. 2011; 3: 8–12 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/obqyiv>

10. Уланов А.К., Будажапов Л.В. Продуктивность каштановой почвы в зависимости от условий увлажнения при многолетнем воздействии севооборотов, приемов основной обработки и удобрений в сухой степи. *Земледелие*. 2019; 1: 15–18. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>

11. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Продуктивная влага и урожайность озимой пшеницы в сухостепной полосе Ставрополя. *Аграрная наука*. 2021; 5: 47–50. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>

12. Marvel K., Cook B.I., Bonfils C.J.W., Durack P.J., Smerdon J.E., Williams A.P. Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence. *Nature*. 2019; 569(7754): 59–65. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1149-8>

13. Строков А.С., Макаров О.А., Марахова Н.А., Поташников В.Ю. Влияние почвенно-климатических факторов на урожайность основных сельскохозяйственных культур в муниципальных районах Белгородской области. *Земледелие*. 2019; 6: 21–24. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10605>

14. Ивойлов А.В., Чернышева Т.Н. Влияние агрометеорологических условий периода вегетации и перезимовки растений на урожайность озимой пшеницы в центральной части Республики Мордовия. *Вестник Мордовского университета*. 2015; 25(4): 125–132. <https://www.elibrary.ru/vkaaaj>

15. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н., Сухарева А.А. Урожайность и элементы ее структуры у новых генотипов пшеницы мягкой озимой Северо-Кавказского ФНАЦ. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; 2: 55–58. <https://www.elibrary.ru/llwfrj>

16. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Влияние условий весенне-летней вегетации и предшественников на урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне Ставрополя. *Земледелие*. 2023; 4: 8–12. <https://www.elibrary.ru/aibrxq>

10. Ulanov A.K., Budajapov L.V. Productivity of Chestnut Soil Depending on Moisture Conditions under the Long-Term Impact of Crop Rotations, Tillage Methods and Fertilizers in the Dry Steppe. *Zemledelie*. 2019; 1: 15–18 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>

11. Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. Productive moisture and yield of winter wheat in the dry-steppe belt of the Stavropol region. *Agrarian science*. 2021; 5: 47–50 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-47-50>

12. Marvel K., Cook B.I., Bonfils C.J.W., Durack P.J., Smerdon J.E., Williams A.P. Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence. *Nature*. 2019; 569(7754): 59–65. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1149-8>

13. Stokov A.S., Makarov O.A., Marakhova N.A., Potashnikov V.Yu. Influence of Soil and Climatic Factors on Productivity of Main Agricultural Crops in Municipal Districts of the Belgorod Region. *Zemledelie*. 2019; 6: 21–24 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10605>

14. Ivoylov A.V., Chernysheva T.N. Influence of agrometeorological conditions growing season and overwintering plants on yield of winter wheat in central part of Republic of Mordovia. *Mordovia University Bulletin*. 2015; 25(4): 125–132 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vkaaaj>

15. Kovtun V.I., Kovtun L.N., Sukhareva A.A. Yields structure elements in the new genotypes of winter soft wheat selected by the North-Caucasus Federal Scientific Agrarian Center. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; 2: 55–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/llwfrj>

16. Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. Influence of the Conditions of Springsummer Vegetation and Forecrops on the Yield of Winter Wheat in the Arid Zone of the Stavropol Territory. *Zemledelie*. 2023; 4: 8–12 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/aibrxq>

## ОБ АВТОРАХ

**Николай Александрович Морозов<sup>1</sup>**  
директор, кандидат сельскохозяйственных наук  
[fgupposs1@mail.ru](mailto:fgupposs1@mail.ru)

**Нина Артёмовна Ходжаева<sup>1</sup>**  
старший научный сотрудник отдела агроэкологии и земледелия  
[fguppossx@mail.ru](mailto:fguppossx@mail.ru)

**Иванна Владимировна Прохорова<sup>1</sup>**  
научный сотрудник отдела агроэкологии и земледелия  
[ivanna.86@inbox.ru](mailto:ivanna.86@inbox.ru)

**Александр Иванович Хрипунов<sup>2</sup>**  
заведующий лабораторией агроландшафтов, кандидат  
сельскохозяйственных наук  
[hripunov1955@yandex.ru](mailto:hripunov1955@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

**Елена Николаевна Общия<sup>2</sup>**  
старший научный сотрудник лаборатории агроландшафтов  
[obzia@mail.ru](mailto:obzia@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>

<sup>1</sup> Прикумская опытная селекционная станция, ул. им. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия

<sup>2</sup> Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. им. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

**Nikolay Alexandrovich Morozov<sup>1</sup>**  
Director, Candidate of Agricultural Sciences  
[fgupposs1@mail.ru](mailto:fgupposs1@mail.ru)

**Nina Artyomovna Khodzhaeva<sup>1</sup>**  
Senior Researcher at the Department of Agroecology and Agriculture  
[fguppossx@mail.ru](mailto:fguppossx@mail.ru)

**Ivanna Vladimirovna Prokhorova<sup>1</sup>**  
Researcher at the Department of Agroecology and Agriculture  
[ivanna.86@inbox.ru](mailto:ivanna.86@inbox.ru)

**Alexander Ivanovich Khripunov<sup>2</sup>**  
Head of the Laboratory of Agricultural Landscapes, Candidate of Agricultural Sciences  
[hripunov1955@yandex.ru](mailto:hripunov1955@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

**Elena Nikolaevna Obshchiya<sup>2</sup>**  
Senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Landscapes  
[obzia@mail.ru](mailto:obzia@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>

<sup>1</sup> Prikumskaya experimental Breeding Station, 4 Vavilov Str., Budennovsk, Stavropol Territory, 356803, Russia

<sup>2</sup> North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov Str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia

УДК 631.52 : 633.13

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-161-167

Е.П. Кондратенко ✉  
И.А. Сергеева  
О.Б. Константинова  
О.М. Соболева  
А.Е. Редозубова  
Л.В. Попова

Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкого,  
Кемерово, Россия

✉ meer@yandex.ru

Поступила в редакцию:  
24.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
13.07.2024

Принята к публикации:  
29.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-161-167

Ekaterina P. Kondratenko ✉  
Iraida A. Sergeeva  
Olga B. Konstantinova  
Olga M. Soboleva  
Alyona E. Redozubova  
Liubov V. Popova

Kuzbass State Agrarian University named  
after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia

✉ meer@yandex.ru

Received by the editorial office:  
24.04.2024

Accepted in revised:  
13.07.2024

Accepted for publication:  
29.07.2024

## Анализ урожайности ярового овса, возделываемого в условиях резко континентального климата

### РЕЗЮМЕ

Проведены исследования урожайности ярового овса в 2012–2021 гг. в условиях резко континентального климата на территории Кемеровской области. Основные почвы степной зоны — чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, лесостепной — серые лесные. В 2012 году урожайность этой культуры была самой низкой — 9,35 ц/га. Урожайность сельскохозяйственной культуры за ряд лет подразделяют на эволюторную и случайную составляющие. Первая отображает тенденцию динамики урожайности (тренд) и связана с повышением общей культуры земледелия. Вторая обусловлена колебаниями погодных условий в каждом конкретном году и изображается в виде отклонений от тренда. Показано, что урожайность ярового овса как в степной, так и в лесостепной почвенно-климатических зонах имеет тенденцию к незначительному росту. Анализ полученных данных показал, что максимальная урожайность овса ярового была в 2021 г. — 22,68 ц/га, а самая низкая — в 2012 г. (9,35 ц/га). Высокая колеблемость урожайности овса говорит о сильном влиянии гидротермических условий в период вегетации культуры. Установлено, что снижение темпа роста урожайности ярового овса на территории Кемеровской области было в 2015, 2016 и 2018 годах. Максимальный темп роста наблюдался в 2013 году — 178,82%. Максимальное снижение темпа прироста урожайности ярового овса произошло в 2016 г. и 2018-м — на -5,31% и на -6,68% соответственно. Самый высокий прирост урожайности овса наблюдался в 2013 году — 78,82%. Абсолютное содержание 1% прироста урожайности составило 19,44 ц/га в 2021 году в сравнении с 2012-м.

**Ключевые слова:** яровой овес (*Avena sativa*), погода, урожайность, климат, выращивание овса

**Для цитирования:** Кондратенко Е.П., Сергеева И.А., Константинова О.Б., Соболева О.М., Редозубова А.Е., Попова Л.В. Анализ урожайности ярового овса, возделываемого в условиях резко континентального климата. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 161–167.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-161-167>

© Кондратенко Е.П., Сергеева И.А., Константинова О.Б., Соболева О.М., Редозубова А.Е., Попова Л.В.

## Analysis of the yield of spring oats cultivated in a harsh continental climate

### ABSTRACT

Studies of the yield of spring oats for the period 2012–2021 in the conditions of a sharply continental climate in the Kemerovo region have been carried out. The main soils of the steppe zone are leached heavy loamy chernozem, forest-steppe — gray forest. In 2012, the yield of this crop was the lowest — 9.35 kg/ha. The first one reflects the trend of yield dynamics (trend) and is associated with an increase in the general culture of agriculture. The second is caused by fluctuations in weather conditions in each particular year and is depicted as deviations from the trend. It is shown that the yield of spring oats in both steppe and forest-steppe soil-climatic zones tends to slightly increase. The analysis of the data obtained showed that the maximum yield of spring oats was in 2021 — 22.68 kg/ha, and the lowest was in 2012 (9.35 kg/ha). The high fluctuation of oat yield indicates a strong influence of hydrothermal conditions during the growing season of the crop. It was found that the decrease in the growth rate of spring oat yields in the Kemerovo region was in 2015, 2016 and 2018. The maximum growth rate was observed in 2013 — 178.82%. The maximum decrease in the yield growth rate of spring oats occurred in 2016 and 2018 - by -5.31% and -6.68%, respectively. The highest increase in oat yield was observed in 2013 — 78.82%. The absolute content of 1% yield increase was 19.44 c/ha in 2021 compared to 2012.

**Key words:** spring oats (*Avena sativa*), weather, yield, climate, oat growing

**For citation:** Kondratenko E.P., Sergeeva I.A., Konstantinova O.B., Soboleva O.M., Redozubova A.E., Popova L.V. Analysis of the yield of spring oats cultivated in a harsh continental climate. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 161–167 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-161-167>

© Kondratenko E.P., Sergeeva I.A., Konstantinova O.B., Soboleva O.M., Redozubova A.E., Popova L.V.

## Введение/Introduction

Овес — сельскохозяйственная культура, которая хорошо приспособлена к гидротермическим условиям юго-востока Западной Сибири [1, 2]. Благодаря неприхотливости к почвам и гидротермическим условиям данная культура возделывается во всех регионах Сибири [3].

Многими исследователями показано, что будущий урожай и качество зерна ярового овса формируются на протяжении онтогенеза под влиянием многих факторов, главным из которых являются метеорологические условия [4].

Установлено, что прохладная дождливая весна и умеренная температура лета обеспечивают высокую продуктивность метелки и высокую урожайность ярового овса [5]. О благоприятном влиянии умеренных температур на продуктивность овса указывают и зарубежные исследователи [6]. В ранний период посева растения формируют мощную корневую систему, что способствует в дальнейшем хорошему их снабжению минеральным питанием и водой [7].

При хорошей влагообеспеченности пониженная температура стимулирует синтез гиббереллинов, которые обеспечивают гормональную регуляцию хорошего прорастания семян [8].

Исследователи сообщают [9], что формирование урожая в основном происходит в результате фотосинтетической деятельности листьев. Площадь листовой поверхности растений овса на поле при обеспеченности необходимыми условиями жизни оказывает решающее значение на урожайность. В условиях ограниченного водоснабжения площадь листьев уменьшается, что ведет к снижению урожая [11].

Исследователи показали, что растения овса к фазе колошения должны сформировать площадь листьев, в 2–3 раза превышающую площадь посева, и листовой аппарат должен работать как можно дольше. Высота растения при недостатке осадков в период кущения приводит к снижению урожая зерновых культур [12].

Урожайность сельскохозяйственной культуры, оцененную за ряд лет, подразделяют на эволюторную и случайную составляющие. Первая отображает тенденцию динамики урожайности (тренд) и связана с повышением общей культуры земледелия. Вторая обусловлена колебаниями погодных условий в каждом конкретном году и изображается в виде отклонений от тренда [13].

М.А. Козыренко, В.Н. Пакуль, Д.Е. Андросов (2018 г.) отмечают доминирующее влияние условий внешней среды на урожайность образцов ярового овса, которое составляет 85,3% [14].

Снижение урожайности при недостатке влаги в критический период злаков связано как с торможением и ослаблением роста вегетативных, так и нарушением функций генеративных органов [15]. При засухе происходит снижение урожайности в результате повреждения цветочных органов и нарушения оплодотворения, приводящего к снижению числа зерен в метелке. Как правило, засухой сильно повреждаются те вегетативные и генеративные органы, которые с самого начала формируются и развиваются при недостатке влаги [16].

В дождливую погоду при низкой температуре ухудшается оплодотворение. Пыльники прекращают развитие при температуре +12 °С, а если при +6–10 °С и происходит, то развитие зародыша и эндосперма идет медленно, зерновка отмирает, не закончив формирование.

Установлено, что в холодных условиях вегетации растений депрессия от засухи была наиболее сильной в критический период вегетации — кущение-цветение, особенно по зерновой продуктивности [17].

По мнению J.P. Chavas, C. Nauges (2020 г.), технический прогресс в сельском хозяйстве увеличивает его производительность и в целом снижает зависимость от условий окружающей среды [18].

Дальнейшее повышение культуры земледелия требует всё более глубокого изучения зависимости урожайности сельскохозяйственных растений от метеорологических условий и детального учета климатических и погодных особенностей каждого сельскохозяйственного района.

Количественная и качественная сторона урожайности в интегральном виде характеризует результат использования факторов природно-климатических условий в производственном процессе [19]. Изучение ее изменчивости под влиянием этих факторов, как по отдельности, так и в комплексе, позволяет целенаправленно управлять производственным процессом [20], обеспечивая более полную реализацию потенциальной генетической информации растения.

*Цель исследований* — определить влияние погодных условий и агротехники возделывания на урожайность ярового овса в условиях резко континентального климата Кемеровской области.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектами исследований служили статистические материалы по урожайности ярового овса в производстве Кемеровской области за 2012–2021 гг.<sup>1</sup>

В настоящее время в I томе Государственного реестра селекционных достижений, посвященном сортам растений, находятся 48 сортов ярового овса, допущенных к использованию в Западно-Сибирском (10) регионе. Однако на практике в хозяйствах сортовой ассортимент оказывается не так широк. В таблице 1 приведено описание основных сортов ярового овса, возделываемых в хозяйствах Кемеровской области. Сортовой анализ по районам и посевным площадям не проводился. Анализ таблицы показывает, что сорта, демонстрирующие высокую урожайность, обладают неудовлетворительными показателями устойчивости к фитопатогенам и невысоким качеством зерна. Это может затруднять составление сбалансированного сортамента культуры в конкретном хозяйстве и приводить к снижению устойчивости производства овса в целом в регионе. Голозерные сорта овса возделываются редко, так как основное назначение использования зерна овса в Кемеровской области — зернофуражное.

Гидротермические условия изучались по данным Кемеровского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды<sup>2</sup>. Метеоусловия лет исследований значительно различались. В 2012 году в мае на территории лесостепной и степной зон преобладала холодная погода, с частыми осадками. Средняя за месяц температура воздуха составила по области +6–9 °С, что на 2–3 °С ниже нормы. Месячная сумма осадков — 48–91 мм (124% нормы). В июне средняя температура воздуха составила +13–15 °С, что на 1–2 °С ниже нормы. Осадков выпало от 31 мм до 55 мм — 48–85% нормы. В июле температура воздуха составила +18–19 °С — в пределах нормы.

<sup>1</sup> <https://42.rosstat.gov.ru/>

<sup>2</sup> <https://meteo-kuzbass.ru/>

Таблица 1. Описание основных сортов ярового овса, возделываемых в хозяйствах Кемеровской области

Table 1. Description of the main varieties of spring oats cultivated in the farms of the Kemerovo region

Название сорта	Тип растения, группа спелости	Устойчивость	Средняя урожайность в регионе допуска, ц/га	Качество зерна
Гаврош	голозерный, среднеранний	устойчив к пыльной головне	18,0	ценный по качеству; содержание белка — 13,9–17,5%, натура зерна — 540–660 г/л
Джигит	пенчатый, среднеспелый	устойчив к стеблевой и корончатой ржавчинам, красно-бурой пятнистости	39,9	универсальный; натура зерна — 424–551 г/л, содержание белка в зерне — 12,5–12,8%
Креол	пенчатый, среднеспелый	умеренно устойчив к пыльной головне; восприимчив к корончатой ржавчине	32,9	зернофуражный; содержание белка — 8,8–13,9%, натура зерна — 470–550 г/л
Марушак	пенчатый, среднеранний	в полевых условиях средне поражен гельминтоспориозом, очень сильно — красно-бурой пятнистостью, сильно восприимчив к пыльной и твердой головне, корончатой ржавчине	40,8	содержание белка — до 14,0%, натура зерна — 520–580 г/л
Памяти Богачкова	пенчатый, среднеспелый	устойчив к пыльной головне, сильно восприимчив к корончатой ржавчине и бактериальному ожогу	25,3	ценный по качеству; содержание белка — 11–17%, натура зерна — 430–540 г/л
Помор	голозерный, среднепоздний	умеренно восприимчив к пыльной головне, восприимчив к корончатой ржавчине и бактериальному ожогу	18,6	ценный по качеству; содержание белка — 13,1–19,5%, натура зерна — 550–680 г/л
Прогресс	голозерный, среднеспелый	восприимчив к твердой головне, сильно восприимчив к пыльной головне, в полевых условиях корончатой ржавчиной поражен слабо, бактериальным ожогом и красно-бурой пятнистостью — сильно	20,0	ценный по качеству; содержание белка — 12,4–18,7%, натура зерна — 560–680 г/л
Ровесник	пенчатый, среднеранний	выше среднего восприимчив к головневому, выше среднего — сильно поражается корончатой ржавчиной, значительно восприимчив к бактериальному ожогу и стеблевой ржавчине	27,7	зернофуражный; натура зерна — 460–520 г/л
Сибирский голозерный	голозерный, среднеспелый	умеренно восприимчив к пыльной головне, восприимчив к бактериальному ожогу и корончатой ржавчине	17,2	ценный по качеству; содержание белка — 15,9–19,8%, натура зерна — 530–650 г/л
Тайдон	голозерный, среднепоздний	умеренно устойчив к пыльной головне и корончатой ржавчине	20,0	ценный по качеству; содержание белка — 12,5–18,2%, натура зерна — 560–670 г/л
Тобояк	пенчатый, среднеспелый	восприимчив к пыльной и твердой головне, умеренно восприимчив к корончатой ржавчине, в полевых условиях слабо поражен стеблевой ржавчиной, средне — мучнистой росой	41,2	зернофуражный; содержание белка — до 11,7%, натура зерна — 468–572 г/л
Фобос	пенчатый, среднеспелый	устойчив к головневому заболеванию, среднеустойчив к корончатой ржавчине	27,5	фуражный, толстопенчатый; натура зерна — 340–672 г/л, содержание белка — 13,2–16,0%

У ярового овса наблюдалось выметывание метелки — цветение, что в среднем на неделю позднее обычного. Осадков по большинству районов выпало от 73 до 198 мм (103–261% нормы). В Мариинском, Яйском и Юргинском отмечен недобор осадков — 16–25 мм (29–40% нормы). В августе сохранялась теплая с обильными осадками погода. Среднесуточная температура воздуха была +17–19 °С, что на 1–2 °С выше нормы.

2014 год — май холодный, июнь жаркий, теплее выше нормы на 3 °С, что способствовало быстрому испарению влаги из почвы. Развитие овса шло ускоренно. Отмечалось кущение-выход в трубку, в июне — выметывание метелки.

Изменчивость урожайности определяли по Б.А. Доспехову<sup>3</sup>. Линии трендов рассчитаны по уравнениям линейной регрессии по формулам:

$$Y = \bar{y} + a(t - \bar{t}),$$

где:  $Y$  — урожайность по тренду, ц/га;  $\bar{y}$  — средняя урожайность за рассматриваемый период, ц/га;  $t$  — порядковый номер года (начиная с 2012-го);  $\bar{t}$  — средний за период показатель времени;  $a$  — коэффициент регрессии, показывающий в данном случае среднегодовой прирост урожайности в рассматриваемый период и определенный отношением:

$$r_b = n \Sigma (y - \bar{y})(t - \bar{t}) / \sqrt{\Sigma (y - \bar{y})^2 \Sigma (t - \bar{t})^2},$$

где  $n$  — количество взятых лет,  $\Sigma$  — знак суммирования.

Расчеты выполнены в программе MS Excell 2013 (Microsoft, США).

<sup>3</sup> Б.А. Доспехов. Методика полевого опыта. М.: Альянс. 2011; 352.

Таблица 2. Динамика среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков вегетационного периода, Кемеровская область, 2012–2021 гг.

Table 2. Dynamics of the average daily air temperature and the amount of precipitation of the growing season, Kemerovo region, 2012–2021

Год	Среднесуточная температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм			
	май	июнь	июль	август	май	июнь	июль	август
Средне-многолетняя	8,6	14,8	18,3	15,1	51	67	66	64
2012	7,5	14,0	18,5	18,0	69	43	135	106
2013	6,0	13,2	16,8	16,3	44	48	27	122
2014	9,0	19,0	25,0	18,0	102	42	83	69
2015	12,0	19,0	22,0	17,0	7	44	40	66
2016	9,3	18,6	20,1	16,3	0	41	41	46
2017	7,9	21,0	17,5	19,7	2	10	84	65
2018	6,8	19,0	17,4	14,6	81	63	75	25
2019	19,5	16,0	18,0	16,8	43	50	39	71
2020	13,4	14,7	17,7	17,0	73	36	104	31
2021	10,5	15,3	18,0	16,9	48	85	49	38,5

## Результаты и обсуждения / Results and discussion

Яровой овес *Avena sativa* в Кемеровской области возделывается на территории степной и лесостепной зон во всех 17 районах.

Анализ динамики урожайности ярового овса (табл. 3) позволил выяснить, в какой мере уровень урожайности зависит от климатических условий.

Погодные и эдафические условия степной зоны более благоприятны для культивирования ярового овса, чем условия лесостепной зоны, о чем свидетельствуют средние значения урожайности за 10-летний период — 17,88 ц/га и 16,76 ц/га соответственно.

Таблица 3. Урожайность (ц/га) ярового овса с 2012 по 2021 г., Кемеровская область

Table 3. Yield of spring oats from 2012 to 2021, centner/ha, Kemerovo region

Районы Кемеровской области	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Среднее
<b>Среднее по степной зоне</b>	8,71	17,53	19,76	18,11	15,37	18,76	17,96	19,30	19,30	23,99	17,88 ± 2,41
Новокузнецкий	10,40	14,40	16,80	17,90	15,30	16,00	15,00	18,30	16,80	17,20	15,81 ± 1,63
Прокопьевский	10,90	23,70	17,50	21,10	19,00	22,60	19,50	19,90	24,00	31,10	20,93 ± 3,57
Беловский	8,80	17,20	16,80	12,80	11,40	16,10	17,80	21,30	24,60	26,90	17,37 ± 4,22
Гурьевский	6,60	13,60	31,00	17,40	14,70	18,30	17,50	20,70	15,10	28,50	18,34 ± 5,04
Ленинск-Кузнецкий	6,70	15,80	17,80	19,70	15,60	19,50	20,80	19,50	18,40	23,80	17,76 ± 3,04
Крапивинский	9,00	20,30	17,00	19,10	16,80	20,50	16,20	18,60	18,70	18,60	17,48 ± 2,18
Промышленновский	8,60	17,70	21,40	18,80	14,80	18,30	18,90	16,80	17,50	21,80	17,46 ± 2,44
<b>Среднее по лесостепной зоне</b>	9,79	16,15	15,60	16,45	16,83	17,93	16,42	17,14	19,53	21,77	16,76 ± 1,88
Кемеровский	10,70	21,10	20,00	20,60	22,10	21,90	20,60	22,80	24,70	29,70	21,42 ± 2,82
Топкинский	7,50	19,80	20,80	21,90	18,50	20,80	16,50	20,00	21,00	20,70	18,75 ± 2,75
Яшкинский	7,20	13,20	13,00	13,60	13,50	16,40	13,10	15,80	17,20	18,60	14,16 ± 2,27
Яйский	9,90	13,10	13,90	13,70	12,40	14,30	14,10	17,70	16,70	16,70	14,25 ± 1,68
Мариинский	8,40	16,00	15,10	15,30	19,80	22,70	21,40	20,00	22,60	23,50	18,48 ± 3,82
Ижморский	7,30	11,80	11,90	12,30	12,70	13,90	15,20	15,00	14,80	15,60	13,05 ± 1,85
Юргинский	7,90	17,60	16,50	19,50	18,90	19,30	15,00	17,10	17,40	21,40	17,06 ± 2,36
Тисульский	15,60	14,70	14,30	13,00	14,70	15,40	16,20	10,70	20,60	25,20	16,04 ± 2,78
Чебулинский	12,60	19,00	16,90	22,20	20,60	22,40	16,20	16,20	22,70	24,90	19,37 ± 3,19
Тяжинский	10,80	15,20	13,60	12,40	15,10	12,20	15,90	16,10	17,60	21,40	15,03 ± 2,22

Необходимо отметить определенную стабильность урожайности овса по хозяйствам лесостепной зоны: из года в год получаемые значения различаются несущественно. В то время как в степной зоне скачки урожайности за разные годы более значительны.

Совокупность погодных условий, складывающихся в тот или иной год, чаще всего по всей области оказывает похожее воздействие на урожайность культуры. Так, в 2012 г. отмечались неблагоприятные условия по обеспеченности влагой растений в критические периоды развития, что привело к резкому снижению урожайности, например, в Ленинск-Кузнецком и Гурьевском районах (до 6,6 ц/га). Подобная тенденция отмечается для 16 районов из изучаемых 17. Исключением является один район — Тисульский: только в хозяйствах этого района в 2012 г. удалось получить относительно неплохой урожай — 15,6 ц/га. В среднем по степной зоне урожайность в 2012 г. составила 8,71 ц/га, в лесостепной — 9,79 ц/га.

Наиболее благоприятные погодные условия отмечены в 2021 г. В этот год товаропроизводителям отдельных районов Кемеровской области (Прокопьевского, Гурьевского и Кемеровского) удалось приблизиться к 30 ц/га. В среднем по степной зоне урожайность в 2021 г. составила 23,99 ц/га, в лесостепной — 16,76 ц/га.

Для оценки колебаний урожайности вследствие различных погодных условий более показательны ее отклонения по годам от линии тренда, чем отклонения от средних многолетних значений (табл. 4).

Таблица 4. Уравнения линии трендов урожайности ярового овса по административным районам Кемеровской области с 2012 по 2021 г.

Table 4. Equations of the trend line for the yield of spring oats in the administrative districts of the Kemerovo region from 2012 to 2021

Районы	Средняя урожайность, ц/га	Вид уравнения	Коэффициент достоверности аппроксимации	Коэффициент корреляции
Беловский	17,37	$y = 1,557x + 8,8067$	$R^2 = 0,6881$	0,84
Гурьевский	18,34	$y = 0,9697x + 13,007$	$R^2 = 0,1706$	0,70
Ижморский	13,05	$y = 0,7339x + 9,0133$	$R^2 = 0,803$	0,89
Кемеровский	21,42	$y = 1,2727x + 14,42$	$R^2 = 0,6672$	0,98
Крапивинский	17,48	$y = 0,4739x + 14,873$	$R^2 = 0,1892$	0,80
Ленинск-Кузнецкий	17,76	$y = 1,1382x + 11,5$	$R^2 = 0,5722$	0,93
Мариинский	18,48	$y = 1,3806x + 10,887$	$R^2 = 0,779$	0,85
Новокузнецкий	15,81	$y = 0,4697x + 13,227$	$R^2 = 0,39$	0,82
Прокопьевский	20,93	$y = 1,18x + 14,44$	$R^2 = 0,4736$	0,92
Промышленновский	17,46	$y = 0,5952x + 14,187$	$R^2 = 0,2338$	0,86
Тисульский	16,04	$y = 0,7273x + 12,04$	$R^2 = 0,2915$	0,50
Топкинский	18,75	$y = 0,6624x + 15,107$	$R^2 = 0,2241$	0,85
Тяжинский	15,03	$y = 0,8018x + 10,62$	$R^2 = 0,6316$	0,78
Чебулинский	19,37	$y = 0,7085x + 15,473$	$R^2 = 0,3124$	0,79
Юргинский	17,06	$y = 0,6667x + 13,393$	$R^2 = 0,3004$	0,88
Яйский	14,25	$y = 0,6576x + 10,633$	$R^2 = 0,7428$	0,84
Яшкинский	14,16	$y = 0,8848x + 9,2933$	$R^2 = 0,7238$	0,96
По области	17,22	$y = 0,875x + 12,409$	$R^2 = 0,6335$	

Как и следовало ожидать, культивирование сельскохозяйственных культур в зонах рискованного земледелия, к каковым относится Кемеровская область, происходит в условиях тесной корреляционной взаимосвязи между погодными условиями и получаемой урожайностью. Этот тезис подтверждают высокие значения коэффициентов корреляции между данными показателями: для большинства изучаемых районов они колеблются от 0,70 (Гурьевский район) до 0,98 (Кемеровский район). Однако обращает на себя внимание Тисульский район, для которого зарегистрировано достаточно низкое значение коэффициента корреляции — 0,50.

**Рис. 1.** Динамика урожайности ярового овса по степной зоне Кемеровской области за 2012–2021 гг.

**Fig. 1.** Dynamics of the yield of spring oats in the steppe zone of the Kemerovo region for 2012–2021



На рисунках 1 и 2 представлены тенденции изменения урожайности ярового овса по хозяйствам степной и лесостепной зон Кемеровской области.

Несмотря на значительные разбросы продуктивности культуры по годам, в целом налицо положительная динамика роста урожайности по обеим природно-климатическим зонам. Это может быть следствием улучшения и более эффективного использования агротехнических приемов, а также своевременной сортосмены.

Рассчитаны показатели динамики (цепные и базисные) урожайности ярового овса за 2012–2021 гг. (табл. 5).

Абсолютный прирост  $\Delta t$  характеризует абсолютный размер увеличения (или уменьшения) уровня ряда  $y_t$  за определенный временной интервал и исчисляется как разница уровней ряда:

$$\text{базисный прирост } \Delta t = y_t - y_0;$$

$$\text{цепной прирост } \Delta t = y_t - y_{t-1}.$$

Выявлено, что наиболее высокие урожаи ярового овса (20,0–31,0 ц/га) по области наблюдались в 2021 г., когда за июнь выпало более 60 мм осадков. Значительно низкие урожаи (6,6–12,6 ц/га) в 2012 г. с осадками около 43 мм в этот период, а среднесуточная температура в июне составляла 14 °С (табл. 6).

**Таблица 6.** Изменение урожайности ярового овса в зависимости от погодных условий с 2012 по 2021 г., Кемеровская область

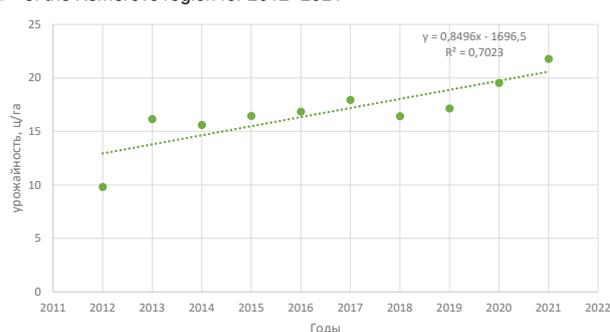
**Table 6.** Change in the yield of spring oats depending on weather conditions from 2012 to 2021, Kemerovo region

Район	Максимальная урожайность			Минимальная урожайность				
	год	осадки за июнь, мм	средне-суточная температура воздуха, °С	год	осадки за июнь, мм	средне-суточная температура воздуха, С	урожай-ность, ц/га	
Беловский	2021	67/46,2	15,3/16,98	26,9	2012	43	14	8,8
Гурьевский	2014	42/46,2	19/16,98	31,0	2012	43	14	6,6
Ижморский	2021	67/46,2	15,3/16,98	15,6	2012	43	14	7,3
Кемеровский	2021	67/46,2	15,3/16,98	29,7	2012	43	14	10,7
Крапивинский	2017	67/46,2	15,3/16,98	20,5	2012	43	14	9
Ленинск-Кузнецкий	2021	67/46,2	15,3/16,98	23,8	2012	43	14	6,7
Мариинский	2021	67/46,2	15,3/16,98	23,5	2012	43	14	8,4
Новокузнецкий	2021	67/46,2	15,3/16,98	18,3	2012	43	14	10,4
Прокопьевский	2021	67/46,2	15,3/16,98	31,1	2012	43	14	10,9
Промышленновский	2021	67/46,2	15,3/16,98	21,8	2012	43	14	8,6
Тисульский	2021	67/46,2	15,3/16,98	25,2	2019	50	16	10,7
Топкинский	2015	44/46,2	19/16,98	21,9	2012	43	14	7,5
Тяжинский	2021	67/46,2	15,3/16,98	21,4	2012	43	14	10,8
Чебулинский	2021	67/46,2	15,3/16,98	24,9	2012	43	14	12,6
Юргинский	2021	67/46,2	15,3/16,98	21,4	2012	43	14	7,9
Яйский	2019	50/46,2	16/16,98	17,7	2012	43	14	9,9
Яшкинский	2021	67/46,2	15,3/16,98	18,6	2012	43	14	7,2

Примечание: в числителе — осадки и среднесуточная температура воздуха текущего года, в знаменателе — среднесуточная.

**Рис. 2.** Динамика урожайности ярового овса по лесостепной зоне Кемеровской области за 2012–2021 гг.

**Fig. 2.** Dynamics of the yield of spring oats in the forest-steppe zone of the Kemerovo region for 2012–2021



**Таблица 5.** Цепные показатели динамики урожайности овса ярового

**Table 5.** Chain indicators of yield dynamics of spring oats

Год	Средняя урожайность, ц/га	Абсолютный прирост, ц/га	Темп роста, %	Темп прироста, %	Абсолютное содержание 1% прироста, ц/га
2012	9,35				
2013	16,72	7,37	178,82	78,82	9,35
2014	17,31	0,59	103,53	3,53	16,72
2015	17,14	-0,17	99,02	-0,98	17,31
2016	16,23	-0,91	94,69	-5,31	17,14
2017	18,27	2,04	112,57	12,57	16,23
2018	17,05	-1,22	93,32	-6,68	18,27
2019	18,03	0,98	105,75	5,75	17,05
2020	19,44	1,41	107,82	7,82	18,03
2021	22,68	3,24	116,67	16,67	19,44

Яровой овес чувствителен к атмосферной засухе. Июньская засуха вызывает у растений торможение роста и процессов генеративного развития.

По данным авторов, максимальная урожайность ярового овса была получена в годы, когда при достаточной влагообеспеченности средняя температура воздуха в июне составляла +11,3–13,6 °С. Существенное снижение урожайности наблюдалось в 2012 г. при среднесуточной температуре воздуха в этом месяце +15,4–19,5 °С и недостаточной влагообеспеченности.

### Выводы/Conclusions

Проведенные исследования выявили, что на территории Кемеровской области с резко континентальным климатом на урожайность ярового овса оказывают влияние климатические различия и погодные условия конкретного года.

Показано, что урожайность ярового овса, как в степной, так и в лесостепной почвенно-климатических зонах, имеет тенденцию к росту. Так, в 2012–2014 гг. средняя урожайность по степной зоне составляла 15,33 ц/га, в 2019–2021 гг. — 20,86 ц/га; по лесостепной — 13,85 и 19,48 ц/га соответственно.

Отмечена значительная вариативность условий среды с 2012 по 2021 г., что отразилось на величине урожайности.

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. Еремин Д.И., Моисеева М.Н. Получение высоких урожаев овса в Западной Сибири. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2020; 9–1: 59–62. <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2020-10982>
2. Любимова А.В. и др. Каталог биохимических паспортов сортов овса посевного сибирской селекции. *Вестник КрасГАУ*. 2022; 5: 73–83. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-5-73-83>
3. Моисеева М.Н. Перспективы развития овса в земледелии Западной Сибири. *Агропродовольственная политика России*. 2020; 3: 24–26. <https://www.elibrary.ru/pfgatf>
4. Семинченко Е.В. Влияние предшественников и метеоусловий на урожайность овса. *Вестник Мариинского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки*. 2020; 6(1): 53–58. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-1-53-58>
5. Войцущая Н.П., Лоскутов И.Г. Полевая оценка коллекционных образцов овса посевного на устойчивость к корончатой и стеблевой ржавчинам. *Таврический вестник аграрной науки*. 2020; 1: 7–18. <https://www.elibrary.ru/mcabsq>
6. Zhang H., Liu C., Mao L., Li Y., Shen Y. Divergent response of hay and grain yield of oat: effects of environmental factors and sowing rate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023; 103(1): 233–242. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12135>
7. Shakhova O.A., Yakubyshina L.I. Formation of a stable yield of grain crops in various meteorological conditions in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 981(2): 022022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/2/022022>
8. Reed R.C., Bradford K.J., Khanday I. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*. 2022; 128(6): 450–459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>
9. Murchie E.H. et al. A "wiring diagram" for source strength traits impacting wheat yield potential. *Journal of Experimental Botany*. 2023; 74(1): 72–90. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac415>
10. Kumar R. et al. Study of genetic variability to emphasize breeding programme for fodder and grain yield in oat genotypes. *The Pharma Innovation Journal*. 2022; 11(5): 2505–2508.
11. Hou P. et al. *Avena sativa* under Drought Stress. Latef A.A.H.A. (ed.). Medicinal Plant Responses to Stressful Conditions. Boca Raton: CRC Press. 2023; 201–257. <https://doi.org/10.1201/9781003242963-4>
12. Ключков А.В., Соломко О.Б., Ключкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019; 2: 101–105. <https://www.elibrary.ru/hhojio>
13. Носов В.В. Концепция и содержание устойчивости сельскохозяйственного производства. *Ученые записки Российского государственного социального университета*. 2005; 3: 105–113. <https://www.elibrary.ru/pmtfbj>
14. Козыренко М.А., Пакуль В.Н., Андросов Д.Е. Экологическая пластичность ярового овса в условиях Западной Сибири. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2018; 48(3): 21–27. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-3-3>
15. Семенов Н.Н. К вопросу повышения устойчивости зерновых культур к неблагоприятным условиям внешней среды (аналитический обзор). *Почвоведение и агрохимия*. 2019; 1: 245–254. <https://www.elibrary.ru/yadctf>
16. Cohen I., Zandalinas S.I., Huck C., Fritschi F.B., Mittler R. Meta-analysis of drought and heat stress combination impact on crop yield and yield components. *Physiologia Plantarum*. 2021; 171(1): 66–76. <https://doi.org/10.1111/ppl.13203>
17. Юркеева Н.У., Пинчук Л.Г., Кондратенко Е.П., Грибовская Е.В. Продуктивность и качество озимой пшеницы на юго-востоке Западной Сибири (Кемеровская область). *Достижения науки и техники АПК*. 2011; 11: 19–20. <https://www.elibrary.ru/ojmtqt>
18. Chavas J.-P., Nauges C. Uncertainty, Learning, and Technology Adoption in Agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2020; 42(1): 42–53. <https://doi.org/10.1002/aep.13003>
19. Исачкова О.А., Логинова А.О., Коркина В.И. Содержание аминокислот в зерне голозерного овса при различных условиях возделывания. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022; 52(5): 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-2>
20. Nevidimova O.G., Volkova E.S., Melnik M.A., Yankovich E.P. Regional Studies of Environmental Management Risks under the Conditions of Modern Climate Change: Basic Approaches and Assessment Methods. *Contemporary Problems of Ecology*. 2022; 15(3): 236–244. <https://doi.org/10.1134/S19954252203009X>

## REFERENCES

1. Eremin D.I., Moiseeva M.N. Getting high oat yields in Western Siberia. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk*. 2020; 9–1: 59–62 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2020-10982>
2. Lyubimova A.V. et al. Siberian oat varieties' biochemical passports catalog. *Bulletin of KrasGAU*. 2022; 5: 73–83 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-5-73-83>
3. Moiseeva M.N. Prospects for the development of oats in agriculture in Western Siberia. *Agro-food policy in Russia*. 2020; 3: 24–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pfgatf>
4. Seminchenko E.V. Influence of forecrops and weather conditions on oats yield. *Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences*. 2020; 6(1): 53–58 (in Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-1-53-58>
5. Voitsutskaya N.P., Loskutov I.G. Field assessment of the collection samples of *Avena sativa* for resistance to crown and stem rust under condition of Kuban branch of VIR. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2020; 1: 7–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mcabsq>
6. Zhang H., Liu C., Mao L., Li Y., Shen Y. Divergent response of hay and grain yield of oat: effects of environmental factors and sowing rate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023; 103(1): 233–242. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12135>
7. Shakhova O.A., Yakubyshina L.I. Formation of a stable yield of grain crops in various meteorological conditions in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 981(2): 022022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/2/022022>
8. Reed R.C., Bradford K.J., Khanday I. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*. 2022; 128(6): 450–459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>
9. Murchie E.H. et al. A "wiring diagram" for source strength traits impacting wheat yield potential. *Journal of Experimental Botany*. 2023; 74(1): 72–90. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac415>
10. Kumar R. et al. Study of genetic variability to emphasize breeding programme for fodder and grain yield in oat genotypes. *The Pharma Innovation Journal*. 2022; 11(5): 2505–2508.
11. Hou P. et al. *Avena sativa* under Drought Stress. Latef A.A.H.A. (ed.). Medicinal Plant Responses to Stressful Conditions. Boca Raton: CRC Press. 2023; 201–257. <https://doi.org/10.1201/9781003242963-4>
12. Klochov A.V., Solomko O.B., Klochova O.S. Influence of weather conditions on crop yields. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2019; 2: 101–105 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hhojio>
13. Nosov V.V. The concept and content of the sustainability of agricultural production. *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo sotsialnogo universiteta*. 2005; 3: 105–113 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pmtfbj>
14. Kozyrenko M.A., Pakul V.N., Androsov D.E. Ecological plasticity of spring oats in the conditions of Western Siberia. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2018; 48(3): 21–27 (in Russian). <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-3-3>
15. Semenenko N.N. To the question of increasing the sustainability of crops to adverse environmental conditions (analytical review). *Soil Science and Agrochemistry*. 2019; 1: 245–254 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yadctf>
16. Cohen I., Zandalinas S.I., Huck C., Fritschi F.B., Mittler R. Meta-analysis of drought and heat stress combination impact on crop yield and yield components. *Physiologia Plantarum*. 2021; 171(1): 66–76. <https://doi.org/10.1111/ppl.13203>
17. Yurkeeva N.U. Pinchuk L.G., Kondratenko E.P., Gribovskaya E.V. Productivity and quality of winter wheat in the south-east of West Siberia (Kemerovo region). *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2011; 11: 19–20 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ojmtqt>
18. Chavas J.-P., Nauges C. Uncertainty, Learning, and Technology Adoption in Agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2020; 42(1): 42–53. <https://doi.org/10.1002/aep.13003>
19. Isachkova O.A., Loginova A.O., Korkina V.I. Amino acid content in the grain of naked oats under various cultivation conditions. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022; 52(5): 15–23 (in Russian). <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-2>
20. Nevidimova O.G., Volkova E.S., Melnik M.A., Yankovich E.P. Regional Studies of Environmental Management Risks under the Conditions of Modern Climate Change: Basic Approaches and Assessment Methods. *Contemporary Problems of Ecology*. 2022; 15(3): 236–244. <https://doi.org/10.1134/S19954252203009X>

**ОБ АВТОРАХ**

**Екатерина Петровна Кондратенко**  
профессор Высшей аграрной школы,  
доктор сельскохозяйственных наук  
meer@yandex.ru

**Ираида Анатольевна Сергеева**  
кандидат физико-математических наук  
ira\_sergeeva@mail.ru

**Ольга Борисовна Константинова**  
проректор по научной работе,  
кандидат сельскохозяйственных наук  
olykk@mail.ru

**Ольга Михайловна Соболева**  
доцент Высшей аграрной школы,  
кандидат биологических наук  
meer@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8929-7725>

**Алена Евгеньевна Редозубова**  
ведущий специалист  
meer@yandex.ru

**Любовь Владимировна Попова**  
начальник научного отдела  
nir@ksai.ru

Кузбасский государственный аграрный университет  
им. В.Н. Полецовца,  
ул. им. Марковцева, 5, Кемерово, 650056, Россия

**ABOUT THE AUTHOR**

**Ekaterina Petrovna Kondratenko**  
Professor of the Higher Agricultural School,  
Doctor of Agricultural Sciences  
meer@yandex.ru

**Iraida Anatolyevna Sergeeva**  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
ira\_sergeeva@mail.ru

**Olga Borisovna Konstantinova**  
Vice-Rector for Scientific Work,  
Candidate of Agricultural Sciences  
olykk@mail.ru

**Olga Mikhailovna Soboleva**  
Associate Professor of the Higher Agricultural School,  
Candidate of Biological Sciences  
meer@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8929-7725>

**Alyona Evgenievna Redozubova**  
Leading Specialist  
meer@yandex.ru

**Lyubov Vladimirovna Popova**  
Head of the Scientific Department  
nir@ksai.ru

Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov,  
5 Markovtsev Str., Kemerovo, 650056, Russia



## РОССИЙСКИЙ ФОРУМ ПОЛЕВОДОВ 2024

### АГРОТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

5-6 СЕНТЯБРЯ 2024 г. / ПЯТИГОРСК



Российский форум полеводо́в — отраслевое мероприятие, посвященное актуальным вопросам выращивания, уборки и реализации пшеницы, подсолнечника, кукурузы, ржи, ячменя, овса, риса, просо, сорго и других культур.

**ОСНОВНЫЕ  
ТЕМЫ:**

- Семена: обработка, подготовка к посеву
- Инновации в защите и питании подсолнечника, кукурузы, пшеницы
- Цифровизация сельского хозяйства
- Обработка почвы: вспашка, культивация, внесение удобрений
- Потенциал и качество семенного материала
- Прибыльная защита полевых культур
- Уборка урожая: механизация, агромониторинг с применением цифровых технологий

**АУДИТОРИЯ ФОРУМА**

Руководство агрохолдингов и сельхозпредприятий, выращивающих пшеницу, подсолнечник, кукурузу, рожь, ячмень, овес, рис, просо, сорго и другие культуры, главы крестьянских фермерских хозяйств, семенные компании, производители агрохимии и средств защиты растений, компании, поставляющие оборудование и спецтехнику, представители органов власти, национальных союзов, ассоциаций.

По вопросам выступления и спонсорства:  
+7 (988) 248-47-17

По вопросам делегатского участия:  
+7 (909) 450-36-10  
+7 (960) 476-53-39

e-mail: [events@agbz.ru](mailto:events@agbz.ru)

Регистрация на сайте:  
[fieldagriforum.ru](http://fieldagriforum.ru)



12+

Реклама. ИП Ковергин В.В., ИНН 231293638982,  
ОГРН ИП 31231220000019

А.Ю. Тимохин ✉

В.С. Бойко

В.В. Михайлов

Омский аграрный научный центр, Омск,  
Россия

✉ timokhin@anc55.ru

Поступила в редакцию:  
24.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
13.07.2024

Принята к публикации:  
29.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-168-172

Artyom Yu. Timokhin ✉

Vasily S. Boyko

Vyacheslav V. Mikhailov

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk,  
Russia

✉ timokhin@anc55.ru

Received by the editorial office:  
24.04.2024

Accepted in revised:  
13.07.2024

Accepted for publication:  
29.07.2024

# Отзывчивость льна масличного на различный уровень минерального питания в лесостепи Западной Сибири

## РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты изучения влияния азотных и фосфорных удобрений на водный режим лугово-черноземной почвы, урожайность и масличность семян льна в 2022–2023 гг. на стационарном опыте лаборатории полевого кормопроизводства ФГБНУ «Омский АНЦ» в условиях южной лесостепи Омской области. Объекты наблюдений — лен масличный сорта Северный и лугово-черноземная почва. Схема опыта включала следующие варианты: фактор А — обеспеченность почвы подвижным фосфором средняя (50–100 мг/кг по Ф.В. Чирикову, фон 0), повышенная (100–120 мг/кг, фон I и 140–150 мг/кг, фон II), высокая (150–200 мг/кг, фон III); фактор В — фосфорное удобрение (P0, P60); фактор С — азотное удобрение (N0, N30, N60). При этом азотные и фосфорные удобрения накладывались на фоны различной обеспеченности почвы фосфором. Климатические факторы (температура и атмосферные осадки) определяли исходный запас общей влаги в почве при посеве льна масличного, который находился на уровне 82% от наименьшей влагоемкости в метровом слое и не зависел от фона обеспеченности фосфором. Минеральные удобрения увеличивали продуктивность культуры. Ее наибольшая урожайность отмечалась на фоне с повышенной обеспеченностью почвы подвижным фосфором (1,71 т/га) при допосевном внесении аммиачной селитры и аммофоса. Масличность льна при использовании удобрений, наоборот, снижалась. Наибольшие ее показатели (39,5%) наблюдались на II фоне при применении фосфорных удобрений.

**Ключевые слова:** лен, урожайность, масличность, минеральные удобрения, Омская область

**Для цитирования:** Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Михайлов В.В. Отзывчивость льна масличного на различный уровень минерального питания в лесостепи Западной Сибири. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 168–172.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-168-172>

© Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Михайлов В.В.

# Response of oilseed flax to different level of mineral nutrition in the forest-steppe of Western Siberia

## ABSTRACT

The article presents the results of studying the influence of nitrogen and phosphorus fertilizers on the water regime of meadow-chernozem soil, yield and oil content of flax seeds in 2022–2023. on a stationary experiment at the field forage production laboratory of the Federal State Budgetary Institution “Omsk ASC” in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region. The objects of observation are oilseed flax of the Northern variety and meadow-chernozem soil. The scheme of the experiment included the following options: factor A — medium soil availability of mobile phosphorus (50–100 mg/kg according to F.V. Chirikov, background 0), increased (100–120 mg/kg, background I and 140–150 mg/kg, background II), high (150–200 mg/kg, background III); factor B — phosphorus fertilizer (P0, P60); factor C — nitrogen fertilizer (N0, N30, N60). In this case, nitrogen and phosphorus fertilizers were superimposed on backgrounds of varying soil phosphorus supply. Climatic factors (temperature and precipitation) determined the initial reserve of total moisture in the soil when sowing oil flax, which was at the level of 82% of the lowest moisture capacity in a meter layer and did not depend on the background phosphorus supply. Mineral fertilizers increased crop productivity. Its highest yield was observed against the background of an increased supply of soil with mobile phosphorus (1.71 t/ha) with the pre-sowing application of ammonium nitrate and ammophos. The oil content of flax, on the contrary, decreased when using fertilizers. Its highest indicators (39.5%) were observed against background II when using phosphorus fertilizers.

**Key words:** oilseed flax, yield, oil content, mineral fertilizers, Omsk region

**For citation:** Timokhin A.Yu., Boyko V.S., Mikhailov V.V. Response of oilseed flax to different level of mineral nutrition in the forest-steppe of Western Siberia. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 168–172 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-168-172>

© Timokhin A.Yu., Boyko V.S., Mikhailov V.V.

## Введение/Introduction

Лен (*Linum usitatissimum* L.) — ведущая масличная культура, широко выращиваемая во всем мире, а его семена являются важным источником продовольствия. Он широко используется в промышленности, сельском хозяйстве и кормопроизводстве. В составе его семян содержится до 50% масла, до 30% белка, усвояемые углеводы, пищевые волокна, витамины  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_5$  и  $C$ , фолиевая кислота (*PP*), минеральные вещества (фосфор, калий, магний, железо, марганец), незаменимые аминокислоты.

Лен хорошо отзывается высокими урожаями на внесение минеральных удобрений, а оптимизация питания растений фосфором является широко используемой практикой при выращивании масличных культур [1–3].

Вследствие большой ценности семян льна в России постоянно растут площади его возделывания, где лидером (по данным за 2022 год) является Омская область (324,0 тыс. га), что дает большие возможности по использованию и переработке продукции масличного льна и экономического роста региона [4].

Однако из-за меняющегося климата в России, в том числе и на территории Западной Сибири, в летний период постоянно усиливается неравномерность распределения осадков с чередованием периодов с обильными дождями и засухой. Это играет важную роль в формировании урожая и их качества в сельскохозяйственном производстве [5–8].

Лен масличный характеризуется засухоустойчивостью и адаптивностью [9], поэтому широко распространен в степной зоне Омской области, в которой его посевные площади достигают 107 тыс. га.

Один из показателей качества семян масличного льна — содержание сырого жира (масличность культуры), которое зависит от климатических условий, плодородности почвы и сорта. Высокая масличность важна не только для промышленности при производстве льняного масла с полинасыщенными и ненасыщенными жирными кислотами, но и для животноводства при кормлении животных [10–13]. При этом исследованиями установлено влияние применяемых минеральных удобрений на концентрацию питательных элементов в семенах сельскохозяйственных культур [14–16].

*Цель исследований* — изучить влияние минеральных (азотных и фосфорных) удобрений на водный режим лугово-черноземной почвы, урожайность и масличность семян льна в условиях южной лесостепи Омской области.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Наблюдения за льном проводили в 2022–2023 гг. в стационарном опыте ФГБНУ «Омский АНЦ» в условиях южной лесостепи Омской области России (55.046561°N № 73.454574°E).

Объекты исследования: лен масличный сорта Северный селекции Сибирской опытной станции — филиала Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта»; лугово-черноземная почва с исходной высокой обеспеченностью обменным калием, средней — подвижным фосфором по Ф.В. Чирикову, низкой — нитратным азотом, с мощностью гумусового горизонта 0,45 м, содержанием гумуса в слое 0–0,4 м 5,9–6,4%, нейтральной pH пахотного горизонта.

Схема опыта включала следующие варианты:

фактор А: обеспеченность почвы подвижным фосфором — средняя (50–100 мг/кг, фон 0), повышенная (100–200 мг/кг, фон I и 140–150 мг/кг, фон II), высокая (150–200 мг/кг, фон III);

фактор В: фосфорное удобрение —  $P_0$ ,  $P_{60}$ ;

фактор С: азотное удобрение —  $N_0$ ,  $N_{30}$ ,  $N_{60}$ .

Азотные и фосфорные удобрения накладывались на фоны различной обеспеченности почвы фосфором.

Повторность опыта — трехкратная, площадь элементарной делянки — 360 м<sup>2</sup>, учетной — 18 м<sup>2</sup>.

Аммиачная селитра (азотное удобрение) и аммофос (фосфорное удобрение) вносили весной при помощи сеялки СЗП-3,6 (завод «СельМашДеталь», Россия) в соответствующих вариантах.

Лен масличный сорта Северный в условиях Западной Сибири способен давать урожай семян до 2,6 т/га, имеет масличность 47,0–47,5%, высоту 65–70 см, устойчив к полеганию и осыпанию [17].

Лен сеяли 10 мая сеялкой СЗП-3,6 с предварительной обработкой почвы культиватором «Степняк» КС-7,4 (Омский экспериментальный завод, Россия) и ее прикапыванием ЗККШ-6,0 («Ом-Сельмаш», Россия) после посева. Норма высева — 8 млн всхожих семян на 1 га.

Определение запасов влаги в почве проводили до посева культуры, в течение вегетационного периода (июнь — октябрь) и после уборки. Образцы отбирались буром до глубины 1 м послойно через 0,1 м в двукратной повторности.

Учет урожайности семян осуществляли 5 октября в каждой делянке с помощью комбайна Wintersteiger Classic (Wintersteiger AG, Австрия) с пересчетом на 100%-ную чистоту и 13%-ную влажность.

Содержание сырого жира определяли в лаборатории биохимии и физиологии растений ФГБНУ «Омский АНЦ» на аппарате Сокслета по разности обезжиренного и необезжиренного остатка<sup>1</sup>.

Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову<sup>2</sup>.

По данным ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» (г. Омск, Россия), погода в 2022 году характеризовалась теплым маем и августом со среднемесячной температурой воздуха выше нормы и осадками ниже ее. В остальные месяцы (июнь, июль, сентябрь) эти показатели были выше нормы.

В целом за период вегетации сельскохозяйственных культур ГТК (гидротермический коэффициент) составил 1,02, а также отмечались длительные периоды с высокими температурами воздуха и отсутствием осадков. Вегетационный период 2023 года отличался засушливой погодой с осадками ниже многолетних значений (86%) и среднемесячными показателями температуры воздуха на +0,2–3,2 °C выше нормы при среднем ГТК 0,80.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Запас общей или продуктивной влаги весной является основным источником, который растения используют для своего роста и развития в начале вегетации. Он в большей степени зависит от количества накопленного снега в осенне-зимний период. Его средние значения в 2022–2023 гг. составляли от 140 до 162 мм (74–86% от НВ) в полуметровом слое почвы, от 232 до 257 мм (78–86% от НВ) — в метровом (табл. 1) и не зависели

<sup>1</sup> Плешков Б.В. Практикум по биохимии растений. М.: Агропромиздат. 1985; 255.

<sup>2</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос. 1979; 416.

Таблица 1. Исходный запас общей влаги в почве посева льна масличного в зависимости от фона по обеспеченности фосфором, 2022–2023 гг.

Table 1. The initial reserve of total moisture in the soil of oil flax crops depending on the background phosphorus supply, 2022–2023

Год	Слой почвы, м	Фоны по обеспеченности P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>								Среднее	
		0		I		II		III			
		мм	%НВ	мм	%НВ	мм	%НВ	мм	%НВ	мм	%НВ
2022	0–0,6	135	71	122	65	123	65	145	77	131	69
	0–1,0	220	74	205	69	208	70	237	80	218	73
2023	0–0,6	166	88	158	84	177	94	179	95	170	90
	0–1,0	268	90	259	87	286	96	277	93	273	91
Среднее	0–0,6	151	80	140	74	150	79	162	86	151	80
	0–1,0	244	82	232	78	247	83	257	86	245	82

Примечание: НВ — наименьшая влагоемкость почвы для слоя 0–0,6 м 189 мм, для слоя 0–1,0 м — 298 мм.

от фона обеспеченности фосфором, при этом обеспечивая достаточное содержание влаги в период посева льна масличного.

В дальнейшем, начиная с середины июля, содержание влаги опускалось ниже 0,7 НВ вплоть до конца вегетационного периода, что ввиду неравномерности выпадения осадков (2022 г.) или их долгого отсутствия (2023 г.) могло повлиять на продуктивность льна или резко снизить ее (рис. 1).

В условиях недостаточного увлажнения минеральные удобрения увеличивали урожайность маслосемян. Внесение аммиачной селитры (N<sub>30</sub>) дает прибавку урожая с 1,26 до 1,42 т/га (на 12,7 %) в среднем по фактору С, а аммофоса — с 1,20 до 1,51 т/га (на 25,8 %) в среднем по фактору В (табл. 2).

Средняя урожайность льна за 2022–2023 гг. колеблется от 1,06 до 1,71 т/га, где ее максимальные значения наблюдаются на фоне с повышенной обеспеченностью фосфором при совместном внесении азотных (N<sub>30</sub>) и фосфорсодержащих (P<sub>60</sub>) удобрений, обеспечивающих прибавку к урожаю 0,65 т/га (61,3%).

Содержание сырого жира в семенах льна при внесении минеральных удобрений снижается с 38,4 до 38,0% (на 1,1%) в среднем по фактору В и с 38,7 до 37,5% (на 3,2%) в среднем по фактору С (табл. 3).

В целом содержание сырого жира в семенах льна масличного в вариантах применения азотных и фосфорных удобрений уменьшается незначительно, достигая максимальных значений (39,5%) на фоне со средним содержанием фосфора и при дозе аммофоса 60 кг д. в. / га (табл. 3).

Погодные условия в период вегетации льна масличного сорта Северный в Омской области определяют его урожайность даже с учетом внесения удобрений. Так, в засушливых условиях Одесского района (ГТК 0,37–0,52) она составляла 0,95–1,04 т/га [18], в подтаежной зоне с оптимальным увлажнением — 2,15–2,23 т/га [19]. В данном опыте при ГТК в южной лесостепи 0,80–1,02 она имела значения от 1,06 до 1,71 т/га маслосемян.

Недостаток общей влаги в почве в начале вегетации замедлил рост и развитие льна. В результате действия засухи сорные растения, более адаптированные к таким условиям, появились на поле раньше, чем культура. С учетом того что масличный лен слабо выдерживает конкуренцию с сорняками, они поглотили его в самом начале развития [20]. Поэтому даже с учетом регулярных обработок поля пестицидами его урожайность снижается, так как идет постоянная конкуренция с сорной растительностью.

Внесение азотных удобрений увеличивает

Рис. 1. Содержание общей влаги в почве в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода, слой 0–1,0 м

Fig. 1. Total moisture content in the soil depending on the hydrothermal conditions of the growing season, layer 0–1.0 m

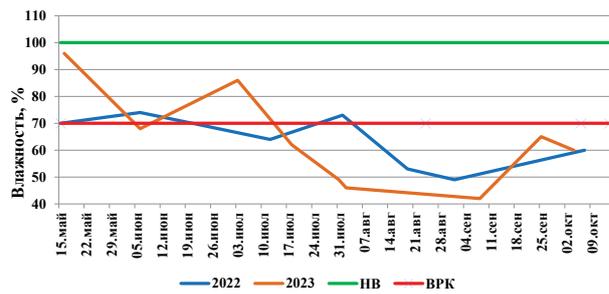


Таблица 2. Урожайность семян льна масличного в зависимости от уровня минерального питания, т/га, 2022–2023 гг.

Table 2. Yield of oil flax seeds depending on the level of mineral nutrition, t/ha, 2022–2023

Фосфорное удобрение (фактор В)	Азотное удобрение (фактор С)	Обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А)				Среднее по фактору	
		0	I	II	III	В	С
P <sub>0</sub>	N <sub>0</sub>	1,06	1,00	1,42	1,23	1,20	1,26
	N <sub>30</sub>	1,07	1,07	1,40	1,31		
	N <sub>60</sub>	1,06	1,10	1,29	1,33		
P <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	1,37	1,21	1,50	1,29	1,51	1,39
	N <sub>30</sub>	1,67	1,50	1,71	1,59		
	N <sub>60</sub>	1,62	1,52	1,55	1,64		
Среднее, С		1,31	1,23	1,48	1,40		

HCP<sub>05</sub>: A — 0,20; B — 0,15; C — 0,17; для частных средних — 0,49

Таблица 3. Содержание сырого жира в семенах льна масличного, %, 2022–2023 гг.

Table 3. Content of crude fat in oil flax seeds, %, 2022–2023

Фосфорное удобрение (фактор В)	Азотное удобрение (фактор С)	Обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А)				Среднее по фактору	
		0	I	II	III	В	С
P <sub>0</sub>	N <sub>0</sub>	38,6	37,7	39,2	38,6	38,4	38,7
	N <sub>30</sub>	38,6	39,1	39,0	37,9		
	N <sub>60</sub>	38,9	37,2	38,2	37,6		
P <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	39,5	38,5	39,2	37,9	38,0	37,5
	N <sub>30</sub>	38,4	38,1	38,0	38,4		
	N <sub>60</sub>	37,1	35,8	37,7	37,8		
Среднее, С		38,5	37,7	38,6	38,0		

HCP<sub>05</sub>: A — 0,9; B — 0,6; C — 0,8; для частных средних — 2,1

содержание сырого жира в семенах льна [21], но в данных опытах наблюдается обратная зависимость, связанная с засушливыми вегетационными периодами и влиянием сорной растительности.

### Выводы/Conclusions

Таким образом, неравномерность поступления осадков в течение вегетационного периода и низкое количество влаги в почве в его начале замедлили рост и развитие льна масличного сорта Северный.

Средняя урожайность льна за 2022–2023 гг. варьирует от 1,06 до 1,71 т/га с максимальными значениями на фоне II при совместном внесении невысоких доз азотных и фосфорных удобрений, обеспечивающих увеличение сбора маслосемян на 61,3%. Однако применение минеральных удобрений, особенно азотных, способствует незначительному снижению содержания сырого жира в семенах льна, достигая максимальных значений (39,5%) на фоне со средним содержанием фосфора и при допосевном внесении аммофоса в дозе 60 кг д. в. / га.

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 Министерства образования и науки Российской Федерации (тема № FNUN-2022-0015).

## FUNDING

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (project No. FNUN-2022-0015).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Першаков А.Ю., Демин Е.А., Волкова Н.А. Вынос питательных веществ посевами льна масличного, возделываемого в условиях лесостепной зоны Зауралья. *Вестник Мишуринского государственного аграрного университета*. 2023; 2: 82–87. <https://elibrary.ru/mfmbmh>
2. Маслинская М.Е. Влияние метеорологических условий возделывания на линейные размеры семян и структуру урожайности сортов льна масличного. *Пермский аграрный вестник*. 2023; 1: 29–36. <https://elibrary.ru/unttna>
3. Носевич М.А. Использование органоминерального удобрения «Лигноумат» в технологии возделывания льна масличного (*Linum usitatissimum* L.). *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2023; 2: 20–31. <https://elibrary.ru/mkywcb>
4. Басова Н.В., Новиков Э.В. Анализ производства лубяных культур в России за период импортозамещения. *Технические культуры*. 2023; 3(2): 54–63. <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2023.67.29.007>
5. Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Михайлов В.В. Плодородие орошаемых земель в южной лесостепи Омской области. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021; 4: 40–49. <https://elibrary.ru/zlzcyc>
6. Хариюткина Е.В., Логинов С.В., Морару Е.И., Пустовалов К.Н., Мартынова Ю.В. Динамика характеристик экстремальности климата и тенденции опасных метеорологических явлений на территории Западной Сибири. *Оптика атмосферы и океана*. 2022; 35(2): 136–142. <https://doi.org/10.15372/AOO20220208>
7. Решоткин О.В., Алябина И.О., Худяков О.И. Изменение атмосферного и почвенного климата Западной Сибири в условиях глобального потепления. *Географическая среда и живые системы*. 2023; 3: 6–25. <https://elibrary.ru/svsqoi>
8. Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Володин А.Б., Нижельский Т.Н., Михайлов В.В. Продуктивность сорго сахарного в смеси с бобами кормовыми при моделировании различных условий минерального питания. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2023; 2: 11–15. <https://doi.org/10.31857/S2500262723020035>
9. Бочкарев Д.В., Столяров А.В., Никольский А.Н., Кузнецова Г.Н., Бочкарев В.Д., Вишняков А.Г. Оценка сорного компонента посевов льна масличного как основа фитосанитарного проектирования. *Нива Поволжья*. 2023; 1: 1007. <https://elibrary.ru/pkmgka>
10. Белокурова Ю.А., Золотавина М.Л. Оценка показателей качества семян зерновых, масличных культур и продуктов их переработки. *Масличные культуры*. 2021; 3: 43–52. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-43-52>
11. Степанова Н.В. Формирование высокопродуктивного ценоза льна масличного в зависимости от нормы высева семян. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; 2: 75–79. <https://elibrary.ru/otnqt>
12. Поморова Ю.Ю., Овсепян С.К., Серова Ю.М. Химико-биологические свойства и потенциальная ценность семян масличного льна (обзор). *Масличные культуры*. 2023; 1: 73–84. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-1-193-73-84>
13. Порсев И.Н., Дуничева С.Г., Слоvtsova M.B., Саломатина К.С. Перспективные сорта льна масличного в фитосанитарной технологии Южного Зауралья. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2023; 7: 3–14. <https://doi.org/10.33920/sel-05-2307-01>
14. Grant C.A., Monreal M.A., Irvine R.B., Mohr R.M., McLaren D.L., Khakbazan M. Preceding crop and phosphorus fertilization affect cadmium and zinc concentration of flaxseed under conventional and reduced tillage. *Plant and Soil*. 2010; 333(1–2): 337–350. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0349-7>
15. Gao Y.-M., Ma B.L. Nitrogen, Phosphorus, and Zinc Supply on Seed and Metal Accumulation in Canola Grain. *Journal of Plant Nutrition*. 2015; 38(3): 473–483. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.963121>
16. Xie Y. *et al.* Effects of Phosphorus Supply on Seed Yield and Quality in Flax. *Agronomy*. 2022; 12(12): 3225. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123225>
17. Бушнев А.С. и др. Совершенствование сортовой агротехники льна масличного на черноземах выщелоченном и обыкновенном. *Масличные культуры*. 2016; 4: 67–76. <https://elibrary.ru/xgwtll>
18. Орлов А.А., Рендов Н.А. Оптимизация расхода рабочей жидкости при опрыскивании гербицидами посевов льна масличного в степи Западной Сибири. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2023; 1: 51–56. [https://doi.org/10.48136/2222-0364\\_2023\\_1\\_51](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2023_1_51)

## REFERENCES

1. Pershakov A.Yu., Demin E.A., Volkova N.A. Removal of nutrients by crops of oil flax cultivated in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; 2: 82–87 (in Russian). <https://elibrary.ru/mfmbmh>
2. Maslinskaya M.E. Influence of meteorological conditions of cultivation on linear seed sizes and yield structure of flax varieties. *Perm Agrarian Journal*. 2023; 1: 29–36 (in Russian). <https://elibrary.ru/unttna>
3. Nosevich M.A. The use of organomineral fertilizer “Lignohumate” in cultivation technology oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.). *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2023; 2: 20–31 (in Russian). <https://elibrary.ru/mkywcb>
4. Basova N.V., Novikov E.V. Analysis of the production of bast crops in Russia for the period of import substitution. *Technical crops*. 2023; 3(2): 54–63 (in Russian). <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2023.67.29.007>
5. Boyko V.S., Timokhin A.Yu., Mikhailov V.V. Fertility of irrigated lands in the south forest-steppe of the Omsk region. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021; 4: 40–49 (in Russian). <https://elibrary.ru/zlzcyc>
6. Kharyutkina E.V., Loginov S.V., Moraru E.I., Pustovalov K.N., Martynova Yu.V. Dynamics of climate extremes and trends of dangerous meteorological phenomena in Western Siberia. *Optika atmosfery i okeana*. 2022; 35(2): 136–142 (in Russian). <https://doi.org/10.15372/AOO20220208>
7. Reshotkin O.V., Alyabina I.O., Khudyakov O.I. Changes in the atmospheric and soil climate of Western Siberia under conditions of global warming. *Geographical Environment and Living Systems*. 2023; 3: 6–25 (in Russian). <https://elibrary.ru/svsqoi>
8. Timokhin A.Yu., Boyko V.S., Volodin A.B., Nizhelsky T.N., Mikhailov V.V. Productivity of sugar sorgo in a mix with forage beans in modeling various conditions of mineral nutrition. *Russian Agricultural Sciences*. 2023; 2: 11–15 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500262723020035>
9. Bochkarev D.V., Stolyarov A.V., Nikolsky A.N., Kuznetsova G.N., Bochkarev V.D., Vishnyakov A.G. Evaluation of the weed component in oilseed flax crops as a basis for phytosanitary design. *Niva Povolzhya*. 2023; 1: 1007 (in Russian). <https://elibrary.ru/pkmgka>
10. Belokurova Yu.A., Zolotavina M.L. Changes in quality indicators of seeds of cereals, oil crops and their processed products. *Oil Crops*. 2021; 3: 43–52 (in Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-43-52>
11. Stepanova N.V. Formation of a highly productive cenosis of oilseeds depending on the seeding rate. *Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*. 2021; 2: 75–79 (in Russian). <https://elibrary.ru/otnqt>
12. Pomorova Yu.Yu., Ovsepyan S.K., Serova Yu.M. Chemical and biological properties and potential value of oil flax seeds (review). *Oil Crops*. 2023; 1: 73–84 (in Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-1-193-73-84>
13. Porsev I.N., Dunicheva S.G., Slovtsova M.V., Salomatina K.S. Promising varieties of oilseed flax in the phytosanitary technology of the Southern Trans-Urals. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2023; 7: 3–14 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-05-2307-01>
14. Grant C.A., Monreal M.A., Irvine R.B., Mohr R.M., McLaren D.L., Khakbazan M. Preceding crop and phosphorus fertilization affect cadmium and zinc concentration of flaxseed under conventional and reduced tillage. *Plant and Soil*. 2010; 333(1–2): 337–350. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0349-7>
15. Gao Y.-M., Ma B.L. Nitrogen, Phosphorus, and Zinc Supply on Seed and Metal Accumulation in Canola Grain. *Journal of Plant Nutrition*. 2015; 38(3): 473–483. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.963121>
16. Xie Y. *et al.* Effects of Phosphorus Supply on Seed Yield and Quality in Flax. *Agronomy*. 2022; 12(12): 3225. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123225>
17. Bushnev A.S. *et al.* Perfection of agricultural technologies of oil flax varieties on leached and typical chernozems. *Oil Crops*. 2016; 4: 67–76 (in Russian). <https://elibrary.ru/xgwtll>
18. Orlov A.A., Rendov N.A. Optimization of the flow rate of the working fluid when spraying oil flax crops with herbicides in the steppe of Western Siberia. *Vestnik of Omsk SAU*. 2023; 1: 51–56 (in Russian). [https://doi.org/10.48136/2222-0364\\_2023\\_1\\_51](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2023_1_51)

19. Кудрявцева Н.Н., Красовская А.В., Веремей Т.М. Влияние срока посева на урожайность и качество семян льна масличного в подтаежной зоне Западной Сибири. *Вестник Омского ГАУ*. 2023; 4: 13–20. <https://elibrary.ru/zqzqvo>

20. Дряхлов А.А. Вредоносность сорняков в посевах льна масличного. *Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2004; 2: 85–86. <https://elibrary.ru/rvmopf>

21. Латарцев П.Ю., Антонова О.И. Особенности потребления основных элементов питания льном масличным в связи с внесением удобрений. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2021; 10: 32–37. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2021-204-10-32-37>

19. Kudryavtseva N.N., Krasovskaya A.V., Veremey T.M. The influence of the sowing period on the yield and quality of oil flax seeds in the subtaiga zone of Western Siberia. *Vestnik of Omsk SAU*. 2023; 4: 13–20 (in Russian). <https://elibrary.ru/zqzqvo>

20. Dryakhlov A.A. Harmfulness of weeds on oil flax sowings. *Scientific and technical bulletin of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of oil crops*. 2004; 2: 85–86 (in Russian). <https://elibrary.ru/rvmopf>

21. Latartsev P.Yu., Antonova O.I. Features of basic nutrient consumption by linseed flax in the context of fertilizer application. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2021; 10: 32–37 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2021-204-10-32-37>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Артем Юрьевич Тимохин

ведущий научный сотрудник,  
кандидат сельскохозяйственных наук  
timokhin@anc55.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5120-4068>

##### Василий Сергеевич Бойко

главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук  
boiko@anc55.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4871-231X>

##### Вячеслав Владимирович Михайлов

научный сотрудник, кандидат биологических наук  
slava.mikhaylov.1989@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2406-4319>

Омский аграрный научный центр,  
пр-т Королева, 26, Омск, 644012, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Artyom Yurievich Timokhin

Leading Researcher, Candidate  
of Agricultural Science  
timokhin@anc55.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5120-4068>

##### Vasily Sergeevich Boyko

Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences  
boiko@anc55.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4871-231X>

##### Vyacheslav Vladimirovich Mikhailov

Researcher, Candidate of Biological Sciences  
slava.mikhaylov.1989@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2406-4319>

Omsk Agrarian Scientific Center,  
26 Korolev Ave., Omsk, 644012, 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.

При желании 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](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

УДК 635.071.154

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-173-176

И.Р. Воронкова<sup>1</sup> ✉В.В. Рзаева<sup>2</sup><sup>1</sup>ООО «Тепличный Комбинат ТюменьАгро», Тюмень, Россия<sup>2</sup>Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

✉ i.voronkova@rostgroup.ru

Поступила в редакцию:  
01.02.2024Одобрена после рецензирования:  
13.07.2024Принята к публикации:  
29.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-173-176

Irena R. Voronkova<sup>1</sup> ✉Valentina V. Rzaeva<sup>2</sup><sup>1</sup>LLC "TyumenAgro Greenhouse Plant", Tyumen, Russia<sup>2</sup>Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

✉ i.voronkova@rostgroup.ru

Received by the editorial office:  
01.02.2024Accepted in revised:  
13.07.2024Accepted for publication:  
29.07.2024

# Всхожесть, приживаемость и сохранность томата при использовании технологического приема прививки в защищенном грунте

## РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются применение технологического приема прививки и его влияние на приживаемость и сохранность растений томата, приводятся результаты исследований по всхожести семян.

**Цель исследований** — оценить влияние технологического приема прививки на приживаемость и сохранность гибридов томата в условиях защищенного грунта Тюменской области.

Выращивание томатов на комбинате Наримановского муниципального образования осуществляется по голландской технологии, которая доказала свое право на применение в условиях резко континентального климата Сибири и возможность создания на их основе безубыточного производства. Исследования, направленные на изучение приема прививки томата на устойчивые подвой, представляются своевременными и перспективными не только в нашей стране, но и за рубежом. Научные исследования проводились с 2018 по 2022 г. В работе представлены рекомендации по выращиванию гибридов томата в защищенном грунте как привитую культуру. Преимущества привитых растений заключаются в том, что привой может не обладать всеми видами устойчивости, и некоторые из них добавляются за счет подвоя, что является актуальным и не изучено в условиях закрытого грунта Тюменской области. Прием прививки обладает комплексным и пролонгированным влиянием на целый ряд физиологических показателей. В ходе исследований было установлено, что выращивание томата с применением прививки в условиях малообъемной гидропоники позволяет повысить сохранность растений к окончанию оборота.

**Ключевые слова:** томат, подвой, привой, прививка, корнесобственные и привитые растения

**Для цитирования:** Воронкова И.Р., Рзаева В.В. Всхожесть, приживаемость и сохранность томата при использовании технологического приема прививки в защищенном грунте. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 173–176.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-173-176>

©Воронкова И.Р., Рзаева В.В.

# Germination, survival and preservation of tomatoes when using the technological method of grafting in protected soil

## ABSTRACT

The article discusses the use of technological grafting and its effect on the survival and preservation of tomato plants, and also provides the results of research on seed germination.

**The purpose of the research** is to evaluate the effect of technological inoculation on the survival and preservation of tomato hybrids in protected soil conditions of the Tyumen region.

The cultivation of tomatoes at the Narimanovsky municipal plant is carried out using Dutch technology, which has proven its right to be used in the conditions of the sharply continental climate of Siberia and the possibility of creating break-even production based on them. Studies aimed at studying the reception of tomato grafting on stable rootstocks seem timely and promising not only in our country, but also abroad. Scientific research was conducted from 2018 to 2022. The paper presents recommendations for growing tomato hybrids in protected soil as a grafted crop. The advantages of grafted plants are that the graft may not have all types of resistance, and some of them are added at the expense of the rootstock, which is relevant and has not been studied in the conditions of the closed ground of the Tyumen region. Grafting has a complex and prolonged effect on a number of physiological parameters. In the course of research, it was found that growing tomatoes using grafting in low-volume hydroponics conditions makes it possible to increase the safety of plants by the end of the turnover.

**Key words:** tomato, rootstock, graft, grafting, root-related and grafted plants

**For citation:** Voronkova I.R., Rzaeva V.V. Germination, survival and preservation of tomatoes when using the technological method of grafting in protected soil. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 173–176 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-173-176>

©Voronkova I.R., Rzaeva V.V.

## Введение/Introduction

Эффективность тепличного производства томата в настоящее время обуславливается постоянным совершенствованием сортамента и элементов технологии выращивания [1, 2].

Одной из причин низкой урожайности в защищенном грунте является комплекс неблагоприятных абиотических и биотических факторов, которые нередко складываются при возделывании растений. В связи с этим актуален поиск новых экологически безопасных и высокоэффективных способов повышения устойчивости растений к фитопатогенам и неблагоприятным условиям произрастания. Один из таких способов — прививка на устойчивые подвои. Преимущество привитых растений в том, что привой, не обладая необходимыми качествами, приобретает их благодаря процедуре. В ряде стран Европы и Азии прививка получила широкое распространение [3].

В последнее время прививку стали использовать для овощных культур, поскольку стало очевидным, что хороший подвой может заметно повысить продуктивность и качество урожая, устойчивость привоя к болезням и изменить фенотип растения [4–6].

Вегетативная прививка, как эффективная практика для повышения устойчивости овощных культур к биотическим и абиотическим стрессам, широко используется во многих странах мира и позволяет расширить коммерческое производство овощей [7, 8]. Привитые томаты выращивают во Франции и Италии. В 2004 году в Марокко были привиты более 20 млн растений томатов с целью снижения заболеваемости почвенными болезнями и увеличения урожайности [9].

Международный опыт показывает, что одним из перспективных методов повышения продуктивности и повышения качества плодов является выращивание томата в условиях малообъемной гидропоники с применением технологического приема прививки при обязательном соблюдении фитосанитарных требований, позволяющих повысить урожайность, так как привитые растения обладают необходимой устойчивостью к болезням и стрессам [10, 11].

При реализации технологии прививки в качестве подвоя следует использовать такое растение, которое не изменяло бы химический состав плодов культурного томата и обладало бы комплексом хозяйственно ценных признаков, обеспечивающих получение повышенного урожая и минимальные потери от болезней [12].

Прививка может повлиять на созревание, урожайность и содержание питательных веществ плодов, состав ароматических соединений и другие важные хозяйственные признаки. Поэтому рекомендуется комплексно исследовать эффекты прививки [13, 14].

В целом получение хорошего урожая с применением метода прививки реально, но требует строгого соблюдения всех сроков и агротехнических приемов выращивания овощных растений. Важным условием является умение квалифицированно выполнять прививку одного растения на другое.

*Цель исследований* — оценить влияние технологического приема прививки на приживаемость и сохранность гибридов томата в условиях защищенного грунта Тюменской области.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в ООО «ТК ТюменьАгро» Тюменского района Тюменской области Российской Федерации в 48 км от Тюмени в деревне Нариманова с 2018 по 2022 г.

В исследованиях предусмотрены варианты опыта:

1. Корнесобственные растения Максеза F 1 (*ENZA ZADEN, Голландия*).
2. Привой Максеза F 1 + подвой томата Эмператор F 1.
3. Привой Максеза F 1 + подвой томата Максифорт F 1.
4. Корнесобственные растения Трванзо F 1 (*Rijk Zwaan, Голландия*).
5. Привой Трванзо F 1 + подвой томата Эмператор F 1.
6. Привой Трванзо F 1 + подвой томата Максифорт F 1.
7. Корнесобственные растения Комплис F 1 (*De Ruiter Seeds, Голландия*).
8. Привой Комплис F 1 + подвой томата Эмператор F 1.
9. Привой Комплис F 1 + подвой томата Максифорт F 1.

Опыты по выращиванию томата проводили в продленном обороте. Посев семян томата Эмператор F 1 (*Rijk Zwaan, Голландия*) и Максифорт F 1 (*De Ruiter Seed, Голландия*) — 18 июля. Посев семян привоя проводили на день позже, чем семена подвоя. Это касается всех гибридов. Посадку корнесобственных растений проводили 17 августа, а привитых — на 10 дней позже. Последний сбор за культуuroоборот проводили 12 июля на всех вариантах. Период вегетации томата от посадки рассады до ликвидации культуры составил 330 дней за каждый культуuroоборот. Плодоношение длилось с октября по июль.

Данные индетерминантные гибриды уже выращивались в ООО «ТК ТюменьАгро» и показали высокую общую урожайность. Продуктивность томатов учитывали с 1 кв. м. Для посева были использованы зародышевые ячейки из минеральной ваты производителя ООО «РОКВУЛ-ВОЛГА» (Россия). Семена присыпали сухим вермикулитом и помещали в камеру для проращивания (влажность 98%, температура среднесуточная +25 °С). Через 3 дня появлялись «петельки», и кассеты выставляли на рассадные столы при рН 5,5.

Для изготовления туннелей использовали каркасные сооружения, накрытые прозрачной пленкой.

Всхожесть семян томата проводили по ГОСТ 12038<sup>1</sup>.

Математическая обработка данных проведена путем расчета пакета Excel (США), методы статистического анализа — в пакете Snedekor<sup>2</sup> (О.Д. Сорокин, 2012 г.).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Всхожесть корнесобственных растений томатов за исследуемые культуuroобороты составила 95–98% по культуuroоборотам, наибольший процент всхожести за первые два культуuroоборота отмечен у томатов Эмператор F 1, за культуuroоборот 2020–2021 гг. — у томатов Эмператор F 1 и Максифорт F 1, в четвертом культуuroобороте (2021–2022 гг.) наибольший процент (98,0) отмечен у Максифорт F 1 (табл. 1).

<sup>1</sup> ГОСТ 12038-84 Государственный стандарт Союза ССР. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

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

Таблица 1. Всхожесть семян томата, %  
Table 1. Germination of tomato seeds, %

Вариант	Культурооборот, год				2018–2022 гг.
	2018–2019	2019–2020	2020–2021	2021–2022	
Максеца F 1	96	95	95	95	95,3
Трованзо F 1	95	95	97	95	95,5
Комплис F 1	96	95	96	95	95,5
Эмператор F 1	98	98	98	97	97,8
Максифорт F 1	97	97	98	98	97,5
НСР <sub>05</sub>	1,4	1,4	1,9	1,6	

Таблица 3. Приживаемость привитых растений, %  
Table 3. Survival rate of grafted plants, %

Вариант	Культурооборот, год				Среднее 2018–2022 гг.
	2018–2019	2019–2020	2020–2021	2021–2022	
Привой Максеца F 1 + подвой томата Эмператор F 1	98	98	98	98	98,00
Привой Максеца F 1 + подвой томата Максифорт F 1	97	98	98	98	97,75
Привой Трованзо F 1 + подвой томата Эмператор F 1	97	96	98	98	97,25
Привой Трованзо F 1 + подвой томата Максифорт F 1	97	98	98	96	97,25
Привой Комплис F 1 + подвой томата Эмператор F 1	96	96	98	97	96,75
Привой Комплис F 1 + подвой томата Максифорт F 1	98	97	96	97	97,00
НСР <sub>05</sub>	2,4	2,2	1,6	1,6	

В среднем за четыре культурооборота всхожесть корнесобственных растений томатов составила 95,3–97,8%, большей всхожестью отмечен гибрид Эмператор F 1 (97,8%), незначительно ниже — гибрид Максифорт F 1 (97,5%).

Через 12 дней после посева сеянцы корнесобственных растений пикировали в кубики, которые равномерно напивывали до веса 560 г. Температура питательного раствора — плюс 18–20 °С. Рассадку в летнее время не досвечивали.

Подвой перед прививкой (в фазе 1–2 настоящих листьев) расставляли в шахматном порядке по 120 шт. в кассете. Через 6 дней после выставления сеянцев на рассадные столы на стебле подвоя делали срез под углом 45° ниже семядолей у растений с 1–2 настоящими листьями и диаметром сеянцев подвоя и привоя, максимально приближенными друг к другу. На привое делали срез, подобный сделанному на подвое (ниже или выше семядолей). Фиксировали привой и подвой вместе с помощью силиконовой клипсы: сначала крепят клипсу на срезе подвоя, затем вставляют в нее привой.

Далее перемещали привитую рассадку в камеру сращивания, где устанавливали режим дополнительного освещения и влажности (табл. 2).

Затем переносили рассадку в туннели на 3 дня. Края пленки туннеля оставляли открытыми, следя за влажностью внутри туннеля, при необходимости закрывали края пленки и на 7-й день после прививки проводили учет по приживаемости привитых растений, данные которого приведены в таблице 3.

Сохранность растений к уборке определяли по разнице количества растений перед уборкой и количества растений на 7-й день после посева (всхожесть).

Проанализировав приживаемость растений томатов, видим, что наилучшая приживаемость в среднем за четыре культурооборота отмечена на варианте привой Максеца F 1 + подвой томата Эмператор F 1

Таблица 2. Количество часов досветки и влажность воздуха в камере сращивания привитых растений томата, 2018–2022 гг.  
Table 2. The number of hours of additional illumination and air humidity in the splicing chamber of grafted tomato plants, 2018–2022

День	Досветка, ч.	Влажность, %
1	–	96–98
2	3	93–95
3	5	90–93
4	7	85–90
5	9	85–87
6	11	83–85

(98%), что на 0,25–1,25% больше других изученных вариантов.

Через 3 дня нахождения в туннеле привитые растения пикировали в кубики (ООО «РОКВУЛ-ВОЛГА», Россия). Формировали рассадку в два стебля с прищипкой над 2–3-м листом.

В течение вегетации количество растений на единице площади остается практически неизменным.

Сохранность растений томатов за четыре культурооборота (2018–2022 гг.) находилась в пределах 97,5–99,2% (табл. 4).

В среднем за культурообороты 2018–2022 гг. лучшими показателями сохранности растений томатов характеризовались варианты привой Максеца F 1 + подвой томата Эмператор F 1 (99,2%), привой Максеца F 1 + подвой томата Максифорт F 1 (99,2%) и привой Комплис F 1 + подвой томата Эмператор F 1 (99,2%). Параметры продуктивности данных вариантов были опубликованы ранее [15].

Установлено, что выращивание гибрида томата Максеца F 1 с подвоем Эмператор F 1 в условиях защищенного грунта Тюменской области позволяет получить урожайность до 79,63 кг/м<sup>2</sup>.

По сохранности из корнесобственных растений томатов лучшие результаты у гибрида Комплис (98,4%) против 97,5% у корнесобственных растений гибридов Максеца F 1 и Трованзо F 1.

Сохранность растений томатов с подвоем выше по сравнению с корнесобственными, а именно на вариантах привой Максеца F 1 + подвой томата Эмператор F 1

Таблица 4. Сохранность растений томатов, 2018–2022 гг.  
Table 4. Preservation of tomato plants, 2018–2022

Вариант	Густота растений, шт/м <sup>2</sup> от посадки	Растений к уборке, шт/м <sup>2</sup>	Сохранность растений, %
Корнесобственные растения Максеца F 1 — контроль	2,44	2,38	97,5
Привой Максеца F 1 + подвой томата Эмператор F 1	2,44	2,42	99,2
Привой Максеца F 1 + подвой томата Максифорт F 1	2,44	2,42	99,2
Корнесобственные растения Трованзо F 1 — контроль	2,44	2,38	97,5
Привой Трованзо F 1 + подвой томата Эмператор F 1	2,44	2,41	98,8
Привой Трованзо F 1 + подвой томата Максифорт F 1	2,44	2,41	98,8
Корнесобственные растения Комплис F 1 — контроль	2,44	2,40	98,4
Привой Комплис F 1 + подвой томата Эмператор F 1	2,44	2,42	99,2
Привой Комплис F 1 + подвой томата Максифорт F 1	2,44	2,40	98,4
НСР <sub>05</sub>	0,2	0,1	1,3

и привой Максеза F 1 + подвой томата Максифорт F 1 сохранность выше корнесобственных растений Максеза F 1 на 1,7%. На вариантах привой Трованзо F 1 + подвой томата Эмператор F 1 и привой Трованзо F 1 + подвой томата Максифорт F 1 сохранность превышает корнесобственные растения Трованзо F 1 на 1,3%. Вариант привой Комплис F 1 + подвой томата Эмператор F 1 по сохранности растений томата превышает корнесобственные растения гибрида Комплис F 1 на 0,8%, а вариант привой Комплис F 1 + подвой томата Максифорт F 1 по сохранности растений равнялся контролю (98,4%).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Вклад в работу: Воронкова И.Р. — 90%, Рзаева В.В. — 10%. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке ООО «Тепличный Комбинат ТюменьАгро» (Тюмень, Россия).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демержиди Е.А., Кибанова Н.А., Благородова Е.Н. Сравнительная оценка новых розовоплодных гибридов томата селекции компании «Гавриш». *Овощеводство — от теории к практике. Сборник статей по материалам региональной научно-практической конференции молодых ученых*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет. 2018; 14–18. <https://www.elibrary.ru/urzxou>
2. Якименко И.М., Благородова Е.Н. Сравнительная оценка крупноплодных гибридов томата в продленном обороте зимних теплиц. *Овощеводство — от теории к практике. Сборник статей по материалам региональной научно-практической конференции молодых ученых*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет. 2018; 63–66. <https://www.elibrary.ru/blactv>
3. Цыдендамбаев А.Д. Привитые культуры. *Мир теплиц*. 2003; 9: 29–31.
4. Pantalone V.R., Rebetzke G.J., Burton J.W., Carter T.E., Israel D.W. Soybean PI 416937 Root System Contributes to Biomass Accumulation in Reciprocal Grafts. *Agronomy Journal*. 1999; 91(5): 840–844. <https://doi.org/10.2134/agnonj1999.915840x>
5. Przepiorkowski T., Martin S.K. The Effect of Grafting on the Flowering of Near-Isogenic Lines of Soybean. *Crop Science*. 2003; 43(5): 1760–1763. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1760>
6. Rajametov Sh.N., Jeong H., Yang E., Cho M. The effect of grafting on vegetative and reproductive traits of tomato. *Овощи России*. 2024; 2: 12–20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-12-20>
7. Bie Z., Nawaz M.A., Huang Y., Lee J.-M., Colla G. Introduction to Vegetable Grafting. Colla G., Pérez-Alfocea F., Schwarz D. (eds.). *Vegetable Grafting: Principles and Practices*. CABI. 2017; 1–21. <https://doi.org/10.1079/9781780648972.0001>
8. Kyriacou M.C., Roupael Y., Colla G., Zrenner R., Schwarz D. Vegetable Grafting: The Implications of a Growing Agronomic Imperative for Vegetable Fruit Quality and Nutritive Value. *Frontiers in Plant Science*. 2017; 8: 741. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00741>
9. Lee J.M., Bang H.J., Ham H.S. Grafting vegetables. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1998; 67(6): 1098–1104. <https://doi.org/10.2503/jjshs.67.1098>
10. Пуць Н.М., Снежков Н.А. Инновационные агроприемы выращивания томата в зимних теплицах. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021; 62: 36–42. <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2021-1-36-42>
11. Илюк Н.А. Прививка помидора и его продуктивность. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2005; 1: 60–65. <https://www.elibrary.ru/xamzqn>
12. Ахатов А.К., Шишкина С.Н. Мир томата глазами фитопатолога. 4-е изд. М.: КМК. 2021; 374. ISBN 978-5-907372-46-7
13. Németh D., Balázs G., Bodor Z., Zaukuu J.-L.Z., Kovács Z., Kappel N. Food quality attributes of melon (*Cucumis melo* L.) influenced by grafting. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 2020; 16(S1): 53–66. <https://doi.org/10.1556/446.2020.10006>
14. Pico M.B., Thompson A.J., Gisbert C., Yetişir H., Bebeli P.J Genetic Resources for Rootstock Breeding. Colla G., Pérez-Alfocea F., Schwarz D. (eds.). *Vegetable Grafting: Principles and Practices*. CABI. 2017; 22–69. <https://doi.org/10.1079/9781780648972.0022>
15. Воронкова И.Р., Рзаева В.В. Роль прививки в продуктивности томата продленного оборота. *Аграрная наука*. 2022; 9: 157–160. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-157-160>

#### ОБ АВТОРАХ

**Ирена Ринатовна Воронкова<sup>1</sup>**  
ведущий агроном по защите растений  
voronkova@rostgroup.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1837-7802>

**Валентина Васильевна Рзаева<sup>2</sup>**  
доцент, кандидат сельскохозяйственных наук  
valentina.rzaeva@yandex.ru

<sup>1</sup> Общество с ограниченной ответственностью «Тепличный Комбинат ТюменьАгро», ул. Медовая, 3, дер. Нариманова, Тюменская обл., 625551, Россия  
<sup>2</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, 7, Тюмень, 625003, Россия

#### Выводы/Conclusions

Таким образом, за четыре культурооборота (2018–2022 гг.) максимальный показатель всхожести растенных томатов (97,8) отмечен у варианта Эмператор F 1, а наилучшая приживаемость (98,0%) отмечена на варианте привой Максеза F 1 + подвой томата Эмператор F 1.

Наиболее высокие показатели сохранности растенных томатов отмечены у вариантов привой Максеза F 1 + подвой томата Эмператор F 1 (99,2%), привой Максеза F 1 + подвой томата Максифорт F 1 (99,2%) и привой Комплис F 1 + подвой томата Эмператор F 1 (99,2%).

All authors are responsible for the work and the data presented. Contribution to the work: Voronkova I.R. — 90%, Rzaeva V.V. — 10%. The authors declared no conflict of interest.

#### FUNDING

The study was carried out with the financial support of Limited Liability Company “TyumenAgro Greenhouse Plant” (Tyumen, Russia).

#### REFERENCES

1. Demerzhidi E.A., Kibanova N.A., Blagorodova E.N. Comparative assessment of new pink-fruited tomato hybrids of the Gavriush company selection. *Vegetable growing — from theory to practice. Collection of articles based on the proceedings of the regional scientific and practical conference of young scientists*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2018; 14–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/urzxou>
2. Yakimenko I.M., Blagorodova E.N. Comparative evaluation of large-fruited hybrids in the extended turnover of winter greenhouses. *Vegetable growing — from theory to practice. Collection of articles based on the proceedings of the regional scientific and practical conference of young scientists*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2018; 63–66 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/blactv>
3. Tsydenambaev A.D. Grafted cultures. *Greenhouse land*. 2003; 9: 29–31 (in Russian).
4. Pantalone V.R., Rebetzke G.J., Burton J.W., Carter T.E., Israel D.W. Soybean PI 416937 Root System Contributes to Biomass Accumulation in Reciprocal Grafts. *Agronomy Journal*. 1999; 91(5): 840–844. <https://doi.org/10.2134/agnonj1999.915840x>
5. Przepiorkowski T., Martin S.K. The Effect of Grafting on the Flowering of Near-Isogenic Lines of Soybean. *Crop Science*. 2003; 43(5): 1760–1763. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1760>
6. Rajametov Sh.N., Jeong H., Yang E., Cho M. The effect of grafting on vegetative and reproductive traits of tomato. *Vegetable crops of Russia*. 2024; 2: 12–20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-12-20>
7. Bie Z., Nawaz M.A., Huang Y., Lee J.-M., Colla G. Introduction to Vegetable Grafting. Colla G., Pérez-Alfocea F., Schwarz D. (eds.). *Vegetable Grafting: Principles and Practices*. CABI. 2017; 1–21. <https://doi.org/10.1079/9781780648972.0001>
8. Kyriacou M.C., Roupael Y., Colla G., Zrenner R., Schwarz D. Vegetable Grafting: The Implications of a Growing Agronomic Imperative for Vegetable Fruit Quality and Nutritive Value. *Frontiers in Plant Science*. 2017; 8: 741. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00741>
9. Lee J.M., Bang H.J., Ham H.S. Grafting vegetables. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1998; 67(6): 1098–1104. <https://doi.org/10.2503/jjshs.67.1098>
10. Puts N.M., Snezhkov N.A. Innovative tomato cultivation in winter greenhouses. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2021; 62: 36–42 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2021-1-36-42>
11. Ilyuk N.A. The grafting of tomato and its productivity. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2005; 1: 60–65 (in Ukrainian). <https://www.elibrary.ru/xamzqn>
12. Akhatov A.K., Shishkina S.N. The world of tomato through the eyes of a phytopathologist. 4th ed. Moscow: KMK. 2021; 374 (in Russian). ISBN 978-5-907372-46-7
13. Németh D., Balázs G., Bodor Z., Zaukuu J.-L.Z., Kovács Z., Kappel N. Food quality attributes of melon (*Cucumis melo* L.) influenced by grafting. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*. 2020; 16(S1): 53–66. <https://doi.org/10.1556/446.2020.10006>
14. Pico M.B., Thompson A.J., Gisbert C., Yetişir H., Bebeli P.J Genetic Resources for Rootstock Breeding. Colla G., Pérez-Alfocea F., Schwarz D. (eds.). *Vegetable Grafting: Principles and Practices*. CABI. 2017; 22–69. <https://doi.org/10.1079/9781780648972.0022>
15. Voronkova I.R., Rzaeva V.V. The role of grafting in the productivity of tomato of extended cycle. *Agrarian science*. 2022; 9: 157–160 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-157-160>

#### ABOUT THE AUTHOR

**Irena Rinatovna Voronkova<sup>1</sup>**  
Leading Agronomist for Plant Protection  
voronkova@rostgroup.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1837-7802>

**Valentina Vasilyevna Rzaeva<sup>2</sup>**  
Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences  
valentina.rzaeva@yandex.ru

<sup>1</sup> Limited Liability Company “TyumenAgro Greenhouse Plant”, 3 Medovaya Str., village Narimanova, Tyumen region, 625551, Russia

<sup>2</sup> State Agrarian University of the Northern Urals, 7 Republic Str., Tyumen, 625003, Russia

УДК 635.925:581.543:631.529: 58.006

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-177-181

Л.П. Чебанная

Северо-Кавказский федеральный  
научный аграрный центр, Михайловск,  
Ставропольский край, Россия

✉ bot.sad@bk.ru

Поступила в редакцию:  
21.02.2024Одобрена после рецензирования:  
30.05.2024Одобрена после рецензирования:  
13.07.2024Принята к публикации:  
29.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-177-181

Lubov P. Chebannaya

North-Caucasus Federal Agrarian Research  
Center, Михайловск, Stavropol Territory,  
Russia

✉ bot.sad@bk.ru

Received by the editorial office:  
21.02.2024Accepted in revised:  
13.07.2024Accepted for publication:  
29.07.2024

# Интродукция сортов чубушника (*Philadelphus* L.) селекции Н.К. Вехова в Ставропольском ботаническом саду

## РЕЗЮМЕ

Для создания устойчивых и долговечных садово-парковых ландшафтов озеленители нуждаются в широком выборе декоративных растений, среди которых немалое значение отведено чубушникам (*Philadelphus* L.). Для рекреационного обустройства территорий и обогащения ассортимента декоративных растений в зоне недостаточного увлажнения предложены сорта, обладающие хорошими ксеротермическими признаками, высокими декоративными качествами и адаптационными возможностями.

Изучены биологические и декоративные особенности семи сортов чубушника (*Philadelphus* L.) в почвенно-климатических условиях Ставропольской возвышенности. Определены последовательность и продолжительность всех этапов развития растений. Выделены более ранние и поздние сроки наступления вегетации в разные годы. Установлены даты начала и окончания цветения. Средняя продолжительность цветения составила 18–23 дня, максимальная — 25, минимальная — 16. Проведен анализ габитуальных показателей, дана характеристика формы кроны. Исследование фитознтоустойчивости показало высокую устойчивость данных сортов к болезням и вредителям в местных почвенно-климатических условиях. По результатам интродукционного сортоизучения для массового использования в декоративном садоводстве на Ставрополье предложены семь сортов чубушника с высокими декоративными качествами и устойчивостью к комплексу неблагоприятных факторов среды.

**Ключевые слова:** чубушник, сорт, декоративность, фенология, цветение, озеленение, зимостойкость

**Для цитирования:** Чебанная Л.П. Интродукция сортов чубушника (*Philadelphus* L.) селекции Н.К. Вехова в Ставропольском ботаническом саду. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 177–181.  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-177-181>

© Чебанная Л.П.

# Introduction of varieties of чубушник (*Philadelphus* L.) selected by N.K. Vekhov in the Stavropol Botanical Garden

## ABSTRACT

To create sustainable and long-lasting landscape gardening, gardeners need a wide range of ornamental plants, among which considerable importance is given to *Philadelphus* L. For recreational development of territories and enrichment of the assortment of ornamental plants in the zone of insufficient moisture, varieties with good xerothermal characteristics, high decorative qualities and adaptive capabilities are proposed.

The biological and decorative features of seven varieties *Philadelphus* L. in the soil and climatic conditions of the Stavropol upland have been studied. Earlier and later periods of vegetation onset in different years are highlighted. The dates of the beginning and end of flowering have been set. The average duration of flowering was 18–23 days, the maximum was 25 days, the minimum was 16 days. The analysis of habitual indicators is carried out, the characteristic of the crown shape is given. The study of phytoentomological resistance has shown high resistance of these varieties to diseases and pests in local soil and climatic conditions. According to the results of the introduction variety study, seven varieties of *Philadelphus* L. with high decorative qualities and resistance to a complex of adverse environmental factors were proposed for mass use in decorative gardening in the Stavropol territory.

**Key words:** mock orange, variety, decorative, phenology, flowering, landscaping, winter hardiness

**For citation:** Chebannaya L.P. Introduction of varieties of chubushnik (*Philadelphus* L.) selected by N.K. Vekhov in the Stavropol Botanical Garden. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 177–181 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-177-181>

© Chebannaya L.P.

## Введение/Introduction

Зеленые насаждения — главный элемент архитектурных композиций в благоустройстве любого населенного пункта. Они являются мощным фактором, определяющим санитарно-гигиенические и микроклиматические условия городов и промышленных центров. Для создания устойчивых, долговечных, высокохудожественных садово-парковых ландшафтов архитекторы и садоводы нуждаются в широком выборе декоративных растений, среди которых большое значение отведено кустарникам. Однако ассортимент декоративных кустарников, предлагаемый садовыми центрами, часто не соответствует климатическим условиям района интродукции. В связи с этим встает вопрос об изучении биоэкологических особенностей интродуцентов в новых почвенно-климатических условиях.

Одним из перспективных кустарников, имеющих большой ассортимент красивоцветущих и декоративно лиственных сортов является чубушник (*Philadelphus* L.) — род кустарников из семейства *Hydrangeaceae* Dumort. В природе чубушники произрастают в Северной Америке, Южной и Восточной Европе, Восточной Азии, Дальнем Востоке и горах Кавказа и по различным источникам представлены 50–70 видами [1, 2].

В парках и садах наиболее распространен чубушник венечный (*Ph. coronarius* L.), культивируемый уже более 200 лет. Несмотря на то что ассортимент чубушника представлен большим разнообразием сортов с высокими декоративными качествами, в условиях рассматриваемого региона используется в основном чубушник венечный в качестве стриженных бордюров и изгородей. Большой вклад в создание перспективных зимостойких и высокодекоративных сортов для России внес Н.К. Вехов [3].

В коллекции Ботанического сада 14 видов и сортов, из них 50% составляют сорта селекции Н.К. Вехова, выведенные в 30–50-х годах XX века на Лесостепной опытно-селекционной станции (ЛОСС). Достоинства сортов — высокая зимостойкость и засухоустойчивость, нетребовательность к почвам и устойчивость к вредителям и болезням. Основная часть сортов селекции Н.К. Вехова содержится в коллекции ботанического сада более 30 лет.

*Цели работы* — изучить эколого-биологические особенности сортов чубушников, выделить наиболее устойчивые и высокодекоративные для расширения ассортимента декоративных кустарников в садово-парковом строительстве на Ставрополье.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились на территории Ставропольского ботанического сада, расположенного в центральной части Ставропольской возвышенности на высоте 640 м над уровнем моря в зоне неустойчивого увлажнения (ГТК 0,9–1,1).

Агроклиматические условия региона характеризуются следующими показателями: дата перехода среднесуточной температуры через 0 °С отмечена весной 14 марта и осенью 26 ноября. Самый холодный месяц — январь (минус 3,7 °С), самый теплый — июль (плюс

23 °С). Абсолютный минимум — минус 31 °С, абсолютный максимум — плюс 37–40 °С. Среднегодовое количество осадков — 600–700 мм, большее количество выпадает в летний период (максимум — в июне). Сумма активных температур выше плюс 10 °С составляет 3200–3400, продолжительность вегетационного периода в среднем 195 дней [4]. Почвы представлены черноземами выщелоченными, среднемощными, малогумусными, тяжелосуглинистыми.

Объект исследований — декоративные кустарники рода чубушник, культивируемые в Ставропольском ботаническом саду.

При проведении исследований использовались методика фенологических наблюдений ГБС<sup>1</sup>, методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур<sup>2</sup>, методики оценки зимостойкости<sup>3</sup> и засухоустойчивости<sup>4</sup>.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

На основании многолетних данных установлено, что общая почвенно-климатическая характеристика района интродукции благоприятна для выращивания декоративных кустарников умеренной зоны и частично южных областей. Исследуемые семь сортов чубушника селекции Н.К. Вехова (ЛОСС) произрастают в коллекции «Декоративные кустарники» Ботанического сада. Возраст у растений шести сортов составляет 31–33 года, один сорт — 12 лет. Состояние растений в коллекции — удовлетворительное.

Последовательность и продолжительность всех этапов в развитии растений следуют определенному ритму, которым управляет внутренняя система саморегулирования, прежде всего ферментная, воспринимающая сигналы закономерно меняющейся внешней среды (температуры воздуха, режима влажности и др.) [5].

Анализ фенологических наблюдений за сортами чубушника в 2021–2023 гг. показал, что даты наступления вегетации исследуемых сортов в разные годы непостоянны, но последовательность внутри группы сортов сохраняется. В связи с этим выделены более ранние и поздние сроки наступления вегетации в годы исследований. Раннее начало вегетации отмечено в 2023 году, в III декаде марта, самое позднее наблюдалось в 2021 году — во II декаде апреля. Разница между самой ранней и самой поздней датой среди сортов в отдельные годы составила восемь дней (в 2021 и 2022 гг.) и пять дней в 2023 году. Наступление фазы «бутонизация» незначительно отличается по годам и наблюдается во II–III декаде мая.

Важными фенологическими показателями декоративных кустарников являются начало и окончание сроков цветения [6]. Все исследуемые сорта ежегодно и обильно цветут в I–II декаде июня. Самыми ранними и наиболее устойчивыми сроками начала цветения (4–7.06) отличаются сорта Зоя Космодемьянская и Снежная буря. Самые поздние даты начала цветения отмечены у сорта Лунный свет (10–17.06). Конец цветения у всех сортов в 2021 году — с 25.06 по 30.06, в 2022-м — с 23.06 по 01.07, в 2023-м — с 26.06 по 03.07. Фаза «пожелтение и опадение листьев» наступает в конце октября — I декаде ноября (табл. 1).

<sup>1</sup> Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Москва. 1975; 28.

<sup>2</sup> Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (декоративные культуры). М.: Колос. 1968; 224.

<sup>3</sup> Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: ГБС АН СССР. 1973; 67.

<sup>4</sup> Огородников А.Я. Методика визуальной оценки биологических свойств древесных растений в населенных пунктах степной зоны. Интродукция растений. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета. 1993; 54.

Таблица 1. Наступление основных фенологических фаз, 2021–2023 гг.

Table 1. The onset of the main phenological phases, 2021–2023

Название сорта	Годы наблюдений	Начало			Конец цветения	Начало пожелтения и опадения листьев
		вегетации	бутонизации	цветения		
Академик Комаров	2021	12.04	14.05	04.06	28.06	04.11
	2022	08.04	17.05	10.06	29.06	28.10
	2023	22.03	22.05	06.06	28.06	03.11
Воздушный десант	2021	08.04	14.05	04.06	25.06	04.11
	2022	06.04	13.05	08.06	23.06	28.10
	2023	20.03	23.05	09.06	26.06	03.11
Жемчуг	2021	09.04	14.05	07.06	28.06	08.11
	2022	06.04	17.05	13.06	01.07	01.11
	2023	21.03	19.05	05.06	30.06	08.11
Зоя Космодемьянская	2021	09.04	14.05	04.06	25.06	04.11
	2022	06.04	10.05	07.06	23.06	28.10
	2023	21.03	18.05	06.06	26.06	06.11
Лунный свет	2021	16.04	16.05	10.06	30.06	04.11
	2022	14.04	17.05	15.06	01.07	28.10
	2023	25.03	25.05	17.06	03.07	03.11
Снежная буря	2021	08.04	14.05	04.06	26.06	04.11
	2022	06.04	10.05	06.06	23.06	28.10
	2023	21.03	19.05	07.06	26.06	06.11
Юннат	2021	12.04	17.05	07.06	30.06	08.11
	2022	08.04	17.05	13.06	01.07	01.11
	2023	21.03	23.05	07.06	28.06	06.11

При использовании кустарников в декоративном садоводстве во внимание берется целый ряд факторов: размер, окраска цветков и соцветий, сроки, продолжительность и интенсивность цветения, махровость, аромат. Длительность цветения по годам исследования у изучаемых сортов чубушника отличается незначительно. Средние показатели продолжительности цветения по сортам составили 18–23 дня. Минимальная продолжительность цветения исследуемых сортов чубушника в разные годы составила 16–18 дней, максимальная — 22–25 дней (рис. 1).

При создании белоснежного или уникального сада ароматов чубушники незаменимы [7]. Окраска цветков у исследуемых сортов белая, кремово-белая. Они разнообразны по форме и размеру (3–7 см). Пять сортов имеют махровые цветки, два — простые (рис. 2).

При этом практически все селекционеры особое внимание придают аромату цветков, считая его главным достоинством растения [8].

Многие сорта чубушника обладают ароматными цветками. Наиболее ярко выражен аромат у исследуемых сортов Воздушный десант, Снежная буря, Юннат. Аромат этих сортов ощутим на расстоянии нескольких метров от куста. Кустарники с ароматными цветками могут использоваться не только в ландшафтном озеленении (как декоративные растения), но и применяться при создании специальных зон. На городских территориях в качестве природных пространственных ориентиров для незрячих могут использоваться чубушники с ярко выраженным душистым ароматом цветков [9].

Таблица 2. Морфометрическая характеристика сортов чубушника, 2021–2023 гг.

Table 2. Morphometric characteristics of varieties philadelphus, 2021–2023

Сорт	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр кроны, м	Побегов в кусте, шт.	Цветки		
					окраска	форма	аромат
Академик Комаров	33	1,8	1,2	28	белая	простые	слабый
Воздушный десант	33	2,6	1,8	34	кремово-белая	простые, пониклые	сильный
Жемчуг	12	1,9	1,0	21	белая	махровые	слабый
Зоя Космодемьянская	32	2,5	1,3	30	белая	махровые	слабый
Лунный свет	33	2,8	1,5	38	кремово-белая	махровые	слабый
Снежная буря	33	2,5	1,6	40	белая	махровые	сильный
Юннат	31	1,2	0,8	33	белая	махровые	средний

Рис. 1. Продолжительность цветения сортов Philadelphus x hybrida hort

Fig. 1. The duration of flowering varieties Philadelphus x hybrida hort

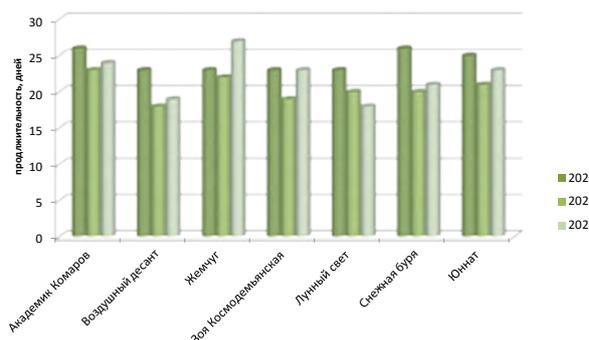
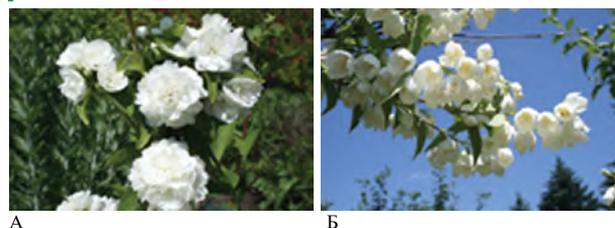


Рис. 2. Цветение чубушника: Жемчуг (А) и Воздушный десант (Б)

Fig. 2. The flowering of the chubushnik: Pearls (A) and Airborne troops (B)



А

Б

У четырех сортов присутствует слабый, легкий аромат, ощутимый на небольшом расстоянии от цветка (табл. 2).

Известно, что размеры древесных растений являются важным видовым или сортовым качеством, определяющим возможность их применения в утилитарных и декоративных целях [10]. Изучаемые сорта отличаются по высоте, форме и диаметру кроны. В группу сортов высотой 1–2 м включены сорта Академик Комаров, Жемчуг и Юннат, остальные сорта выше 2,5 м. Форма кроны является важным элементом при создании архитектурных композиций. Компактную форму имеют сорта Воздушный десант, Юннат, раскидистую — Академик Комаров, Зоя Космодемьянская, Лунный свет, зонтикообразную — Жемчуг, веерообразную — Снежная буря.

При подборе кустарников для использования в озеленении учитывают такие биологические признаки, как быстрота роста и долговечность, которые позволяют прогнозировать будущий декоративный эффект насаждений.

Чубушники относятся к быстрорастущим кустарникам. У всех исследуемых сортов отмечена хорошая побегообразовательная способность. Ежегодный прирост в высоту составляет в среднем 15–20 см. Продолжительность жизни чубушников — 70 лет [11]. Растения в коллекции, имеющие возраст более 30 лет, не утратили декоративность и имеют удовлетворительное общее состояние.

Зимостойкость является наследственным свойством генотипа противостоять комплексу неблагоприятных зимних условий [12]. По данным многолетних наблюдений сорта чубушника, культивируемые на территории Ставропольской возвышенности, полностью зимостойкие, выпадения растений или повреждение побегов морозами в коллекции не наблюдались (балл зимостойкости — I).

Оценка засухоустойчивости определялась по 5-балльной шкале, все изучаемые сорта получили оценку 5 баллов (растение высокозасухоустойчивое). Кусты чубушников одни из наиболее устойчивых к различного рода заболеваниям древесных растений. Если и проявляются грибные поражения, они приводят только к снижению декоративности [13]. На фоне профилактических обработок и агротехнических мероприятий (при визуальном осмотре изучаемых растений) поражений вредителями и болезнями в годы исследований не обнаружено. Отсутствие наличия вредителей и болезней имеет большое значение для сохранения декоративности сортов при использовании их в озеленении.

По результатам исследований проведена оценка декоративных признаков изученных сортов. При проведении учитывались характеристики цветков (размер, форма, наличие аромата), обилие и продолжительность цветения, структура кроны, устойчивость к внешним факторам, оригинальность и общее состояние растений.

Наибольшее суммарное количество баллов получено у сорта Снежная буря — 98. Сорта Воздушный десант, Жемчуг и Юннат получили по 94 балла,

по 92 балла у сортов Академик Комаров и Зоя Космодемьянская, 91 балл у сорта Лунный свет.

Изученные культивары характеризуются высокой степенью адаптации и по результатам оценки являются вполне перспективными для использования в озеленении городов Ставропольского края.

### Выводы/Conclusion

На основании результатов проведенных исследований все сорта признаны высокодекоративными и устойчивыми к болезням и вредителям в местных почвенно-климатических условиях. Они обладают высокой зимостойкостью, обильным и продолжительным цветением до 25 дней, различными по размеру и строению ароматными цветками.

По результатам оценки декоративности набранная сумма баллов (91–98) позволяет отнести все сорта к вполне перспективным. Отличие сортов чубушника по высоте (1,2–2,8 м), форме (раскидистая и компактная) и диаметру кроны дает возможность использовать их как в солитерных посадках и группах, так и в свободных живых изгородях, садово-парковом строительстве на Ставрополье.

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

- Смирнова З.И., Рябченко М.Г. Чубушники селекции Н.К. Вехова в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН. *Бюллетень Главного ботанического сада*. 2016; 3: 20–23. <https://www.elibrary.ru/wlxzdf>
- Синюгейкина Г.Э. Коллекция сортов чубушника в Барнаульском дендрарии. *Аграрная наука — сельскому хозяйству. Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции*. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет. 2023; 1: 290–291. <https://www.elibrary.ru/txsylv>
- Березкина И.В. История культуры, селекция и направления использования чубушника (жасмина садового). *Тенденции развития науки и образования*. 2020; 62(1): 7–10. <https://doi.org/10.18411/lj-06-2020-02>
- Чебанная Л.П. Интродукция рода *Clematis* L. в различные почвенно-климатические условия. *Вестник АПК Ставрополья*. 2019; 1: 100–103. <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2019-8-33-100-103>
- Лалин П.И. Значение исследований ритмики жизнедеятельности растений для интродукции. *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1974; 91: 3–7.
- Казарова С.Ю., Бойко Г.А. Интродукция гибридов и сортов рода *Philadelphus* L. в коллекции БС МГУ. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2012; 47: 54–60. <https://www.elibrary.ru/pietmb>
- Smirnova Z., Riabchenko M. Conservation of Mock Oranges Bred by N.K. Vekhov in the Main Botanical Gardens, Russian Academy of Sciences. *6th Global Botanic Gardens Congress. Abstracts*. Geneva: Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève. 2017; 73.
- Ханбабаева О.Е. Перспективы и направления использования чубушника в садоводстве и ландшафтном строительстве. *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2016; 8: 99–102. <https://www.elibrary.ru/wxbvtx>
- Шолух Н.В., Надъярная А.Е., Анисимов А.В., Бородина А.В. Научно-практические рекомендации по устройству природных ориентиров для незрячих на территориях и в зданиях социально значимых объектов города. *Современное промышленное и гражданское строительство*. 2018; 14(2): 51–79. <https://www.elibrary.ru/ybsist>
- Желонкина Т.Ю., Мухаметова С.В. Габитуальные показатели сортов чубушников селекции Лемуана. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2021; 9–1: 32–34. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-9-1-32-34>
- Карпукхин М.Ю., Абрамчук А.В. Чубушник (*Philadelphus* L.) в ландшафтном дизайне. *Аграрное образование и наука*. 2020; 2: 8. <https://www.elibrary.ru/locrux>
- Чукуриси С.С., Салфетников А.А., Грекова И.В., Савенко А.В. Итоги изучения зимостойкости и морозостойкости декоративных кустарников рода *Weigela* Thunb. и рода *Philadelphus* L. в условиях Краснодара. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2021; 17(3): 37–41. <https://www.elibrary.ru/jbmufi>
- Смирнова З.И., Сорокопудов В.Н., Бондорина И.А., Сорокопудова О.А. Чубушник (*Philadelphus* L.): разработка методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022; 5: 86–93. <https://www.elibrary.ru/aspuly>

### REFERENCES

- Smirnova Z.I., Ryabchenko M.G. Chubushniki of N.K. Vekhov's breeding in the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. *Bulletin Main Botanical Garden*. 2016; 3: 20–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wlxzdf>
- Sinogeykina G.E. Collection of *Philadelphus* varieties in the Barnaul arboretum. *Agricultural science — to agriculture. Collection of proceedings of the XVIII International scientific and practical conference*. Barnaul: Altai State Agricultural University. 2023; 1: 290–291 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/txsylv>
- Berezkina I.V. The history of culture, breeding and directions of use of the chubushnik (garden jasmine). *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2020; 62(1): 7–10 (in Russian). <https://doi.org/10.18411/lj-06-2020-02>
- Chebannaya L.P. Introduction of the genus *Clematis* L. in different soil and climatic conditions. *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2019; 1: 100–103 (in Russian). <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2019-8-33-100-103>
- Lalin P.I. The importance of research on the rhythm of plant life for introduction. *Bulletin Main Botanical Garden*. 1974; 91: 3–7 (in Russian).
- Kazarova S.Yu., Boyko G.A. Introduction of *Philadelphus* L. hybrids and cultivars into the plant collections of Moscow State University Botanical Garden. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2012; 47: 54–60 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pietmb>
- Smirnova Z., Riabchenko M. Conservation of Mock Oranges Bred by N.K. Vekhov in the Main Botanical Gardens, Russian Academy of Sciences. *6th Global Botanic Gardens Congress. Abstracts*. Geneva: Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève. 2017; 73.
- Khanbabayeva O.E. Prospects and directions of using chubushnik in horticulture and landscape construction. *Vestnik landsaftnoy arkhitektury*. 2016; 8: 99–102 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wxbvtx>
- Sholukh N.V., Nadyarnaya A.E., Anisimov A.V., Borodina A.V. Scientific and practical recommendations on the organization of natural landmarks for the blind in the territories and buildings of socially important objects of the city. *Modern Industrial and Civil Construction*. 2018; 14(2): 51–79 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ybsist>
- Zhelonkina T.Yu., Mukhametova S.V. Habitual indicators of mock-orange cultivars by Lemoine selection. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021; 9–1: 32–34 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-9-1-32-34>
- Karpukhin M.Yu., Abramchuk A.V. The chubushnik (*Philadelphus* L.) in the landscape design. *Agrarian education and science*. 2020; 2: 8 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/locrux>
- Chukuridi S.S., Salfetnikov A.A., Grekova I.V., Savenko A.V. Results of studying winter resistance and frost resistance decorative shrubs of the genus *Weigela* Thunb. and of the genus *Philadelphus* L. in the conditions of the City of Krasnodar. *The North Caucasus Ecological Herald*. 2021; 17(3): 37–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jbmufi>
- Smirnova Z.I., Sorokopudov V.N., Bondorina I.A., Sorokopudova O.A. *Philadelphus* L.: development of a method for testing for distinctivity, homogeneity and stability. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2022; 5: 86–93 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/aspuly>

**ОБ АВТОРАХ****Любовь Петровна Чебанная**

старший научный сотрудник лаборатории дендрологии  
bot.sad@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3612-3614>

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр,  
ул. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241,  
Россия

**ABOUT THE AUTHORS****Lubov Petrovna Chebannaya**

Senior Researcher at the Laboratory of Dendrology  
bot.sad@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3612-3614>

North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center,  
49 Nikonov Str., Mikhaylovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia



# ПротеинТек

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | [info@proteintek.org](mailto:info@proteintek.org) | [www.proteintek.org](http://www.proteintek.org)

## Форум и выставка по производству и использованию кормовых протеинов и глубокой переработке высокобелковых культур

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 25 сентября 2024 года в отеле «Лесная Сафмар» в Москве

### Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов форума позволит вам заявить о своей компании, продукции и услугах и стать лидером быстрорастущего рынка растительных и микробных протеинов.

УДК 664.66

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187

О.В. Зинина<sup>1</sup> ✉

Е.А. Вишнякова<sup>1</sup>

М.Б. Ребезов<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ zininaov@susu.ru

Поступила в редакцию:  
11.06.2024

Одобрена после рецензирования:  
11.07.2024

Принята к публикации:  
26.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187

Oksana V. Zinina<sup>1</sup> ✉

Elena A. Vishnyakova<sup>1</sup>

Maksim B. Rebezov<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ zininaov@susu.ru

Received by the editorial office:  
11.06.2024

Accepted in revised:  
11.07.2024

Accepted for publication:  
26.07.2024

## Влияние биоактивной пленки на хранимоспособность хлеба

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Разработки биоактивных пленок в настоящее время актуальны в связи с необходимостью замены синтетических полимеров, используемых в упаковочных материалах для продуктов питания. Однако установленные положительные свойства самих пленок не всегда гарантируют прогнозируемый эффект и не обеспечивают сохранность продуктов питания при хранении. В связи этим для рекомендации биоразлагаемых пленок определенного состава к применению в качестве упаковочного материала конкретного вида продукции требуется экспериментальное подтверждение.

**Методы.** Объектами исследования являются образцы хлеба пшеничного, упакованного в альгинатные пленки и в пленку из полиэтилена в качестве контроля. У образцов хлеба после выпечки и охлаждения, а также через 1 и 3 суток хранения установлены органолептические показатели, цветковые характеристики, микробиологические показатели и потери массы.

**Результаты.** Проведенные испытания образцов хлеба позволили выявить положительный эффект биоактивной пленки на основе альгината натрия с введением белкового гидролизата на снижение роста бактерий и плесеней. Результаты исследований показали, что в альгинатных пленках происходит интенсивная потеря массы хлеба — до  $19,27 \pm 0,51\%$  ( $p \leq 0,05$ ) через 3 суток хранения в пленке без гидролизата белка, что более весомо по сравнению с образцом хлеба в полиэтиленовой пленке ( $9,12 \pm 0,32\%$ ). При этом микробиологические показатели (общее микробное число и количество плесеней) оставались более стабильными в образцах хлеба в альгинатных пленках. Таким образом, результаты микробиологических исследований подтвердили известные данные об антимикробных свойствах белковых гидролизатов в составе биоактивных пленок, однако при выборе пленок для упаковки хлеба необходимо учитывать их паропроницаемость, чтобы избежать потерь влаги при хранении.

**Результаты.** Результаты исследования показали необходимость пересмотра практики применения технологий переработки навоза (помета) для снижения выбросов парниковых газов.

**Ключевые слова:** пищевая пленка, белковый гидролизат, альгинат, плесень, потери массы

**Для цитирования:** Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Ребезов М.Б. Влияние биоактивной пленки на хранимоспособность хлеба. *Аграрная наука.* 2024; 385(8): 182–187.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187>

© Зинина О.В., Вишнякова Е.А., Ребезов М.Б.

## The effect of bioactive film on the shelf life of bread

### ABSTRACT

**Relevance.** The development of bioactive films is currently relevant due to the need to replace synthetic polymers used in food packaging materials. However, the established positive properties of the films themselves do not always guarantee the predicted effect and do not ensure the preservation of food products during storage. In this regard, for the recommendation of biodegradable films of a specific composition for use as packaging material for a particular type of product, experimental confirmation is required.

**Methods.** The objects of study are samples of wheat bread packaged in alginate films and in polyethylene film as a control. For bread samples after baking and cooling, as well as after 1, and 3 days of storage, sensory characteristics, color characteristics, microbiological indicators, and mass losses were determined.

**Results.** The conducted tests of bread samples revealed the positive effect of the bioactive film based on sodium alginate with the introduction of protein hydrolysate on reducing the growth of bacteria and molds. The research results showed that in alginate films, there is an intensive loss of bread mass — up to  $19.27 \pm 0.51\%$  ( $p \leq 0.05$ ) after 3 days of storage in the film without protein hydrolysate, which is more significant compared to the bread sample in polyethylene film ( $9.12 \pm 0.32\%$ ). At the same time, microbiological indicators (total microbial count and mold count) remained more stable in bread samples in alginate films. Thus, the results of microbiological studies confirmed the known data on the antimicrobial properties of protein hydrolysates in the composition of bioactive films. However, when choosing films for bread packaging, it is necessary to consider their vapor permeability to avoid moisture losses during storage.

**Results.** The results of the study showed the need to review the practice of using manure (manure) processing technologies to reduce greenhouse gas emissions.

**Key words:** food film, protein hydrolysate, alginate, mold, mass loss

**For citation:** Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Rebezov M.B. The effect of bioactive film on the shelf life of bread. *Agrarian science.* 2024; 385(8): 182–187 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-182-187>

© Zinina O.V., Vishnyakova E.A., Rebezov M.B.

## Введение/Introduction

Хлебобулочные изделия занимают важное место в питании человека, являясь источником основных нутриентов [1–5]. На нынешнем этапе развития пищевой промышленности уделяется большое внимание созданию продуктов питания с заданными характеристиками и потребительскими требованиями, оказывающих положительное влияние на здоровье человека [6–8]. Однако, подвергаясь быстрой микробиологической порче, как и многие другие виды пищевой продукции [9–11], нуждаются в дополнительной защите при хранении для предотвращения быстрого плесневения и потенциальной возможности отравления потребителей продуктами жизнедеятельности микроорганизмов — микотоксинами, продуцируемыми токсинообразующими грибами [12–14].

Упаковочные материалы являются одним из распространенных способов создания барьера между продуктом и окружающей средой, помогающих увеличить сроки хранения биологических объектов [15–17].

В условиях ухудшения экологической ситуации с переработкой пластиковых материалов возникла необходимость широкого применения биоразлагаемых пленок и покрытий, которые не только способны быстро разлагаться в почве до биогумуса, но и дополнительно содержат активные компоненты для замедления микробиологической и окислительной порчи продуктов.

В качестве активных компонентов в состав биоразлагаемых пленок включают натуральные антиоксиданты, эфирные масла, наночастицы металлов и другие биоактивные вещества. Известным антимикробным, в том числе противогрибковым, свойством обладают белковые гидролизаты с входящими в их состав биоактивными пептидами [18].

При выборе тех или иных материалов для упаковки хлебобулочных изделий обращают внимание на эстетический вид продукта, сохранность свежести и органолептических свойств, обеспечение стабильности пищевой ценности и микробиологических показателей в процессе хранения [19]. Из синтетических пленок по совокупности свойств предпочтение для упаковки хлебобулочных изделий отдают полипропиленовым (ПП) или полиолефиновым (ПО) пленкам [20].

Биоразлагаемые пленки могут обеспечить комплекс необходимых свойств продукта при хранении, однако во многом эти свойства будут зависеть не только от активного компонента, но и от выбранной матрицы для его введения.

Наиболее распространены матрицы на основе крахмалов, альгината натрия, коллагена, хитозана и других биополимеров, обладающих не только хорошей биоразлагаемостью, но и отличными пленкообразующими свойствами [21, 22].

Хлебобулочные изделия наиболее подвержены такому виду микробиологической порчи, как плесневение, возникающему в результате развития плесеней родов *Penicillium* и *Aspergillus* spp. [12].

Афлатоксины, охратоксины, зеараленон, патулин и другие продуцируемые грибами микотоксины оказывают отрицательное влияние на здоровье человека и в целом на формирование продовольственных потерь [23].

Таким образом, актуальны разработки биоактивных пленок для упаковки продуктов питания. Однако следует учитывать существенные отличия свойств упаковочных материалов из природных биополимеров по сравнению с синтетическими. Перспективы применения тех или иных биоразлагаемых материалов применительно к разным видам продуктов питания следует подтверждать результатами исследований конкретных видов продукции, упакованной в данные материалы, так как свойства биоразлагаемых пленок, установленные экспериментально, как самостоятельного объекта исследований часто не оказывают ожидаемого результата при упаковке в них определенных видов продуктов питания.

*Цель работы* — исследование влияния биоактивных альгинатных пленок на свойства хлеба пшеничного при хранении.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в лабораториях кафедры пищевых и биотехнологий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (Челябинск, Россия) с февраля по апрель 2024 года.

Объекты исследования — образцы хлеба пшеничного, упакованного в альгинатные пленки с добавлением в качестве активного компонента гидролизата белка, полученного микробной ферментацией желудков цыплят-бройлеров в творожной сыроватке в присутствии пропионовых кислотных бактерий.

Хлеб пшеничный изготавливали по традиционной технологии опарным способом по следующей рецептуре: мука хлебопекарная высшего сорта — 500 г, дрожжи прессованные — 8 г, соль пищевая — 7 г, вода — 300 г.

Для проведения исследований получены 9 булок массой по 100 г.

Пленки получали следующим образом: в нагретую до 40 °С воду добавляли 1,5% альгината натрия (ООО «Ингредико», Россия) при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. После 20-минутного перемешивания добавляли 3%-ный раствор глицерина (ООО «Йодные технологии и маркетинг», Россия) и 1%-ный раствор гидролизата белка (изготовленный по технологии, описанной в работе [24]), затем разливали на противни и сушили при температуре 30 °С до полного высыхания.

В качестве контрольного образца пленки использовали аналогично приготовленную пленку без добавления белкового гидролизата.

Готовые образцы хлеба (рис. 1), охлажденные до комнатной температуры, упаковывали в пленки и хранили при комнатной температуре.

У образцов хлеба сразу (через 1 и 3 суток хранения) определяли органолептические показатели<sup>1</sup>, массовую

Рис. 1. Образцы хлеба в пленках

Fig. 1. Bread samples in films



В полиэтиленовой пленке

В альгинатной пленке  
с гидролизатом белка

В альгинатной пленке  
без гидролизата белка

<sup>1</sup> ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия.

долю влаги<sup>1</sup> — высушиванием, кислотность<sup>2</sup> — титрованием, цветовые характеристики — с помощью колориметра NR60CP (Shenzhen Threenh Technology Co, LTD, Китай), общее микробное число<sup>3</sup> и количество плесневых грибов и дрожжей<sup>4</sup> — с использованием микробиологических экспресс-тестов «Петритест» (НПО «Альтернатива», Россия).

Посевы на Петритесты, термостатирование и обработку результатов выполняли в соответствии с рекомендациями производителя, изложенными в Методических рекомендациях 4.2-022-2016<sup>5</sup>.

Перед использованием колориметра NR60CP проводилась калибровка прибора с использованием белой стандартной пластинки ( $L^* = 96,77$ ,  $a^* = 0,11$ ,  $b^* = -0,71$ ), которую также применяли в качестве фона при измерении цветовых характеристик пленок (светлота ( $L^*$ ), краснота (зеленоватость) ( $a^*$ ) и желтизна (голубоватость) ( $b^*$ )).

Суммарное цветовое различие ( $\Delta E$ ) и цветность рассчитывали по формулам (1) и (2) [25]:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2}, \quad (1)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (2)$$

где:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  — стандартные значения параметров цвета белой пластины;  $L$ ,  $a$ ,  $b$  — значения параметров цвета пленок.

Потери массы (усушку) определяли гравиметрически как разницу масс продукта до и после хранения.

Исследования органолептических свойств проводили в соответствии с ГОСТ 5667<sup>6</sup>. Количество привлекаемых экспертов ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» — 10.

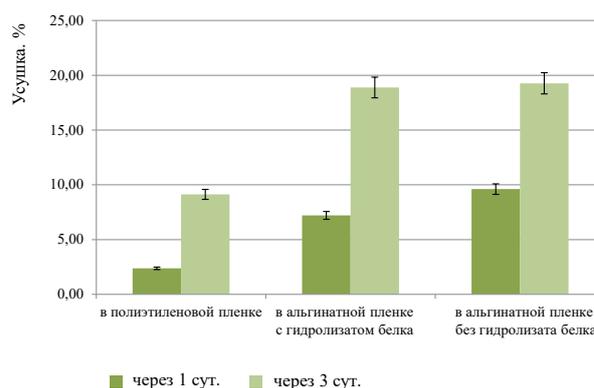
Оборудование и средства измерения, используемые в исследованиях, были поверены ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Челябинской области» (г. Челябинск, Россия).

Материалы исследований были обработаны по методу вариационной статистики на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Office (США). Средние значения трех измерений приняты за достоверные при  $p \leq 0,05$ .

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

При хранении хлеба происходит ухудшение его качества, обусловленное процессами черствения и

**Рис. 2.** Результаты определения усушки хлеба при хранении  
**Fig. 2.** Results of determining bread shrinkage during storage



усыхания [26]. Интенсивность данных процессов зависит от уровня паропроницаемости упаковочного материала. С одной стороны, пленки с высокой паропроницаемостью позволяют избежать сохранения в продукте излишней влаги сразу после выпечки, но с другой — хлеб быстро усыхает из-за поступления через поры воздуха и интенсивного газообмена с внешней средой. В связи с этим хлебобулочные изделия в упаковке с высокой паропроницаемостью рекомендуется хранить не более суток [20].

Результаты оценки потерь массы хлеба в разных видах пленок представлены на рисунке 2.

Усушка продукта наиболее интенсивно происходила в альгинатных пленках без белкового гидролизата, что согласуется с полученными ранее данными о паропроницаемости данных пленок [27]. При этом начальная влажность в образцах хлеба составила  $38,12 \pm 0,61$  ( $p \leq 0,05$ ), что соответствует требованиям ГОСТ Р 58233<sup>7</sup>. Близкие значения потерь массы при хранении хлеба в желатиновых пленках в течение 3 суток установлены зарубежными учеными — от 20 до 28% [28].

Кислотность в образцах хлеба значительно не изменилась в течение 3 суток хранения — увеличилась с 1,2 до 1,5° в контрольном образце и осталась на том же уровне у образцов хлеба в альгинатных пленках.

В таблице 1 приведены результаты определения цветовых характеристик хлеба при хранении.

Следует отметить, что в процессе хранения форма и состояние поверхности булок хлеба не изменились,

Таблица 1. Цветовые характеристики хлеба

Table 1. Color characteristics of bread

Образец хлеба	L	a*	b*	DE	Интенсивность цвета
В полиэтиленовой пленке после изготовления	66,54 ± 1,54	1,79 ± 0,02	10,79 ± 0,41	32,39	10,94
	64,36 ± 1,22	1,94 ± 0,03	11,33 ± 0,38	34,62	11,49
	60,68 ± 1,08	2,31 ± 0,07	12,96 ± 0,44	38,65	13,16
В альгинатной пленке с гидролизатом белка после изготовления	66,47 ± 1,37	1,84 ± 0,02	10,97 ± 0,39	32,52	11,12
	63,46 ± 1,30	2,17 ± 0,04	11,81 ± 0,42	35,64	12,01
	60,12 ± 0,92	3,08 ± 0,08	13,15 ± 0,46	39,30	13,51
В альгинатной пленке без гидролизата белка после изготовления	66,84 ± 1,63	1,81 ± 0,02	10,88 ± 0,38	32,14	11,03
	63,91 ± 1,27	2,07 ± 0,03	14,09 ± 0,45	36,09	14,24
	59,87 ± 1,01	3,16 ± 0,08	14,84 ± 0,46	39,74	15,17

<sup>2</sup> ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности.

<sup>3</sup> ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).

<sup>4</sup> ГОСТ 10444.12-88 Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов.

<sup>5</sup> 4.2-022-2016 Методы микробиологического экспресс-контроля объектов окружающей среды и пищевых продуктов с использованием продукции «Петритестм» (с изм. от 01.07.2018, 05.03.2019, 24.05.2022).

<sup>6</sup> ГОСТ 5667-2022 Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий.

<sup>7</sup> ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия.

форма оставалась выпуклой, поверхность гладкая без трещин и подрывов. Визуально цвет корки не изменился, в отличие от цвета мякиша, который во всех образцах оказался более темным по сравнению с его цветом сразу после выпечки. Запах у образцов хлеба в альгинатных пленках сохранился — характерный для данного продукта, а в полимерной пленке на 3-и сутки хранения появился едва уловимый запах плесени.

В таблице 2 приведены результаты определения микробиологических показателей хлеба при хранении.

Результаты микробиологических исследований показали, что рост плесени в образцах хлеба, хранившихся в биоактивных пленках, происходил медленнее по сравнению с образцами в полимерной пленке и альгинатной пленке, что подтверждают данные литературных источников об антимикробных свойствах белковых гидролизатов. При этом во всех образцах на 3-и сутки хранения количество плесени не превысило регламентируемых значений (50 КОЕ/г).

Результаты исследований упакованного в биоактивные пленки мяса показали аналогичный эффект: введение белкового гидролизата в состав хитозановой пленки способствовало снижению количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, что привело авторов к выводу о возможности применения биоактивного упаковочного материала с антимикробным свойством для хранения пищевой продукции.

Авторы отметили, что ингибирование роста микроорганизмов вызвано и снижением активности воды вследствие испарения влаги из мяса из-за высокой пористости хитозановых пленок [29].

Результаты исследований другой группы ученых показали, что хлеб не рекомендуется хранить в

целлюлозной пищевой бумаге, пергаменте и подпергаменте в связи с высокой усушкой продукта в процессе хранения, а также в биоразлагаемых пленках на основе полимолочной кислоты из-за ухудшения органолептических свойств уже через сутки хранения [26].

### Выводы/Conclusions

Результаты работы показали, что биоактивные пленки, изготовленные на основе альгината натрия, оказывают положительное влияние на микробиологическую стабильность хлеба при хранении. Однако это может быть связано не только с антимикробной активностью белкового гидролизата, используемого как активный компонент в составе пленки, но и вследствие снижения активности воды из-за интенсивного влагообмена с окружающей средой.

Полученные результаты согласуются с результатами многих авторов, показывающих аналогичный эффект при упаковке хлеба в биоразлагаемые и биоактивные пленки. Для снижения паропроницаемости пленок необходимо совершенствовать состав композиции.

Таблица 2. Микробиологические показатели хлеба при хранении  
Table 2. Microbiological parameters of bread during storage

Показатель	Образцы хлеба		
	в полиэтиленовой пленке	в альгинатной пленке с гидролизатом белка	в альгинатной пленке без гидролизата белка
<i>После изготовления</i>			
ОМЧ, КОЕ/ 1 г	$(0,9 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(1,1 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(0,9 \pm 0,2) \cdot 10^2$
Плесень, КОЕ/ 1 г	не обн.	не обн.	не обн.
<i>Через сутки хранения</i>			
ОМЧ, КОЕ/ 1 г	$(3,4 \pm 0,7) \cdot 10^2$	$(3,1 \pm 0,6) \cdot 10^2$	$(3,2 \pm 0,5) \cdot 10^2$
Плесень, КОЕ/ 1 г	4,0	1,0	2,0
<i>Через 3 суток хранения</i>			
ОМЧ, КОЕ/ 1 г	$(4,7 \pm 1,2) \cdot 10^2$	$(4,1 \pm 0,8) \cdot 10^2$	$(4,3 \pm 0,7) \cdot 10^2$
Плесень, КОЕ/ 1 г	28,0	14,0	19,0

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

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 23-26-00153.  
<https://rscf.ru/project/23-26-00153/>

### FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation No. 23-26-00153.  
<https://rscf.ru/project/23-26-00153/>

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фаткуллин Р.И. и др. Исследование антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*. 2022; 9: 167–172. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172>
2. Есина В.А. Ценность хлеба как важная составляющая жизни человека. *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Пенза: ПГАУ. 2022; 1: 224–226. <https://www.elibrary.ru/nljyua>
3. Жарылкасынова Ж.Ә., Искакова Г.К., Байысбаева М.П., Батырбаева Н.Б. Ұзақ мерзімде сақтауға негізделген пектин қосылған галеталар технологиясын әзірлеу. *Шәжәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы*. 2024; 1: 124–133. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-16)
4. Егорова К.Н., Рушакова Е.С. Разработка технологии гречневого хлеба без глютена. *Юность большой Волги. Сборник статей лауреатов XIX Межрегиональной конференции-фестиваля научного творчества учащейся молодежи*. Чебоксары: Центр молодежных инициатив Минобразования Чувашии. 2017; 78–81. <https://www.elibrary.ru/xncatb>
5. Махмудов Ф.А., Азимова С.Т., Ребезов М.Б., Изтаев А.И., Конарбаева З.К. Технология производства и качество выпеченного хлеба из цельномолотой пшеничной муки. *Шәжәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы*. 2024; 1: 165–173. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
6. Алашбаева Л.Ж., Боранкулова А.С., Турсунбаева Ш.А., Нургожина Ж.К., Баялы А.А. Функционалды бағыттағы нан өнімдерінің технологиясы. *Шәжәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы*. 2024; 1: 81–89. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-11](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-11)

### REFERENCES

1. Fatkullin R.I. et al. Study of the antioxidant properties of enriched bakery products. *Agrarian science*. 2022; 9: 167–172 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172>
2. Yesina V.A. The value of bread as an important component of human life. *Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2022; 1: 224–226 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nljyua>
3. Zharylkasynova Zh.A., Iskakova G.K., Baiysbayeva M.P., Bатыrbaeva N.B. Development of technology of pectin-containing galets with long shelf life. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 124–133. (in Kazakh). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-16](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-16)
4. Egorova K.N., Rushakova E.S. Development of technology of grechnevo bread gluten free. *Youth of the Great Volga. Collection of articles by laureates of the 19th Interregional Conference-Festival of Scientific Creativity of Students*. Cheboksary: Center for Youth Initiatives of the Ministry of Education of Chuvashia. 2017; 78–81 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xncatb>
5. Makhmudov F.A., Asimova S.T., Rebezov M.B., Iztaev A.I., Konarbayeva Z.K. Technology for production and quality of bread baked from whole grind wheat flour. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 165–173. (in Russian). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
6. Alashbayeva L.Zh., Borankulova A.S., Tursunbayeva Sh.A., Nurgozhina Zh.K., Bayaly A.A. Technology of bakery products by functional direction. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 81–89. (in Kazakh). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-11](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-11)

7. Зинина О.В., Павлова Я.С., Ребезов М.Б., Чанов И.М., Николина А.Д., Нурымхан Г.Н. Разработка и исследование крекера, обогащенного пищевыми волокнами. *Аграрная наука*. 2022; 9: 173–179. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-173-179>
8. Рустемова А.Ж., Ребезов М.Б. Зернобобовая смесь как перспективный сырьевой источник в технологии хлебопечения. *Аграрная наука*. 2023; 6: 121–125. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-121-125>
9. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
10. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; 13(2): e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
11. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Zhumanova G., Burkov P., Knyazeva A. Investigation of Microbial Hydrolysis of Hen Combs with Bacterial Concentrates. *Fermentation*. 2022; 8(2): 56. <https://doi.org/10.3390/fermentation8020056>
12. Nionelli L. *et al.* Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf-life. *Food Control*. 2020; 118: 107437. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>
13. Науменко Н.В., Ботвинникова В.В., Сотникова В., Грживна Л., Белоглазова Н.В. Микотоксины и безопасность продуктов питания: явные и скрытые угрозы. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2020; 8(1): 105–111. <https://www.elibrary.ru/erhaax>
14. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
15. Архипов Д.С., Архипова Т.М., Токарева Т.Ю., Быстров Д.И., Суворов О.А. Современная упаковка и ее влияние на сохранность продукции с заданными потребительскими свойствами. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2023; 2: 140–147. <https://www.elibrary.ru/sfkecx>
16. Rebezov M. *et al.* Crosslinking methods for improving the properties of soy-protein based films for meat packaging: a review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 635–648. <https://doi.org/10.5219/1892>
17. Зинина О.В., Меренкова С.П., Ребезов М.Б., Вишнякова Е.А. Исследование свойств белковых гидролизатов, полученных из желудков цыплят-бройлеров, как потенциального компонента биоактивных пленочных покрытий. *Пищевые системы*. 2024; 7(1): 44–51. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51>
18. Полищук Е.К. Изучение потенциала биоактивной упаковки на основе хитозана с включенными антимикробными пептидами животного происхождения. *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*. 2020; 14: 192–204. <https://www.elibrary.ru/puvrph>
19. Алексеева М.М., Пашкова Е.Ю. Влияние различных упаковочных материалов на потребительские свойства хлеба из муки пшеничной высшего сорта. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013; 4: 77–81. <https://www.elibrary.ru/rdlarb>
20. История упаковки хлеба. *Пищевая индустрия*. 2017; 1: 34–36. <https://www.elibrary.ru/xviemv>
21. Lisitsyn A. *et al.* Approaches in Animal Proteins and Natural Polysaccharides Application for Food Packaging: Edible Film Production and Quality Estimation. *Polymers*. 2021; 13(10): 1592. <https://doi.org/10.3390/polym13101592>
22. Мяленко Д.М. Современные биоразлагаемые материалы с ускоренной деградацией для молочной и пищевой продукции (предметный обзор). *Пищевые системы*. 2023; 6(1): 11–21. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-11-21>
23. Костерина Н.А. Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации. *Аграрный вестник Урала*. 2023; 5: 49–60. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60>
24. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Optimization of Microbial Hydrolysis Parameters of Poultry By-Products Using Probiotic Microorganisms to Obtain Protein Hydrolysates. *Fermentation*. 2021; 7(3): 122. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030122>
25. Zhang Y. *et al.* Preparation of the alginate/carrageenan/shellac films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from enteromorpha for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 218: 519–532. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145>
26. Ловкис З.В., Корзан С.И., Зайченко Д.А. Хранение хлеба в различных видах упаковки и температурных условий. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2022; 15(4): 52–61. <https://www.elibrary.ru/jhigpm>
27. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Development of Biodegradable Alginate-Based Films with Bioactive Properties and Optimal Structural Characteristics with Incorporation of Protein Hydrolysates. *Sustainability*. 2023; 15(20): 15086. <https://doi.org/10.3390/su152015086>
7. Zinina O.V., Pavlova Ya.S., Rebezov M.B., Chanov I.M., Nikolina A.D., Nurymkhan G.N. Development and examination of a cracker enriched with dietary fiber. *Agrarian science*. 2022; 9: 173–179 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-173-179>
8. Rustemova A.Zh., Rebezov M.B. Leguminous mixture as a promising raw material source in bakery technology. *Agrarian science*. 2023; 6: 121–125 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-121-125>
9. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
10. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; 13(2): e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
11. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Zhumanova G., Burkov P., Knyazeva A. Investigation of Microbial Hydrolysis of Hen Combs with Bacterial Concentrates. *Fermentation*. 2022; 8(2): 56. <https://doi.org/10.3390/fermentation8020056>
12. Nionelli L. *et al.* Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf-life. *Food Control*. 2020; 118: 107437. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>
13. Naumenko N.V., Botvinnikova V.V., Sotnikova V., Grzhivna L., Beloglazova N.V. Mycotoxins and Security of Food Products: Obvious and Hidden Threats. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2020; 8(1): 105–111 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/erhaax>
14. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
15. Arkhipov D.S., Arkhipova T.M., Tokareva T.Yu., Bystrov D.I., Suvorov O.A. Modern packaging and its impact on the safety of products with desired consumer properties. *News of the Dagestan State Agrarian University*. 2023; 2: 140–147 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sfkecx>
16. Rebezov M. *et al.* Crosslinking methods for improving the properties of soy-protein based films for meat packaging: a review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2023; 17: 635–648. <https://doi.org/10.5219/1892>
17. Zinina O.V., Merenkova S.P., Rebezov M.B., Vishnyakova E.A. Research of the properties of protein hydrolysates obtained from the broiler chicken gizzards as a potential component of bioactive film coatings. *Food systems*. 2024; 7(1): 44–51 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51>
18. Polishchuk E.K. Study of the potential of bioactive package based on chitosan with included antimicrobial peptides of animal origin. *Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva i khraneniya material'nykh isnenostey dlya gosudarstvennykh nuзд*. 2020; 14: 192–204 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/puvrph>
19. Alekseeva M.M., Pashkova E.Yu. Effect of different packaging materials on consumer properties of premium wheat flour bread. *Izvestia Samarской gosudarstvennoy selskokhoziaistvennoy akademii*. 2013; 4: 77–81 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rdlarb>
20. History of bread packaging. *Pishchevaya industriya*. 2017; 1: 34–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xviemv>
21. Lisitsyn A. *et al.* Approaches in Animal Proteins and Natural Polysaccharides Application for Food Packaging: Edible Film Production and Quality Estimation. *Polymers*. 2021; 13(10): 1592. <https://doi.org/10.3390/polym13101592>
22. Myalenko D.M. Modern biodegradable materials with accelerated degradation for dairy and food products (subject review). *Food systems*. 2023; 6(1): 11–21 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-11-21>
23. Kosterina N.A. Analysis of the current state of the problem of fusarium ear and grain of wheat in the Russian Federation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 5: 49–60 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-234-05-49-60>
24. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Optimization of Microbial Hydrolysis Parameters of Poultry By-Products Using Probiotic Microorganisms to Obtain Protein Hydrolysates. *Fermentation*. 2021; 7(3): 122. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030122>
25. Zhang Y. *et al.* Preparation of the alginate/carrageenan/shellac films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from enteromorpha for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 218: 519–532. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.145>
26. Lovkis Z.V., Korzan S.I., Zaichenko D.A. Storing bread in different types of packaging and temperature conditions. *Food Industry: Science and Technology*. 2022; 15(4): 52–61 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jhigpm>
27. Zinina O., Merenkova S., Galimov D. Development of Biodegradable Alginate-Based Films with Bioactive Properties and Optimal Structural Characteristics with Incorporation of Protein Hydrolysates. *Sustainability*. 2023; 15(20): 15086. <https://doi.org/10.3390/su152015086>

28. Figueroa-Lopez K.J., Andrade-Mahecha M.M., Torres-Vargas O.L. Development of Antimicrobial Biocomposite Films to Preserve the Quality of Bread. *Molecules*. 2018; 23(1): 212. <https://doi.org/10.3390/molecules23010212>

29. Полищук Е.К., Котенкова Е.А. Разработка биоактивной упаковки на основе хитозана с включенными антимикробными пептидами. *Пищевые системы*. 2021; 4(3S): 217–222. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-217-222>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Оксана Владимировна Зинина<sup>1</sup>

доцент кафедры пищевых и биотехнологий,  
доктор технических наук  
zininaov@susu.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4817-1645>

##### Елена Александровна Вишнякова<sup>1</sup>

лаборант-исследователь управления научной и инновационной  
деятельности, магистрант  
l\_vishny@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8557-9239>

##### Максим Борисович Ребезов<sup>2, 3</sup>

главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор<sup>2</sup>;  
профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,  
доктор сельскохозяйственных наук<sup>3</sup>  
rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет,  
пр-т им. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный центр пищевых систем  
им. В.М. Горбатова Российской академии наук,  
ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный аграрный университет,  
ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

28. Figueroa-Lopez K.J., Andrade-Mahecha M.M., Torres-Vargas O.L. Development of Antimicrobial Biocomposite Films to Preserve the Quality of Bread. *Molecules*. 2018; 23(1): 212. <https://doi.org/10.3390/molecules23010212>

29. Polishchuk E.K., Kotenkova E.A. Development of bioactive packaging based on chitosan with incorporated antimicrobial peptides. *Food systems*. 2021; 4(3S): 217–222 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-217-222>

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Oksana Vladimirovna Zinina<sup>1</sup>

Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology,  
Doctor of Technical Sciences  
zininaov@susu.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4817-1645>

##### Elena Aleksandrovna Vishnyakova<sup>1</sup>

Laboratory Assistant-researcher in the Management of Scientific  
and Innovative Activities, Undergraduate  
l\_vishny@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8557-9239>

##### Maksim Borisovich Rebezov<sup>2, 3</sup>

Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences,  
Professor<sup>2</sup>;  
Professor of the Department of Biotechnology and Food Products,  
Doctor of Agricultural Sciences<sup>3</sup>  
rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

<sup>1</sup> South Ural State University,  
76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

<sup>2</sup> V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems  
of the Russian Academy of Sciences,  
26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University,  
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

## Подпишитесь на печатные выпуски «АГРАРНОЙ НАУКИ» с любого месяца и на любой срок

» В РЕДАКЦИИ по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453,  
по e-mail [agrovetpress@inbox.ru](mailto: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](http://www.elibrary.ru)



Реклама

УДК 338.49, 631.171

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-188-193

А.Е. Плахин

Е.С. Огородникова ✉

К.В. Ростовцев

Уральский государственный  
экономический университет,  
Екатеринбург, Россия

✉ [cmb\\_8@mail.ru](mailto:cmb_8@mail.ru)

Поступила в редакцию:  
24.04.2024

Одобрена после рецензирования:  
11.07.2024

Принята к публикации:  
26.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-188-193

Andrey E. Plakhin

Ekaterina S. Ogorodnikova ✉

Konstantin V. Rostovtsev

Ural State University of Economics,  
Yekaterinburg, Russia

✉ [cmb\\_8@mail.ru](mailto:cmb_8@mail.ru)

Received by the editorial office:  
24.04.2024

Accepted in revised:  
11.07.2024

Accepted for publication:  
26.07.2024

## Проблемы становления цифровой модели в сельском хозяйстве

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Наличие цифровых разрывов замедляет цифровую трансформацию сельского хозяйства и, соответственно, замедляет проявление положительных эффектов цифровизации. Обозначенная проблематика обуславливает актуальность исследования цифровых разрывов в отраслях сельского хозяйства.

**Цель исследования** — оценка цифровых разрывов, препятствующих комплексной цифровой трансформации сельскохозяйственных организаций.

**Методы.** Методология исследования базируется на теоретических подходах и концепциях, обосновывающих преимущества цифровизации отраслей экономики и рассматривающих технологический прогресс в качестве основных факторов роста экономики. Методика исследования предполагает выявление внутриотраслевых цифровых разрывов путем последовательной оценки уровня организаций в отрасли сельского хозяйства, использующих специфические программные продукты и цифровые технологии, в комплексе формирующие цифровую модель сельского хозяйства.

**Результаты.** Полученные результаты показали наличие существенных внутриотраслевых цифровых разрывов, проявляющихся в отсутствии комплексного и равномерного использования программных продуктов и цифровых технологий организациями.

Отсутствие комплексного использования программных продуктов и цифровых технологий, формирующих цифровую модель сельского хозяйства, приводит к низким темпам цифровой трансформации, поскольку возникает разрыв между системами, автоматически собирающими данные о состоянии растений и животных, системами роботизированного оборудования и автоматической коррекции на основе технологий искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** отрасль сельского хозяйства, цифровизация, цифровой разрыв, инфраструктура, программные средства

**Для цитирования:** Плахин А.Е., Огородникова Е.С., Ростовцев К.В. Проблемы становления цифровой модели в сельском хозяйстве. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 188–193.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-188-193>

© Плахин А.Е., Огородникова Е.С., Ростовцев К.В.

## Problems of a digital model formation in agriculture

### ABSTRACT

**Relevance.** The presence of digital gaps slows down the digital transformation of agriculture and, accordingly, slows down the manifestation of the positive effects of digitalization. The identified issues determine the relevance of the study of digital gaps in agricultural sectors.

**The purpose of the article** is to assess the digital gaps that hinder the complex digital transformation of agricultural sectors.

**Methods.** The research methodology is based on theoretical approaches and concepts that substantiate the advantages of digitalization of economic sectors and consider technological progress as the main factors of economic growth. The research methodology involves the identification of intra-industry digital gaps by consistently assessing the level of organizations in the agricultural sector using specific software products and digital technologies that together form a digital model of agriculture.

**Results.** The results showed the presence of significant intra-industry digital gaps, manifested in the proportion of organizations using software products and digital technologies.

The lack of integrated use of software products and digital technologies that form the digital model of agriculture leads to low rates of digital transformation, since there is a gap between systems that automatically collect data on the condition of plants and animals, systems of robotic equipment and automatic correction based on artificial intelligence technologies.

**Key words:** sector of agriculture, digitalization, digital divide, infrastructure, software

**For citation:** Plakhin A.E., Ogorodnikova E.S., Rostovtsev K.V. Problems of a digital model formation in agriculture. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 188–193 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-188-193>

© Plakhin A.E., Ogorodnikova E.S., Rostovtsev K.V.

## Введение/Introduction

Цифровая трансформация направлена на получение положительных эффектов за счет интеллектуальной автоматизации реализации бизнес-процессов в различных сферах. В отраслях сельского хозяйства целью цифровой трансформации является формирование цифровой модели, объединяющей сбор больших данных, касающихся состояния растений и животных, обработку и аналитику больших данных с алгоритмизированным принятием решений относительно коррекции технологии, роботизацию выполнения технических функций [1, 2].

Задача внедрения цифровой модели сельского хозяйства — формирование систем, контролирующей полный цикл растениеводства и животноводства, включая датчики замера характеристик почв, состояния животных, обработку данных, логистику, функционирование роботизированного сельскохозяйственного оборудования.

В качестве примера можно привести проекты цифровой трансформации ГК «Росагро», осуществленные в 2022–2023 годах. Компания внедрила проект «Цифровой фермер», включающий цифровую модель повышения интенсивности выращивания подсолнечника, проект «Система видеоналики состояния поголовья», включающий цифровые инструменты, позволяющие контролировать численность животных, симптомы повышенной температуры животных, определять наличие (отсутствие) корма в кормушках и другие параметры содержания, проект «Управление элеватором, маслоэкстракционным заводом и жировым комбинатом», позволяющий использовать единую цифровую среду сквозного автоматизированного учета и управления производством<sup>1</sup>.

Результатом внедрения цифровой модели в агробизнесе являются повышение производительности труда, повышение эффективности использования сельхозугодий, снижение себестоимости производства, снижение потерь продукции на всех этапах.

Внедрение цифровой модели позволяет оптимизировать бизнес-процессы агропредприятий, повысить прогнозируемость и предсказуемость их функционирования за счет возможности комплексного учета множества факторов — начиная с прогнозирования погодных условий и заканчивая формированием бесшовного товародвижения продукции до потребителя [3, 4].

Реализация цифровой модели сельского хозяйства осуществляется с использованием технологий облачных вычислений, интернета вещей и искусственного интеллекта [5, 6].

Современное состояние цифровой трансформации сельского хозяйства показывает, что данная отрасль находится среди аутсайдеров. Так, данные, представленные в масштабном исследовании Индикаторы цифровой экономики показывают, что доля организаций, использующих цифровые технологии составила в 2022 году 12,5% при среднем показателе в экономике 16,5%.

Анализ исследований, посвященных вопросам цифровизации корпоративного сектора экономики [7, 8], показал, что наряду с отсутствием инвестиционных ресурсов и кадров необходимой квалификации одной из основных причин сложившейся ситуации является наличие существенных внутриорганизационных цифровых разрывов. Специфика такой ситуации заключается

в том, что фрагментарное освоение программных средств и цифровых технологий не позволяет сформировать цифровую модель функционирования сельскохозяйственной организации, а цифровизация отдельных бизнес-процессов — получить полноценный результат, выражающийся в росте производительности труда за счет цифровой трансформации.

Направление исследования феномена цифровых разрывов является актуальным с момента начала цифровой трансформации отраслей. В качестве понимания цифрового разрыва в данном исследовании используется определение, сформулированное в работе [9].

Цифровой разрыв представляет собой разрыв между отдельными лицами, домохозяйствами, предприятиями и географическими районами на различных социально-экономических уровнях как в отношении возможности использования информационно-коммуникационных технологий, так и в отношении возможности использования сети Интернет для различных видов деятельности.

*Цель исследования* — оценка цифровых разрывов, препятствующих комплексной цифровой трансформации сельскохозяйственных организаций.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

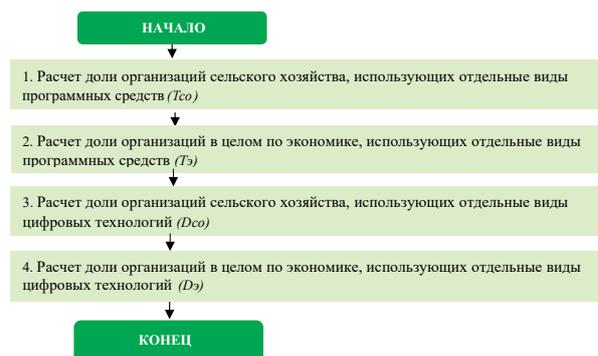
Методология исследования базируется на теоретических подходах и концепциях, обосновывающих преимущества цифровизации отраслей экономики и рассматривающих технологический прогресс в качестве основных факторов роста экономики. Общим методологическим подходом к оценке цифровых разрывов, замедляющих становление цифровой модели сельского хозяйства, является последовательная оценка уровня использования программного обеспечения и цифровых технологий организациями отрасли сельского хозяйства.

Алгоритм оценки цифровых разрывов в отрасли сельского хозяйства представлен на рисунке 1.

Первый этап алгоритма методики оценки цифровых разрывов в отрасли сельского хозяйства предполагает создание информационной базы по использованию организациями программных технологий. Информация содержится в статистическом справочнике «Индикаторы цифровой экономики»<sup>2</sup>, таблица 12.16 «Использование специального программного обеспечения

**Рис. 1.** Алгоритм методики оценки цифровых разрывов в отрасли сельского хозяйства (составлено авторами)

**Fig. 1.** Algorithm of the methodology for assessing digital gaps in the agricultural sector (compiled by the authors)



<sup>1</sup> Годовой отчет RosAgro PLC за 2023 год. <https://www.rusagrogroup.ru/fileadmin/files/reports/ru/pdf/Rusagro-AR23-RUS.pdf>

<sup>2</sup> Индикаторы цифровой экономики. Статистический сборник. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/892389163.pdf>

в бизнес-процессах компании»<sup>2</sup>. Виды программных средств представлены на рисунке 2.

Для расчета показателя доля организаций сельского хозяйства, использующих отдельные виды программных средств ( $T_{CO}$ ), используется формула 1:

$$T_{CO} = \frac{T_{1...n}}{T_o}, \quad (1)$$

где:  $T_{CO}$  — доля организаций сельского хозяйства, использующих отдельные виды программных средств;  $T_{1...n}$  — количество организаций сельского хозяйства, использующих соответствующий вид программных средств;  $T_o$  — общее количество организаций сельского хозяйства;  $n$  — количество видов программных средств

Второй этап алгоритма методики оценки цифровых разрывов в отрасли сельского хозяйства предполагает создание информационной базы по использованию организациями программных технологий в целом по экономике. Информация содержится в статистическом справочнике «Индикаторы цифровой экономики»<sup>2</sup>, таблица 12.16 «Использование специального программного обеспечения в бизнес-процессах компании»<sup>2</sup>. Виды программных средств представлены на рисунке 2.

Для расчета показателя доля организаций в целом по экономике, использующих отдельные виды программных средств ( $T_3$ ), используется формула 2:

$$T_3 = \frac{M_{1...n}}{M_o}, \quad (2)$$

где:  $T_3$  — доля организаций в целом по экономике, использующих отдельные виды программных средств;  $M_{1...n}$  — количество организаций в целом по экономике, использующих соответствующий вид программных средств;  $M_o$  — общее количество организаций в целом по экономике;  $n$  — количество видов программных средств

Третий этап алгоритма методики оценки цифровых разрывов в отрасли сельского хозяйства предполагает создание информационной базы по использованию организациями цифровых технологий. Информация содержится в статистическом справочнике «Индикаторы цифровой экономики»<sup>2</sup>, таблица 13.2 «Использование цифровых технологий в организациях по видам экономической деятельности»<sup>2</sup>.

Виды цифровых технологий представлены на рисунке 3.

Для расчета показателя доля организаций сельского хозяйства, использующих отдельные виды цифровых технологий ( $D_{CO}$ ), используется формула 3:

$$D_{CO} = \frac{R_{1...m}}{T_o}, \quad (3)$$

где:  $D_{CO}$  — доля организаций сельского хозяйства, использующих отдельные виды цифровых технологий;  $R_{1...m}$  — количество организаций сельского хозяйства, использующих соответствующий вид цифровых технологий;  $T_o$  — общее количество организаций сельского хозяйства;  $m$  — количество видов цифровых технологий

**Рис. 2.** Виды программных средств, используемые сельскохозяйственными организациями (составлено авторами)

**Fig. 2.** Types of software used by agricultural organizations (compiled by the authors)

#### Виды программных средств:

- системы электронного документооборота
- справочно-правовые системы
- системы финансовых расчетов в электронном виде
- программные средства обеспечения информационной безопасности
- системы управления закупками
- программные средства доступа к базам данных через глобальные информационные сети
- программные средства для управления продажами
- программные средства для управления складом
- обучающие программы

**Рис. 3.** Виды цифровых технологий (составлено авторами)

**Fig. 3.** Types of digital technologies (compiled by the authors)

#### Виды цифровых технологий:

- облачные сервисы
- технологии сбора обработки и анализа больших данных
- центры обработки данных
- геоинформационные системы
- технологии интернета вещей
- RFID-технологии
- технологии искусственного интеллекта
- технологии "цифровой двойник"

Четвертый этап алгоритма методики оценки цифровых разрывов в отрасли сельского хозяйства предполагает создание информационной базы по использованию организациями цифровых технологий в целом по экономике. Информация содержится в статистическом справочнике «Индикаторы цифровой экономики»<sup>2</sup>, таблица 13.2 «Использование цифровых технологий в организациях по видам экономической деятельности»<sup>2</sup>. Виды цифровых технологий представлены на рисунке 3.

Для расчета показателя доля организаций в целом по экономике, использующих отдельные виды цифровых технологий ( $D_3$ ), используется формула 4:

$$D_3 = \frac{Y_{1...m}}{M_o}, \quad (4)$$

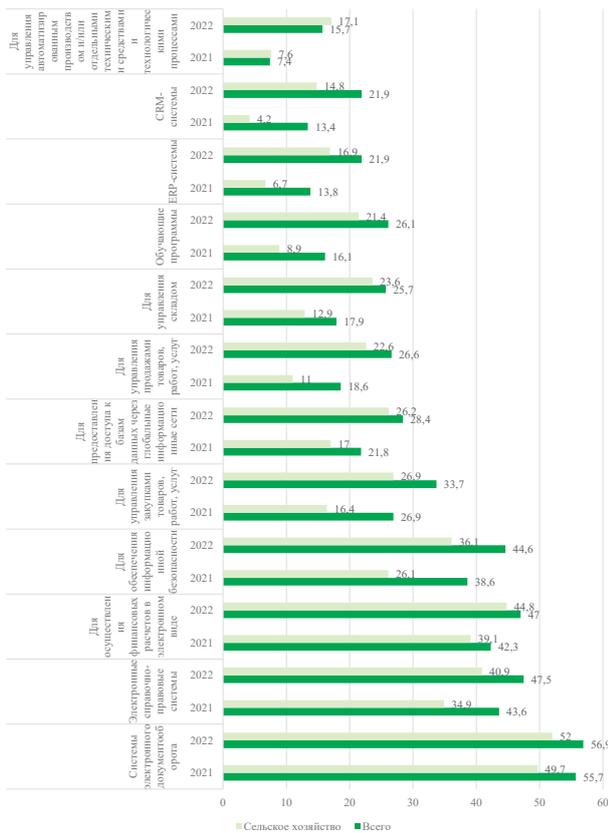
где:  $D_3$  — доля организаций в целом по экономике, использующих отдельные виды цифровых технологий;  $Y_{1...m}$  — количество организаций в целом по экономике, использующих соответствующий вид цифровых технологий;  $M_o$  — общее количество организаций в целом по экономике;  $m$  — количество видов цифровых технологий

Наличие репрезентативных данных в современной системе статистического наблюдения ограничивает возможность проведения этого исследования в соответствии со следующими наблюдаемыми значениями показателей, представленными на рисунках 2, 3. В то же время описание состава и технических характеристик программного обеспечения и цифровых технологий может быть расширено в зависимости от целей исследования.

<sup>2</sup> Индикаторы цифровой экономики. Статистический сборник. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/892389163.pdf>

**Рис. 4.** Доля сельскохозяйственных организаций, использующих программные системы, в 2021–2022 гг.<sup>2</sup>, %

**Fig. 4.** The share of agricultural organizations using software systems, in 2021–2022, %



**Результаты и обсуждение / Results and discussion**

Представим результаты оценки удельной доли организаций, использующих программное обеспечение, по типам в сельскохозяйственном секторе и в экономике в целом (рис. 4).

Как видим, использование программных средств организациями отрасли сельского хозяйства отстает от уровня данного показателя в целом по экономике, за исключением программных средств для управления автоматизированным производством и так далее. Уровень организаций сельского хозяйства, внедривших данные системы, 17,1% от общего числа, в целом по экономике — 15,7%.

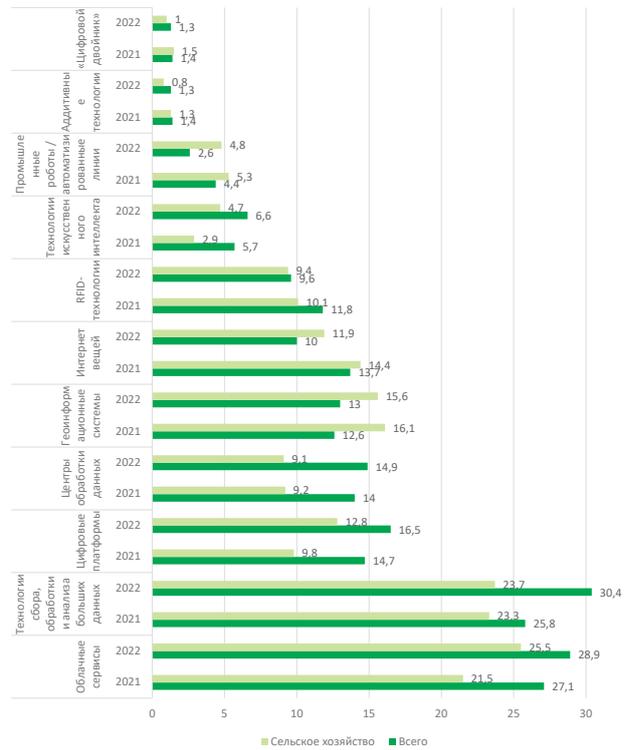
Оценка динамики уровня использования специальных программных средств организациями сельского хозяйства по сравнению с 2022 г. и 2021-м позволяет выявить тенденцию увеличения доли организаций сельского хозяйства, использующих данные программные средства.

Доля сельскохозяйственных организаций, активно использующих отдельные программные системы, имеет значительный разброс. Доля организаций, использующих программные средства, увеличилась по сравнению с 2021 годом, но не превысила аналогичный показатель в среднем по экономике. Наименьший уровень внедрения наблюдается по программным средствам, имеющим комплексный характер и позволяющим сформировать базу для внедрения цифровой модели.

Доля организаций, использующих ERP-системы, составляет 16,9%, CRM-системы — 14,8%, а доля организаций, использующих программное обеспечение для управления производством, — 17,1%.

**Рис. 5.** Доля сельскохозяйственных организаций, использующих цифровые технологии, в 2021–2022 гг. (составлено авторами на основании данных)<sup>2</sup>, %

**Fig. 5.** The share of agricultural organizations using digital technologies, in 2021–2022 (compiled by the authors based on the data), %



Далее приведены данные о результатах оценки доли организаций, использующих отдельные типы цифровых технологий, в сельскохозяйственном секторе и экономике в целом (рис. 5).

Как видим, внедрение цифровых технологий организациями сельского хозяйства преимущественно отстает от уровня данного показателя в целом по экономике. Исключением является внедрение геоинформационных систем. Уровень организаций сельского хозяйства, внедривших данные системы, 15,6% от общего числа, в целом по экономике — 13%, и технологии промышленной роботизации и внедрения производственных линий, уровень организаций сельского хозяйства, внедривших данные системы, 4,8% от общего числа, в целом по экономике — 2,6%.

Оценка динамики уровня внедрения цифровых технологий организациями сельского хозяйства по сравнению с 2022 г. и 2021-м позволяет выявить разнонаправленную динамику. Произошел рост доли организаций сельского хозяйства, внедривших технологии сбора, обработки и анализа больших данных, облачные сервисы, цифровые платформы, технологии искусственного интеллекта. По остальным видам цифровых технологий показатель «доля сельскохозяйственных организаций, использующих цифровые технологии» в 2022 году снизился по сравнению с 2021-м.

Причины — рост санкционного давления и ограничение доступа к продуктам мировых лидеров разработки цифровых продуктов для сельского хозяйства. Анализ равномерности использования цифровых технологий сельскохозяйственными организациями показал, что между наиболее распространенными видами

<sup>2</sup> Индикаторы цифровой экономики. Статистический сборник. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/892389163.pdf>

используемых технологий «Облачные сервисы», со значением показателя «доля сельскохозяйственных организаций, использующих цифровые технологии» 25,5%, и наименее распространенным видом используемых технологий «Цифровой двойник», со значением показателя «доля сельскохозяйственных организаций, использующих цифровые технологии» 1% есть существенное различие.

Можно констатировать, что сельскохозяйственные организации не используют комплексы цифровых технологий, что приводит к невозможности формирования цифровой модели сельского хозяйства, поскольку возникает разрыв между системами, автоматически собирающими информацию о состоянии растений и животных, и системами роботизированного оборудования, а также системами автоматической коррекции на основе технологий искусственного интеллекта.

Полученные результаты подтверждают гипотезу исследования о необходимости комплексного внедрения программного обеспечения и цифровых технологий для формирования цифровой модели сельского хозяйства. Для решения этой проблемы необходимо активизировать развитие отечественных информационных и цифровых технологий и внедрение программ финансирования.

Примером функционирования цифровой модели сельского хозяйства являются системы, работающие на основе технологий искусственного интеллекта [10, 11].

Базой для функционирования данной технологии является обеспечение доступа к широкополосному интернету для большого количества датчиков и сопутствующих устройств. Применение технологий сбора, обработки и аналитики больших данных позволяет обеспечить бесперебойное функционирование беспилотных машин при производстве сельскохозяйственной продукции, что в свою очередь приводит к повышению производительности и прибыльности сельскохозяйственных производств.

Цифровизация сельского хозяйства позволяет обеспечить высокую точность прогнозирования на основе анализа данных, касающихся таких сложных параметров, как погодные условия, сезонность, территориальные особенности сельскохозяйственных угодий, потребность и количество в минеральных и витаминных подкормках, необходимость дополнительной обработки земель от вредителей и болезней

в растениеводстве, потребность в медикаментах в животноводстве.

Разработка системы цифровой модели сельского хозяйства по-прежнему является конкурентным преимуществом для крупных организаций, поскольку эффективная работа в этом направлении требует дополнительных финансовых, управленческих и человеческих ресурсов.

В целом разработка цифровой модели сельского хозяйства необходима для создания устойчивости экономики Российской Федерации и обеспечения стабильного производства сельскохозяйственной продукции.

Формирование алгоритмов принятия решений при определении направлений цифровой трансформации позволяет обеспечить естественный рост эффективности всей цепочки производства и дистрибуции с учетом тенденций технологичности и импортозамещения.

### Выводы/Conclusions

В результате проведенного исследования можно сделать выводы.

Во-первых, наблюдается постепенное увеличение доли организаций сельского хозяйства, использующих специализированные программные средства и такие цифровые технологии, как технологии сбора, обработки и анализа больших данных, облачные сервисы, цифровые платформы, технологии искусственного интеллекта.

Во-вторых, внедрение специализированных программных средств и цифровых технологий организациями сельского хозяйства отстает от данного показателя в целом по экономике. Исключением являются программные средства для управления автоматизированным производством, геоинформационные системы и технологии промышленной роботизации и внедрения производственных линий.

В-третьих, как в случае с оценкой равномерности использования программных средств, так и в случае с оценкой равномерности использования цифровых технологий можно констатировать низкую однородность показателей доли сельскохозяйственных организаций, использующих данные технологии, что свидетельствует о наличии существенных цифровых разрывов и невозможности массового внедрения цифровой модели сельского хозяйства.

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

- Астахова Т.Н., Колбанев М.О., Романова А.А., Шамин А.А. Модель цифрового сельского хозяйства. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019; 7(12): 63–69. <https://elibrary.ru/dsiwvi>
- Ториков В.Е., Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Дорных Г.Е. Состояние цифровой трансформации сельского хозяйства. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; 9: 6–13. <https://elibrary.ru/conngk>
- Банников С.А., Гарбузова Т.Г., Лосев А.Н. Цифровая зрелость сельского хозяйства: результаты исследований и методика оценки. *Вестник НГИЭИ*. 2023; 10: 67–77. <https://elibrary.ru/ghmgmg>
- Оборин М.С. Цифровые инновационные технологии в сельском хозяйстве. *Аграрный вестник Урала*. 2022; 5: 82–92. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92>
- Усенко Л.Н., Холодов О.А. Цифровая трансформация сельского хозяйства. *Учет и статистика*. 2019; 1: 87–102. <https://elibrary.ru/tchbiv>

### REFERENCES

- Astakhova T.N., Kolbanev M.O., Romanova A.A., Shamin A.A. Model of digital agriculture. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019; 7(12): 63–69 (in Russian). <https://elibrary.ru/dsiwvi>
- Torikov V.E., Pogonyshchev V.A., Pogonyshcheva D.A., Dornych G.E. State of digital transformation of agriculture. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2020; 9: 6–13 (in Russian). <https://elibrary.ru/conngk>
- Bannikov S.A., Garbuzova T.G., Losev A.N. Digital maturity of agriculture: research results and assessment methodology. *Bulletin NGIEI*. 2023; 10: 67–77 (in Russian). <https://elibrary.ru/ghmgmg>
- Oborin M.S. Digital innovative technologies in agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 5: 82–92 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-220-05-82-92>
- Usenko L.N., Kholodov O.A. Digital transformation of agriculture. *Accounting and statistics*. 2019; 1: 87–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/tchbiv>

6. Курдюмов А.В., Королев А.В. Внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве. *Московский экономический журнал*. 2020; 12: 369–383. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10867>
7. Добринская Д.Е., Мартыненко Т.С. Перспективы российского информационного общества: уровни цифрового разрыва. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология*. 2019; 19(1): 108–120. <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2019-19-1-108-120>
8. Robinson L. *et al.* Digital inequalities and why they matter. *Information, Communication & Society*. 2015; 18(5): 569–582. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2015.1012532>
9. OECD. Understanding the Digital Divide. OECD Digital Economy Papers No. 49. Paris: *OECD Publications*. 2001; 32. <https://doi.org/10.1787/236405667766>
10. Жолобова А.И., Ергунова О.Т. Использование цифровых двойников в сельском хозяйстве. *Вопросы отраслевой экономики*. 2023; 2: 31–39. <https://elibrary.ru/egsrbx>
11. Abbasi R., Martinez P., Ahmad R. The digitization of agricultural industry — a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*. 2022; 2: 100042. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>

**ОБ АВТОРАХ****Андрей Евгеньевич Плахин**

доцент кафедры менеджмента и предпринимательства,  
доктор экономических наук  
apla@usue.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1379-0497>

**Екатерина Сергеевна Огородникова**

доцент кафедры менеджмента и предпринимательства,  
кандидат экономических наук  
ogoro@usue.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8299-6934>

**Константин Викторович Ростовцев**

доцент кафедры менеджмента и предпринимательства,  
кандидат экономических наук  
rostovtsev@isnet.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7958-195X>

Уральский государственный экономический университет,  
ул. 8 Марта / Народной воли, 62/45, Екатеринбург, 620144,  
Россия

6. Kurdyumov A.V., Korolev A.V. Introduction of digital technologies in agriculture. *Moscow Economic Journal*. 2020; 12: 369–383 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10867>
7. Dobrinskaya D.E., Martynenko T.S. Perspectives of the Russian information society: Digital divide levels. *RUDN Journal of Sociology*. 2019; 19(1): 108–120 (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2019-19-1-108-120>
8. Robinson L. *et al.* Digital inequalities and why they matter. *Information, Communication & Society*. 2015; 18(5): 569–582. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2015.1012532>
9. OECD. Understanding the Digital Divide. OECD Digital Economy Papers No. 49. Paris: *OECD Publications*. 2001; 32. <https://doi.org/10.1787/236405667766>
10. Zholobova A.I., Ergunova O.T. The usage of digital twins in agriculture. *Questions of Industrial Economics*. 2023; 2: 31–39 (in Russian). <https://elibrary.ru/egsrbx>
11. Abbasi R., Martinez P., Ahmad R. The digitization of agricultural industry — a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*. 2022; 2: 100042. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>

**ABOUT THE AUTHORS****Andrey Evgenievich Plakhin**

Associate Professor of the Department of Management  
and Entrepreneurship, Doctor of Economics  
apla@usue.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1379-0497>

**Ekaterina Sergeevna Ogorodnikova**

Associate Professor of the Department of Management  
and Entrepreneurship, Candidate of Economic Sciences  
ogoro@usue.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8299-6934>

**Konstantin Viktorovich Rostovtsev**

Associate Professor of the Department of Management  
and Entrepreneurship, Candidate of Economic Sciences  
rostovtsev@isnet.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7958-195X>

Ural State University of Economics,  
62/45 8<sup>th</sup> Marta Str. / Narodnaya Volya Str., Yekaterinburg, 620144,  
Russia

## СЛОВО — МОЛОДЫМ



Лидер российского рынка ветеринарной фармацевтики Группа компаний ВИК и Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина провели среди студентов академии конкурс на подготовку и написание научно-образовательной статьи по препаратам ГК ВИК.

Конкурс позволил учащимся проявить свои аналитические способности, обогатить образовательный и научный опыт, получить ценные навыки в научной области.

ГК ВИК долгое время работает с новыми кадрами и поддерживает развитие молодых научных талантов. Ведь именно студенты являются будущим нашей

интеллектуальной элиты, и их вклад в развитие науки и технологий невероятно важен. Конкурс стал для них возможностью раскрыть свой потенциал в научной сфере и дал необходимый толчок к непрерывному развитию.

4 работы победителей конкурса в номинации «Крупный рогатый скот» мы публикуем в этом номере «Аграрной науки».

## МАСТИТ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

**Левицкая В.Д.**, студентка 5-го курса ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина»

**Мурадян Ж. Ю.**, научный руководитель, доцент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина», канд. биол. наук

**Мастит — воспалительная реакция молочной железы, обычно вызываемая микробной инфекцией. Признан самым дорогостоящим заболеванием молочного скота.**

### Актуальность

Несмотря на строительство новых современных комплексов, модернизацию старых животноводческих объектов, ввод в эксплуатацию молочных залов с современными компьютерными установками среди множества заболеваний молочного скота, мастит является главным удерживающим фактором увеличения продуктивности коров. Данная патология наносит значительный экономический ущерб и до настоящего времени остается одной из актуальных проблем молочного скотоводства. В среднем от 15 до 30% коров в стаде ежегодно переболевает различными формами мастита [1–7].

В результате заболевания коров маститом происходит изменение состава и свойств молока, в результате чего неизбежно снижается его биологическая, пищевая и энергетическая ценность. В связи с этим важнейшие задачи ветеринарного врача — не только своевременная постановка диагноза и лечение, но и комплексная профилактика маститов.

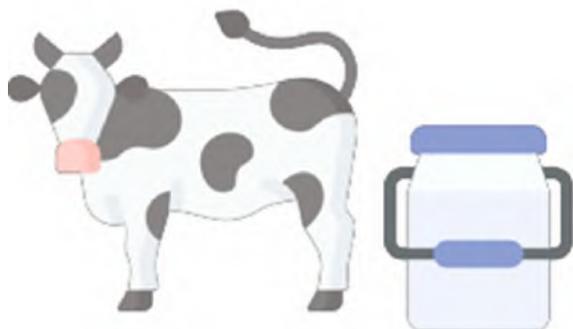


### Клиническая картина

**Диагноз состояния вымени ставят по клиническим признакам или, когда они слабо выражены, путем сочетанного клинического и лабораторного исследования**

По проявлению болезни различают 2 формы — скрытая (субклиническая) и клинически выраженная. Поскольку при субклиническом мастите молоко пораженной доли по органолептическим признакам не отличается от секрета здоровой доли, такая форма считается наиболее опасной [15, 16].

Субклинический мастит представляет собой очаговое заболевание молочной железы, когда образуются очаги воспаления величиной с грецкий орех. Заболевание протекает длительно, без явно выраженных клинических признаков. В пораженных долях вымени снижается молокообразование и изменяется качественный состав молока. Субклинический мастит встречается у коров в 4–5 раз чаще, чем клинические формы [16].



**Клинические признаки**

По клиническим признакам, отражающим воспалительный процесс, выделяют следующие маститы: серозный (характеризуется гиперемией, большим выпотом серозного экссудата и эмиграцией лейкоцитов преимущественно в междольковую ткань), катаральный (перерождением железистого и покровного эпителия, его отторжением, а также выпотеванием экссудата и миграцией лейкоцитов, преимущественно, на поверхность слизистой оболочки цистерны и молочных ходов), фибринозный, гнойный (гнойно-катаральный, абсцесс вымени, флегмона вымени), геморрагический, специфический (туберкулез, ящур, актиномикоз). По течению маститы подразделяются на острый (до 10 дней), подострый (до 3 недель), хронический (свыше 1-го месяца) [15].

**Возбудители**

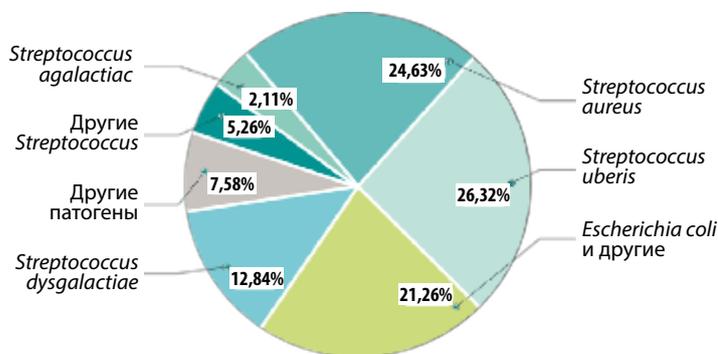
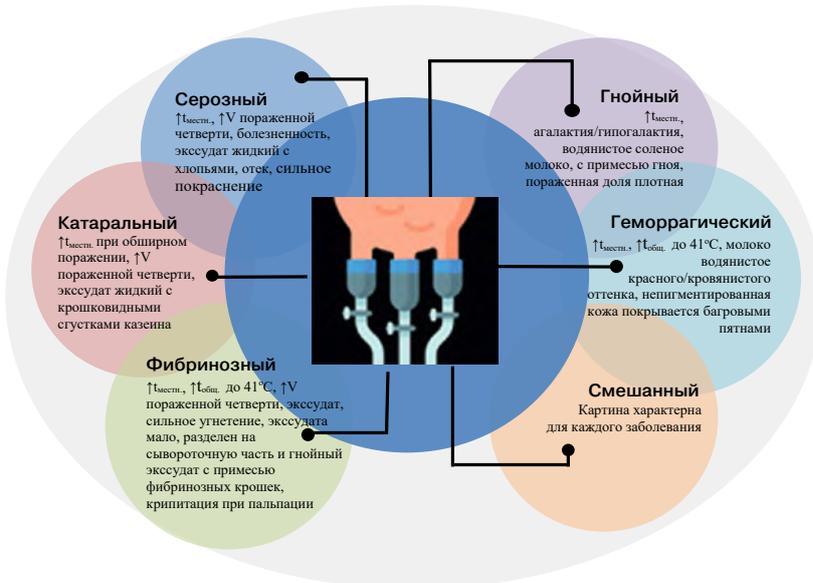
**Этиологические агенты включают различные грамположительные и грамотрицательные бактерии и могут быть как инфекционными (например, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Mycoplasma spp.*), так и экологическими (например, *E.coli*, *Enterococcus spp.*, *Streptococcus uberis*).**

**Механизм и пути передачи**

Одна из основных причин болезни — проникновение микроорганизмов непосредственно в цистерну молочной железы через сосковый канал (галактогенный путь), раны молочной железы и сосков (лимфогенный путь) и реже через кровь (гематогенный путь) при акушерско-гинекологических заболеваниях (задержании последа, эндометритах) [8, 12, 13, 17].

Повреждению эпителиальной ткани способствуют как бактериальные факторы, так и иммунные реакции хозяина. При инфицировании молочных желез первоначально повреждение тканей может быть вызвано бактериями и их продуктами. Некоторые бактерии производят токсины, которые разрушают клеточные мембраны и повреждают ткани, вырабатывающие молоко, тогда как другие бактерии способны проникать и размножаться в эпителиальных клетках молочной железы крупного рогатого скота, прежде чем вызвать их гибель. Кроме того, для мастита характерен приток соматических клеток, прежде всего полиморфно-ядерных нейтрофилов, в молочную железу. По мере того как большее количество иммунных клеток мигрирует в молочную железу и разрушается барьер между кровью и молоком, повреждение эпителия молочной железы ухудшается. Хорошо известно, что разрушение внеклеточного матрикса может привести к гибели эпителиальных клеток. Между тем полиморфно-ядерные нейтрофилы могут нанести вред ткани молочной железы, высвобождая промежуточные активные соединения кислорода и протеолитические ферменты [8, 10].

**Клинические признаки, отражающие воспалительный процесс**



**Воспаление молочной железы происходит под воздействием:**

**механических** (макротравмы вымени и сосков (раны, ушибы, трещины кожи) и микротравмы, возникновение которых обусловлено несовершенством доильной техники, ее неисправностью и др.)

**физических** (действие низких и высоких температур: охлаждение, заморозка, ожог, повышенная влажность в помещениях при отсутствии подстилочного материала на выгульных площадках)

**химических** (входят раздражающие вещества, действующие на ткани вымени (щелочи, кислоты, соли, фитостероиды токсические вещества)

**биологических** (микроорганизмы, возбудители специфических инфекций: туберкулез, бруцеллез, ящур, актиномикоз, оспа) факторов



**Предрасполагающими факторами воспаления молочной железы служат наследственность, неравномерность развития долей вымени, болезни кожи вымени, высокая продуктивность, способствуют возникновению и нарушения технологий содержания, кормления, доения. Особая опасность из числа всех способствующих факторов принадлежит нарушению технологии машинного доения [8, 13].**

**Факторы негативного воздействия**

На возникновение воспаления молочной железы коровы могут оказывать влияние факторы генетической и паратипической природы (зоотехнические, гигиенические, стрессовые, кормовые, технологические). На проявление заболевания влияют различные нарушения работы желудочно-кишечного тракта, связанные с изменениями типа кормления животных, резкой сменой кормления, а также скармливанием корма плохого качества (мерзлого, затхлого и заплесневелого) или приемом холодной воды [1, 2, 7, 11].

Возникновение мастита у коров может быть обусловлено ошибками операторов машинного доения, нарушением технологии машинного доения при неправильной ее организации, некачественной и несовершенной доильной техникой, недостаточным уровнем зоогигиены в хозяйстве. В связи с вышеуказанными причинами резко снижаются количество и качество производимой продукции [15, 17].

Известно, что на заболеваемость коров маститом оказывают влияние и условия внешней среды или паратипические факторы: температура окружающей среды, относительная влажность воздуха, особенно количество выпавших атмосферных осадков.

Повышение количества осадков приводит, как правило, к ухудшению зооигиенических условий содержания животных. Увеличение осадков снижает общую резистентность организма животного и уменьшает сопротивляемость организма болезнетворным агентам, в том числе и в отдельных органах (например, в

молочной железе). Это и обуславливает увеличение количества больных маститом коров в дождливые сезоны года, чаще в переходный период времени — весной и осенью [2, 7, 8].

**Профилактика мастита**

Эффективное решение проблемы мастита возможно только при комбинированном использовании ветеринарно-санитарных, организационно-хозяйственных и зоотехнических мероприятий. Для предотвращения возникновения маститов необходимо проводить следующие действия [11, 14]:

- 1) правильную организацию молочно-товарных ферм и окружающей территории, а также оснащение их необходимым оборудованием;
- 2) составление сбалансированного рациона кормления и поения, полностью обеспечивающего потребности животного в питательных веществах, микро- и макроэлементах;
- 3) своевременную подготовку и периодическое повышение квалификации и профессионализма дояров и работников животноводческой отрасли;
- 4) применение иммуностимуляторов;
- 5) вакцинацию.

Противомаститные антибактериальные препараты	Действующее вещество	Механизм действия	Способ введения	Спектр антимикробного действия
Энрофлон гель	энрофлоксацин и кетопрофен	нарушение синтеза ДНК, роста и размножения + подавление синтеза простагландинов и тромбосана путем нарушения метаболизма арахидоновой кислоты	интрацестернально	большинство грамположительных и грамотрицательных
Лактико профи	клоксациллин	блокада синтеза клеточной стенки микроорганизмов		высокая активность в отношении стрептококков, стафилококков (в том числе штаммов, резистентных к пенициллину) и коринебактерий
Маммилакти профи	клоксациллин и ампициллин	блокада синтеза клеточной стенки микроорганизмов		большинство грамположительных и грамотрицательных, включая штаммы, резистентность которых к пенициллину обусловлена β-лактамазой



### Лечение мастита

Основная стратегия лечения мастита заключается в использовании антибиотиков, таких как пенициллин, ампициллин, тетрациклин, гентамицин. Результат терапии зависит от срока ее начала, вида и качества лекарственного препарата [13, 14, 18, 19, 21].

Один из крупнейших производителей ветеринарной фармацевтики России — компания «ВИК» — относительно недавно представила два новых средства от мастита у коров — «Энрофлон гель» и «Лактико профи».

Хотя использование антибиотиков остается основной стратегией лечения, но его эффективность ограничена, не говоря уже о том, что развитие устойчивых к антибиотикам штаммов возбудителя стало критической проблемой в лечении антибиотиками. Кроме того, растущая обеспокоенность устойчивостью к антибиотикам в вопросах общественного здравоохранения подталкивает молочную промышленность к сокращению использования противомикробных препаратов. Следовательно, необходимо вести поиски новых, альтернативных методов борьбы с маститами коров [12, 14, 19, 20, 22, 23].

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ схем лечения мастита у сухостойных коров / Н.П. Зуев, К.В. Литвинов, Н.С. Тучков и др. // Вестник Вятского ГАУ. 2023; 3(17): 6. EDN CGBVIC
2. Балдина И.В. Субклинический мастит коров / И.В. Балдина // Молодежь и наука. 2022; 5. EDN CPAFPM
3. Гнездилова Л.А., Позябин С.В. Основные требования к ведению органического животноводства и получению органической продукции // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2020; 1: 86–90.
4. Гребенкин Д.А. Мастит под контролем / Д.А. Гребенкин // Ветеринария. 2015; 4: 27.
5. Загороднев Ю.П. Влияние факторов среды на заболеваемость коров маститом / Ю.П. Загороднев, Н.П. Смагин, Л.К. Попов // Наука и образование. 2020; 3(1): 76. EDN JZMNTZ
6. Изучение видового состава микроорганизмов и их чувствительность к антибактериальным препаратам при маститах у коров / П.А. Красочко, М.А. Понаськов, Е.А. Балуш, Е.Ю. Дударева // Актуальные проблемы инфекционной патологии животных и пути их решения: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Дню белорусской науки и 95-летию кафедры эпизоотологии и инфекционных болезней, Витебск, 15–16 декабря 2022 года. Витебск: Учреждение образования «Витебская ордена "Знак Почёта" государственная академия ветеринарной медицины». 2023; 67–69. EDN YRZAIN
7. Инфекционный фактор в этиологии мастита у высокопродуктивных лактирующих коров / А.В. Филатова, Б.М. Тшивале, С.В. Федотов и др. // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена "Знак почета" государственная академия ветеринарной медицины». 2022; 58(4): 86–91. DOI: 10.52368/2078-0109-2022-58-4-86-91, EDN RBUKFW
8. Кононенко К.Н. Лечебно-профилактические мероприятия при маститах коров / К.Н. Кононенко // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. 2021; 1: 39–42. EDN UMCDFK
9. Ларионов Г.А. Сравнительный анализ применения средств для обработки вымени в профилактике маститов и повышении качества молока коров / Г.А. Ларионов, Е.С. Ятрушева, О.Ю. Чеченешкина // Аграрный вестник Урала. 2021; 7(210): 66–74. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-210-07-66-74, EDN GQTGAM
10. Лузова А.В. Перспективные методы профилактики и терапии мастита коров / А.В. Лузова, В.Г. Семенов // АПК России. 2022; 29(2): 204–210. DOI: 10.55934/2587-8824-2022-29-2-204-210, EDN XJXDDW
11. Назаров М.В. Особенности диагностики, лечения и профилактики субклинического мастита у коров в период запуска и сухостоя / М.В. Назаров, Б.В. Гаврилов, Е.В. Попович // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022; 6(98): 170–174. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-170-174, EDN JIATAM
12. Сидорова С.Н. Современный взгляд на проблему мастита у коров / С.Н. Сидорова, А.Г. Ульянов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 23–27 марта 2020 года. Ч. III. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I. 2020; 104–107. EDN FOWWOR
13. Специфические средства профилактики маститов у коров, используемые в Российской Федерации / Г.Н. Спиридонов, А.Ф. Махмутов, Л.Ш. Дуплева и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023; 254(2): 251–256. DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_2\_254\_251, EDN YBJQKW
14. Яхаев И.М., Федотов С.В., Белозерцева Н.С. Гинеколого-маммологическая диспансеризация лактирующих коров // Ветеринария. 2020; 6: 33–38.
15. Cheng W.N., Han S.G. Bovine mastitis: risk factor, therapeutic strategies, and alternative treatments — A review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2020 Nov; 33(11): 1699–1713. DOI:10.5713/ajas.20.0156, Epub 2020 May 12, PMID: 32777908; PMCID: PMC 7649072.
16. Fedotov S.V., Avdeenko V.S., Belozhercheva N.S., Yahaev I.M. The qualitative composition of milk from cow.
17. Hossain M.K. et al. Bovine mastitis and its therapeutic strategy doing antibiotic sensitivity test // *Austin J. Vet. Sci Anim. Husb.* 2017; 4(1):1030.
18. Suriyasathaporn W. et al. Increases of antibiotic resistance in excessive use of antibiotics in smallholder dairy farms in northern Thailand // *Asian-Australasian journal of animal sciences.* 2012; 25(9): 1322.
19. Yang W.T. et al. Effective treatment of bovine mastitis with intramammary infusion of *Angelica dahurica* and *Rheum officinale* extracts// *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2019; 2019.
20. Zhao X., Lacasse P. Mammary tissue damage during bovine mastitis: causes and control. *J. Anim. Sci.* 2008 Mar; 86(13 Suppl): 57–65. DOI: 10.2527/jas.2007-0302, Epub 2007 Sep 4, PMID: 17785603.

# ЗАБОЛЕВАНИЯ КОПЫТЕЦ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Геворкян Л.В., студент ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина»

Инапшба К.Т., научный руководитель, ассистент кафедры ветеринарной хирургии ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина»

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, болезни копытец, ламинит, язва, профилактика, лечение

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются различные патологии копытец у крупного рогатого скота, способы их диагностики и методы лечения. Болезни копытец являются одной из самых распространенных проблем у крупного рогатого скота. Данная патология наносит серьезный ущерб производству и требует внимательного вмешательства со стороны фермеров и ветеринаров. Недостаточный уход за копытцами, травмы, высокая влажность и концентрация аммиака в воздухе, сырость полов, адинамия, несбалансированное кормление, неправильное содержание животных, нарушение обмена веществ и снижение резистентности организма — все эти факторы способствуют развитию болезней копыт.

## Введение

Данная патология наносит серьезный ущерб производству и требует внимательного вмешательства со стороны фермеров и ветеринаров (В.Н. Байматов, В.М. Мешков, А.П. Жуков, В.А. Ермолаев. 2009). Патологии конечностей крупного рогатого скота чаще всего выявляются несвоевременно, с опозданием. Основным клиническим критерием для постановки первичного диагноза, как правило, служит нарушение шага большой конечности животного, что приводит к развитию хромоты. Основные причины проявления хромоты у коров — болезненность в области копытец (95%) и нарушение постановки конечности на грунт (В.А. Ермолаев, Е.М. Марьин, В.В. Идогов, Ю.В. Савельева. 2010). Первые признаки патологий копытец могут появиться за 30 суток, до того как животное начинает хромать. В среднем заболевания копытец диагностируют от 18 до 87% крупного рогатого скота, в то время как при профилактическом осмотре поражения конечностей обнаруживаются у 77%. Запоздалая постановка диагноза приводит к страданию животных и снижению их продуктивности (Е.М. Марьин, В.А. Ермолаев, О.Н. Марьина, И.С. Раксина. 2012).

## Основная часть

У крупного рогатого скота патологии копытец могут иметь инфекционную и неинфекционную природу. К неинфекционным патологиям относятся ушибы копытец, раны, ламиниты, переломы и т. д. (G.P. Yadav, V. Sangwan, A. Kumar. 2019). В то же время в продуктивном животноводстве широко распространены такие инфекционные

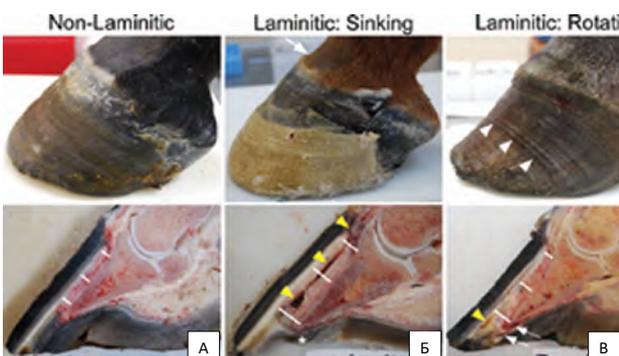
заболевания конечностей, как пододерматиты, язвы и некрозы подошвы и стенки копытец, флегмоны венчика.

Пододерматиты представляют собой воспалительные процессы кожи, которые обычно возникают у основания копыта. Они могут появиться вследствие травм, ранений или использования некачественных полов в стойлах. Лечение пододерматитов включает несколько этапов (Е.М. Марьин, В.А. Ермолаев, О.Н. Марьина, И.С. Раксина. 2012). В первую очередь проводятся обрезка и расчистка копыта с одновременным удалением всех некротизированных тканей. Затем воспалительный очаг обезболивается, на него наносится медный купорос или раствор новокаина с антибиотиком. Кожу с воспалением обрабатывают мазью Вишневского или стрептоцидовой. Для фиксации повязки используют бинты-повязки, такие как Certoplast или Kromberg, или специальные бандажы, например Bovivet.

Ламинит представляет собой воспаление стенки копыта и часто возникает на фоне прогрессирующего пододерматита (Е.М. Марьин, В.А. Ермолаев. 2011). Причинами развития ламинитов могут быть травмы или нарушения обмена веществ у животных. Лечение ламинита включает в себя несколько этапов (рис. 1).

Сначала необходимо обеспечить животному чистую подстилку, витаминизированный корм и улучшенные условия содержания (P. Medina-González, K. Moreno, M. Gómez. 2022). Регулярно подрезать роговой слой и обеспечить обработку антисептиком, таким как «Тар спрей» или «Хуф Гидро Клин». Кроме того, применяются препараты хлористого кальция, антигистаминные и противовоспалительные средства (рис. 2).

**Рис. 1.** Клиническая и патологоанатомическая картина проявления ламинита: А — здоровое копыто; Б — развитие ламинита, отделение листочкового слоя от тканей; В — хронический ламинит, приведший к вентральной торсии (смещению вниз) копытцевой кости



**Рис. 2.** Средства для санации копытного рога животных: А — «Тар спрей»; Б — «Хуф Гидро Клин»



**Рис. 3.** Внешний вид язвы Марторелла после ее очищения

Язвы являются еще одним распространенным заболеванием конечностей у животных (М.В. Маслов. 2010). Существуют две разновидности язв — Марторелла и Рустергольца. Оба типа отличаются местом локализации, но лечение этих язв схоже с терапией пододерматита. Язва Марторелла появляется в области 2–3-го пальца, а язва Рустергольца возникает на границе задней трети копыта в месте развития дефекта пододерматита (рис. 3) (A.D. Thomas, K. Orsel, E.A. Pajor. 2022).

Некробактериоз (копытцевая гниль) является инфекционным заболеванием животных, вызываемым анаэробной бактерией *Fusobacterium necrophorum*. Чаще всего поражены именно копыта (рис. 4). Для лечения некробактериоза применяются следующие методы (Д.А. Хузин, А.В. Иванов, Х.Н. Макаев, Д.А. Латфуллин. 2011):

- химическая обработка пораженных участков с удалением некротической ткани;
- промывание ран перекисью водорода, раствором фурацилина или другими антисептическими растворами;
- использование антисептических препаратов и нанесение специальных мазей, например левомицетиновой, ампицилиновой и т. д.

Важные профилактические меры включают в себя хорошо сбалансированную программу минерального питания и минимизацию механических воздействий производственных факторов, которые могут вызвать повреждения кожи или копытцевого рога (S.L. Berry. 2002). Исход заболевания зачастую бывает благоприятным, если патология диагностируется и лечится своевременно после проявления первой симптоматики или до ее развития во время проведения ортопедических осмотров, мероприятий по обрезке и расчистке копытец у поголовья.

**Рис. 4.** Клиническая картина некробактериоза межпальцевой щели коровы

#### Вывод

Для предотвращения и лечения болезней копыт необходимо принимать комплекс профилактических мер. Регулярная расчистка и обрезка, а также дезинфекция в ножных ваннах копытец с помощью специального оборудования (копытные клещи, ножи и ванны), правильное кормление и поддержание чистоты в загонах и стойлах — всё это важные аспекты ухода за копытами (S.T. Heather. 2018). Необходимо обеспечить и хорошую вентиляцию в помещениях, чтобы снизить влажность и концентрацию аммиака в воздухе.

Кроме того, ветеринарный контроль и периодическая дезинфекция помещений помогут предотвратить распространение инфекций и заболеваний (S.T. Heather. 2018).

Инвестиции в правильный уход за копытами помогут улучшить производственную эффективность и снизить экономические потери, связанные с этими заболеваниями (S.L. Potterton, N.J. Bell, H.R. Why *et al.* 2012).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байматов В.Н. Ветеринарный клинический лексикон / В.Н. Байматов, В.М. Мешков, А.П. Жуков, В.А. Ермолаев. М.: Колос. 2009; 327.
2. Ермолаев В.А. Болезни копытец у коров / В.А. Ермолаев, Е.М. Марьин, В.В. Идогов, Ю.В. Савельева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2010; 203: 113–117.
3. Марьин Е.М. Характеристика ортопедической патологии у крупного рогатого скота / Е.М. Марьин, В.А. Ермолаев, О.Н. Марьина, И.С. Ракина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012; 4(20): 66–69.
4. Марьин Е.М. Болезни копытец у коров различных пород / Е.М. Марьин, В.А. Ермолаев // Известия ОГАУ. 2011; 2(30): 104–105.
5. Маслов М.В. Профилактические и лечебные мероприятия при болезнях копытец у коров / М.В. Маслов // Ветеринария Кубани. 2010; 2: 11–13.
6. Хузин Д.А. Опыт оздоровления крупного рогатого скота от заболеваний копытец / Д.А. Хузин, А.В. Иванов, Х.Н. Макаев, Д.А. Латфуллин // Ветеринария. 2011; 11: 20–22.
7. Berry S.L. The Three Phases of Bovine Laminitis / S.L. Berry. Hoof Trimmers Association, Inc. Newsletter. March, 2002.
8. Heather S.T. Hoof health: Dealing with foot problems in beef cattle / S.T. Heather // Progressive Cattle. July 24, 2018. Access mode: <https://www.agproud.com/articles/51703-hoof-health-dealing-with-foot-problems-in-beef-cattle>
9. Medina-González P. Why Is the Grass the Best Surface to Prevent Lameness? Integrative Analysis of Functional Ranges as a Key for Dairy Cows' Welfare / P. Medina-González, K. Moreno, M. Gómez // Animals (Basel). 2022; 12(4): 496.
10. Potterton S.L. A descriptive review of the peer and non-peer reviewed literature on the treatment and prevention of foot lameness in cattle published between 2000 and 2011 / S.L. Potterton, N.J. Bell, H.R. Why, E.A. Berry, O.C. Atkinson, R.S. Dean, D.C. Main, J.N. Huxley // Vet J. 2012; 193: 3: 612–616.
11. Shearer J.K. Functional and corrective claw trimming / J.K. Shearer, S.R. van Amstel // The Veterinary clinics of North America. Food animal practice. 2021; 17(1): 53–72.
12. Thomas A.D. Impact of digital dermatitis on locomotion and gait traits of beef cattle / A.D. Thomas, K. Orsel, E.A. Pajor // Journal of animal science. 2022; 100(10): 262.
13. Yadav G.P. Comparative occurrence pattern of fractures in cattle and buffaloes / G.P. Yadav, V. Sangwan, A. Kumar // VetWorld. 2019; 12: 7: 1154–1159.

# СТРОНГИЛЯТОЗЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

**Кириллова О.Д.**, студентка 5-го курса, направление «Паразитология и инвазионные болезни животных», ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина».

**Цепилова И.И.**, научный руководитель, доцент кафедры паразитологии, канд. ветеринар. наук ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина»

## Введение

Стронгилятозы желудочно-кишечного тракта — повсеместно распространенная инвазия сельскохозяйственных животных, причиняющая большой вред организму хозяина, наносящая существенный экономический урон сельскому хозяйству [14].

В России болезнь регистрируют повсеместно, особенно она распространена на территории Нижнего Поволжья, Нечерноземья, Дальнего Востока, Южного Урала, Сибири, Черноземья и т. д. Экстенсивность инвазии (ЭИ) в ряде регионов довольно высокая (10–100%) при интенсивности инвазии (ИИ) 1–45000 экз/гол [9].

Стронгиляты паразитируют у животных круглогодично. Наиболее подвержен молодняк в возрасте 5–12 мес., но болеют и более старшие возрастные группы [14].

Инвазия протекает тяжелее у молодняка. Наибольшее количество зараженных животных регистрируют в апреле — мае, к августу процент снижается, затем возрастает к ноябрю. В зимний период показатели ЭИ и ИИ резко снижаются [14, 20].

## Актуальность

В настоящее время одной из главных проблем ветеринарии является оптимизация противопаразитарных мероприятий. Необходимо правильное выполнение лечебно-профилактических мероприятий с учетом местных климатогеографических и эпизоотологических условий, а также технологии содержания и разведения животных [19, 20].

Отдельное внимание стоит уделить проблеме резистентности нематод к антигельминтикам. Частое применение препаратов, относящихся к одинаковым химическим группам, вызывает развитие устойчивости к ним, как и применение препаратов в субтерапевтических дозах [6].

Устойчивость к антигельминтикам является наследуемой преадаптацией. При первом контакте с препаратами происходит отбор устойчивых к ним особей: чувствительные к лекарству гельминты погибают, а резистентные выживают и дают потомство [24].

Наличие популяций нематод, проявляющих устойчивость к противогельминтным препаратам, увеличивает экономические потери из-за стойкого субклинического паразитизма, дополнительных затрат на повторную диагностику инфицированных животных и смену классов противогельминтных препаратов [23].

**Возбудители.** К стронгилятозам желудочно-кишечного тракта относят ряд болезней, возбудителями которых являются нематоды из подотряда *Strongylata*.

**Мецистоцирроз.** Возбудитель — *Mecistocirrus digitatus*, паразитирующий в сычуге, а при сильной инвазии — в кишке. В России встречается только на Дальнем Востоке (Амурская и Сахалинская области, Хабаровский и Приморский края). Из-за длительного преимагинального срока развития в 174–222 дня у животных в возрасте до 6–8 мес. гельминтоз овоскопией и ларвоскопией не диагностируется. Пик инвазии в апреле — мае [5].

**Эзофагостомоз.** Возбудители — *Oesophagostomum radiatum*, *O. venulosum*. Паразиты локализуются в толстом отделе кишечника, личиночная стадия в кишечнике образует узелки. Преимагинальный срок развития — от 45 дней до 10 мес. Диагностируется по инвазионным личинкам во все сезоны года [5].

**Буностомоз.** Возбудители — *Bunostomum phlebotomum* и *B. trigonoccephalum*. Гельминты локализуются в двенадцатиперстной кишке, преимагинальный срок развития — 53–93 дня. Восприимчивы в основном животные до 3 лет. Инвазия распространена только у молодых животных [5].

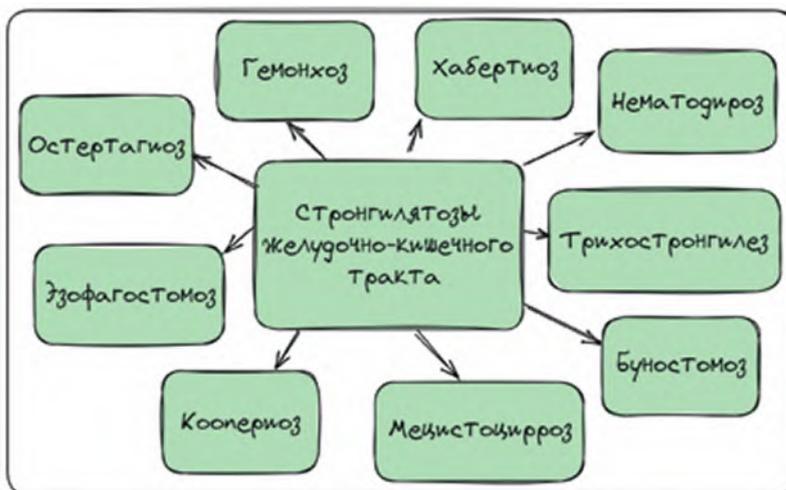
**Остертагиоз.** Возбудители — *Ostertagia ostertagi*, *Os. Circumcincta*. Паразитируют в сычуге, иногда в тонком кишечнике, образуя узелки. Срок развития остертагий до половозрелой стадии — 25–258 дней [5].

**Трихостронгилез.** Возбудители — *Trichostrongylus axei*, *T. Colubriformis*. Паразитируют в тонком отделе кишечника, реже в сычуге, до половозрелой стадии развиваются за 19–30 дней [5].

**Коопериоз.** Возбудители — *Cooperia punctata*, *C. oncophora*, *C. Pectinata*. Паразитируют в тонком кишечнике, сычуге и поджелудочной железе. Преимагинальный срок развития — 17–22 дня [5].

**Гемонхоз.** Возбудитель — *Haemonchus contortus*. Паразитирует в сычуге. Болезнь регистрируется в течение всего года, пик инвазии у 9–12-мес. молодняка — в августе — ноябре [10].

Рис. 1. Классификация стронгилятозов желудочно-кишечного тракта



**Нематодироз.** Возбудители — *Nematodirus filicollis*, *N. Spathiger*. Паразитирует в тонком отделе кишечника. Встречаются в течение всего года при пике инвазии в июле — ноябре [10].

**Хабертиоз.** Возбудитель — *Chabertia ovina*. Паразитирует в ободочной и прямой кишке. Болезнь регистрируется в течение всего года, пик наблюдается в августе — ноябре [10].

Обычно стронгиляты регистрируются в ассоциации до 6 различных инвазий, в большинстве случаев 2–4 [5].

У 5–12-мес. молодняка в местах локализации формируется ассоциация нематод, сочленами которой чаще являются гемонхи, нематоды, буностомы, хабертии, эзофагостомы, реже — кооперии, остертагии и трихостронгилюсы [19].

**Механизм и пути передачи.** Распространению стронгилятозов способствуют частые атмосферные осадки, богатая растительность и скученное содержание животных на ограниченных пастбищах. Животные заражаются алиментарно в течение всего пастбищного сезона [13].

Жвачные, использующие пастбищный травостой, интенсивно заражаются стронгилятами в связи с тем, что в фекалиях во внешней среде накапливаются инвазионные элементы в виде яиц и личинок. Повышение уровня зараженности во второй половине пастбищного периода происходит вследствие накопления большого количества личинок новых генераций [8].

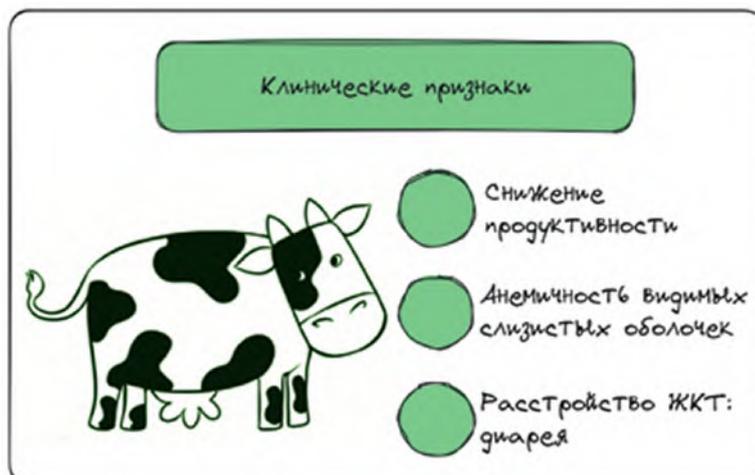
После перевода животных на стойловое содержание они длительное время остаются инвазированными, но ИИ и ЭИ постепенно снижаются, что, по-видимому, связано с угнетением репродуктивного потенциала нематод и гипобиозом личинок в зимний период [4, 20]. В помещениях наиболее контаминированными элементами является пол станков и проходов [15].

Колебания показателей зараженности в течение года объясняются формированием приобретенного нестерильного иммунитета и непродолжительным сроком жизни половозрелых нематод [8].

Расширение видового состава стронгилят связано с увеличением численности животных, завозимых из других регионов без анализа и учета паразитофауны. Интродукция животных влияет на увеличение и накопление паразитарного начала в природных биотопах, вызывая образование паразитарных очагов [12].

**Клиническая картина.** У взрослых животных и молодняка старше года болезнь протекает в субклинической или латентной форме, вызывая снижение продуктивности [11].

**Рис. 2.** Клинические признаки при стронгилятозах желудочно-кишечного тракта



При снижении иммунного статуса организма личиночные стадии активно развиваются и в короткий срок достигают половозрелой стадии. Болезнь при этом проявляется в клинически выраженной форме. Животные угнетены, при движении теряют равновесие, видимые слизистые оболочки анемичны. Часто выражены периодическая гипотония, атония преджелудков. Фекалии с большим количеством слизи, иногда содержат гемолизированную кровь [11].

Продолжительное паразитирование стронгилят у телят обуславливает нарушение обменных процессов, проявляющихся замедлением темпов роста, потерей массы тела [11].

Вследствие механического повреждения тканей происходит инокуляция бактериальной микрофлоры в органы и ткани хозяина, в результате чего возникают гнойные процессы [14]. У телят в таком случае отмечается падеж [11].

Значительно усиливается миелопозез, что указывает на воспалительные процессы с усилением фагоцитарных реакций и активацией противопаразитарного иммунного ответа за счет эозинофилов [7].

При моноинвазии гемонхами, нематодами, буностомами, эзофагостомами и хабертиями у молодняка снижается концентрация гемоглобина, эритроцитов, общего белка и альбуминов, резко возрастает количество лейкоцитов, в сыворотке крови резко повышается активность АЛАТ, АсАТ, ЩФ и альфа-амилазы. Отмеченные изменения резко выражены при буностомозе, умеренно — при гемонхозе и нематодирозе, относительно слабы при хабертиозе и эзофагостомозе [10].

**Факторы негативного воздействия.** Паразитирование стронгилят наносит большой экономический ущерб сельскому хозяйству: молочная продуктивность снижается более чем на 5% , а прирост массы тела молодняка — более чем на 10% [10, 14].

Механизм патогенного влияния разнообразен и заключается в механическом, токсическом, инокуляторном и аллергическом воздействиях [7].

После внедрения личинок в места локализации в тканях преобладает пролиферативное воспаление с образованием паразитарных узелков [4].

После выхода половозрелых стронгилят в просвет пищеварительного тракта развивается экссудативное воспаление с выделением катарального экссудата [5]. При высокой ИИ развивается катарально-геморрагическое воспаление слизистой оболочки сычуга и тонкого отдела кишечника [14].

Стронгиляты выделяют токсины и метаболиты своей жизнедеятельности, которые всасываются в кровь, и, проходя через паренхиматозные органы, способствуют развитию в них зернистой и жировой дистрофии [4].

**Профилактика и лечение.** Для профилактики желудочно-кишечных стронгилятозов следует применять лечебно-профилактическую дегельминтизацию животных в зимне-весенний период высокоэффективными антигельминтиками [5]. Более точные сроки дегельминтизации устанавливаются индивидуально в зависимости от природно-климатической зоны [14].

Наиболее применяемыми являются препараты из класса бензимидазолов (альбендазол, фенбендазол), обладающие

широким спектром действия [3, 18]. Они эффективны против половозрелых особей. Сведений относительно действия на личинок недостаточно [1]. *Haemonchus spp.*, *Ostertagia spp.*, *Trichostrongylus spp.* устойчивы к препаратам бензимидазольного ряда [2, 17, 23].

Макроциклические лактоны (ивермектин, дорамектин) высокоэффективны против половозрелых и личиночных стадий [1]. Устойчивость к ним у *Trichostrongylus spp.*, *Haemonchus contortus* [22, 23].

Препараты производных салицилаланида (клозантел) активны в отношении личиночных и половозрелых стадий *Bunostomum spp.*, *Haemonchus contortus*, *Haemonchus placei*, *Oesophagostomum radiatum* [16].

Имидотиазолы (тетрамизол) высокоэффективны против половозрелых особей и недостаточно эффективны против личинок [14]. Выявлена устойчивость *Nematodirus spp.* и *Trichostrongylus spp.* к имидазотиазолам [2, 17].

Одновременное применение антигельминтиков различных классов может быть эффективным средством предотвращения развития лекарственной устойчивости по сравнению с регулярной ротацией различных групп препаратов. Однако данная схема требует тщательной корректировки, так как неправильное соотношение и дозировки препаратов могут вызвать только задержку развития гельминтов [21, 25].

Из общих профилактических мероприятий отмечают улучшение кормовой базы, укрепление иммунитета, своевременную уборку, обеззараживание навоза и т. д. [14]. Ротационный выпас может способствовать контролю и уменьшить зависимость от лечебного вмешательства, но часто является сложным из-за необходимости отслеживать периоды выпаса и уровни заражения [22].

### Вывод

Стронгилятозы желудочно-кишечного тракта у крупного рогатого скота являются широко распространенными болезнями, возникающими в результате паразитирования многочисленных видов нематод из подотряда *Strongylata* во взрослой и личиночной стадиях.

Экономический ущерб от стронгилятозов складывается из отставания в росте и развитии молодняка, его падежа в случае высокой ИИ и снижения продуктивности у взрослых животных. Существенную часть составляют затраты на лечебно-профилактические мероприятия.

Преодоление лекарственной устойчивости гельминтов — одна из важных задач животноводства, поэтому важно выработать грамотную стратегию использования эффективных антигельминтных препаратов.

**Рис. 3–5.** Антигельминтики, представленные на фармацевтическом рынке компанией «ВИК»



### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Архипов И.А. Оптимальные схемы применения антигельминтиков при стронгилятозах пищеварительного тракта молодняка крупного рогатого скота / И.А. Архипов, А.И. Варламова, Е.О. Качанова // Российский паразитологический журнал. 2023; 17: 1: 134–141.
- Беспалова Н.С. Проблема резистентности гельминтов к противопаразитарным препаратам в скотоводстве / Н.С. Беспалова, С.В. Фатеев // Наука и образование. 2021; 4: 2: 23–31.
- Варламова А.И. Эффективность твердой дисперсии фенбендазола при желудочно-кишечных стронгилятозах молодняка крупного рогатого скота / А.И. Варламова, И.А. Архипов, К.М. Садов, С.С. Халиков, М.В. Арисов, Е.Н. Борзунов // Российский паразитологический журнал. 2021; 15: 1: 92–97.
- Гайворонский В.И. Стронгилятозы пищеварительного тракта у крупного рогатого скота и вызываемые ими изменения / В.И. Гайворонский // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2013; 4(10); 11–15.

5. Диких П.Я. Желудочно-кишечные стронгилятозы крупного рогатого скота и меры борьбы с ними в Приамурье: специальность 03.00.19 «Паразитология»: Автореф. на соискание канд. ветеринар. наук / П.Я. Диких // Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт. Якутск. 2004; 28.
6. Калининкова Т.Б. Устойчивость к антигельминтным препаратам: проблема и пути ее решения / Т.Б. Калининкова, М.Х. Гайнутдинов, Р.Р. Шагидуллин // Ветеринарный врач. 2018; 5: 36–41.
7. Климова Е.С. Патогенное воздействие возбудителей паразитарных болезней крупного рогатого скота / Е.С. Климова, М.Э. Мкртчян, Е.А. Фалей // Современные проблемы паразитарной патологии и иммунологии: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика В.З. Ямова, Тюмень, 09 февраля 2023 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2023; 127–131.
8. Конова Е.А. Сезонная динамика стронгилятозов и стронгилоидоза крупного рогатого скота в хозяйствах Рязанской области / Е.А. Конова, М.Д. Новак // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2009; 10: 219–222.
9. Кряжев А.Л. Особенности эпизоотологии стронгилятозов пищеварительного тракта крупного рогатого скота в условиях Вологодской области / А.Л. Кряжев // Российский паразитологический журнал. 2011; 3: 40–44.
10. Мухаммедов З.Р. Стронгилятозы желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота в Московской области: специальность 03.00.19 «Паразитология»: Автореф. на соискание канд. ветеринар. наук / З.Р. Мухаммедов // Ивановская государственная сельскохозяйственная академия. Иваново. 2002; 24.
11. Несененко А.А. Стронгилятозы желудочно-кишечного тракта, стронгилоидоз, эймериоз телят и ягнят в Рязанской области / А.А. Несененко, З.Э. Манич // Научный журнал молодых ученых. 2016; 2(7): 70–74.
12. Орлова И.И. Результаты мониторинга паразитарной ситуации на особо охраняемых природных территориях Центрального региона России / И.И. Орлова, И.Н. Белоусова, А.С. Буренок, Е.В. Глазкова // Российский паразитологический журнал. 2017; 40(2): 139–145.
13. Пойденко А.А. Ситуация по стронгилятозам крупного рогатого скота на территории Амурской области / А.А. Пойденко // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на Дальнем Востоке: Сборник научных трудов / отв. ред. В.А. Гоголов. Вып. 25. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет. 2018; 82–83.
14. Пряхина Ю.Д. Стронгилятозы крупного рогатого скота: общие вопросы / Ю.Д. Пряхина // Научные революции: сущность и роль в развитии науки и техники: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Челябинск, 17 января 2020 года. Челябинск: ООО «Аэтерна». 2020; 102–105.
15. Сафиуллин Р.Т. Эпизоотическая ситуация по контаминации объектов внешней среды инвазионными элементами в скотоводческом хозяйстве Московской области / Р.Т. Сафиуллин, С.К. Шибитов, Р.Р. Сафиуллин // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2023; 24: 420–425.
16. Смаглей Т.Н. Токсикологическая оценка препаратов «Клозан плюс» и «Фармацин 5» / Т.Н. Смаглей // Животноводство и ветеринарная медицина. 2021; 3: 36–39.
17. Устюгова Д.А. Необходимость изучения устойчивости гельминтов к антигельминтным средствам / Д.А. Устюгова, Ю.В. Глазунов // Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России: сборник трудов национальной научно-практической конференции, Тюмень, 01–03 ноября 2022 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2022; 185–189.
18. Халиков С.С. Твердые дисперсии бензимидазольных препаратов в паразитологии / С.С. Халиков, Б.Ф. Локшин, М.М. Ильин // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2019; 20: 663–670.
19. Хлопицкий В.П. Стронгилятозы желудочно-кишечного тракта и гиподерматоз крупного рогатого скота в условиях Центральной зоны России и совершенствование мер борьбы: специальность 03.00.19 «Паразитология»: Автореф. на соискание канд. ветеринар. наук / В.П. Хлопицкий // Всероссийский научно-исследовательский институт гельминтологии им. К.И. Скрябина (ВИГИС). Москва. 2006; 28.
20. Хромов К.А. Фасциолез и стронгилятозы желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота в условиях Центральной зоны России и поиск эффективных средств борьбы с ними: специальность 03.00.19 «Паразитология»: Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. ветеринар. наук / К.А. Хромов // Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина и Всероссийский научно-исследовательский институт гельминтологии им. К.И. Скрябина (ВИГИС). Москва. 2005; 24.
21. Edmonds M.D. Concurrent treatment with a macrocyclic lactone and benzimidazole provides season long performance advantages in grazing cattle harboring macrocyclic lactone resistant nematodes / M.D. Edmonds, A.F. Vatta, A.A. Marchiondo, H.B. Vanimisetti, J.D. Edmonds // Veterinary Parasitology. 2018; 252: 157–162.
22. McFarland C. Tracking gastrointestinal nematode risk on cattle farms through pasture contamination mapping / C. McFarland, H. Rose Vineer, L. Chesney, N. Henry, C. Brown, P. Ains, C. Nicholson, N. Scollan, F. Lively, I. Kyriazakis, E.R. Morgan // Int. J. Parasitol. 2022; 52(10): 691–703.
23. Mohammedsalih K.M. Susceptible trichostrongyloid species mask presence of benzimidazole-resistant Haemonchus contortus in cattle / K.M. Mohammedsalih, J. Krücken, A. Bashar // Parasites Vectors. 2021; 14(101): 1–16.
24. Shalaby H.A. Anthelmintic resistance; how to overcome it? / H.A. Shalaby // Iranian J. Parasitol. 2013; 8: 18–32.
25. Wills F.K. Gastrointestinal nematode management in western Canadian cow-calf herds / F.K. Wills, J.R. Campbell, S.E. Parker, C.L. Waldner, F.D. Uehlinger // Can Vet. J. 2020; 61(4): 382–388.

# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЯГКИХ СЫРОВ ИЗ КОРОВЬЕГО МОЛОКА РОССИЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ\*

**Разуваева Е. Д.**, студентка 1-го курса факультета ветеринарной медицины, направление подготовки 36.04.01, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина

**Малофеева Н. А.**, научный руководитель, доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина», канд. ветеринар. наук

УДК 637.07

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования образцов мягких сыров «Моцарелла» и «Камамбер» российских производителей по органолептическим и микробиологическим показателям.

**Ключевые слова:** мягкий сыр, органолептические показатели, микробиологические показатели, безопасность, качество

## Актуальность

Рынок сыров до начала действия санкций Запада и ответных мер со стороны России был довольно стабилен. В 2013 году россияне употребили 850 500 т сыра, что обозначило рост на 2,7% по сравнению с 2012-м. Это был последний год до введения эмбарго.

Это стало возможным вследствие роста доходов населения и того, что основная доля сыра была импортной. На тот момент Россия ежегодно закупала свыше 400 тыс. т сыра из более чем 30 стран, что являлось наивысшим показателем в мире, опережая импорт сыра в США и Японии (150 тыс. т и 230 тыс. т соответственно). В то же время доля сыра, производимого в России, составляла около 48%. Около 60% закупали в Европе, а также в странах СНГ, где около 25% поставок приходилось на Беларусь [1, 2].

Главный итог введения в 2014 году продуктового эмбарго в ответ на санкции стран, поддержавших введение экономических и политических санкций в отношении России, — увеличение объемов производства отечественного сыра. В 2019 году в России было выпущено 540 тыс. т сыра, а в 2020-м увеличение объемов производства составило 5,9%.

В начале 2021 года можно было отметить, что количество производимого сыра уменьшилось. Это объясняется экономическими факторами, связанными с покупательной способностью. Однако с марта объемы выпуска сыра стали расти. Максимальный рост (12,8%) отмечался в апреле, в мае он составил 6,4%. В итоге за полгода количество производства выросло относительно этого же периода времени прошлого года [3].

Постоянный рост цен влияет на потребительскую способность населения. Статистически объем сыров, потребляемых в европейских государствах составляет 15 кг, в то время как в России он ниже в три раза. Несмотря на статистические показатели роста уровня потребления сыров, это можно объяснить маленьким начальным показателем, с которым и происходит это сравнение [4].

Еще один важный тренд отрасли — расширение ассортимента. До введения ограничений в 2014 году сыродельные предприятия России производили маленький ассортимент сыров по ГОСТу. Основными сортами были твердые сыры. Однако спустя годы после эмбарго отечественные сыродельческие предприятия стали достаточно технологически развитыми для производства разнообразных видов сыра.

Многие сыры традиционно продолжают пользоваться спросом у населения, однако потребители всё больше заинтересованы попробовать и новые виды сыра, до этого не производимые в России. В их число входят и сыры, традиционно используемые для приготовления

пиццы: мягкий сорт сыра «Моцарелла», созревающий за короткий промежуток времени, и мягкий элитный «Камамбер» [5, 6].

**Объект исследования:** пять образцов сыра «Моцарелла» для пиццы различных российских торговых марок — Hochland, Pretto, «Вкусвилл», «Ашан», Unagrande, пять образцов мягкого сыра с белой плесенью «Камамбер» российских производителей — President, «Сваяя», «Тревилл», «Ашан» из разных неповторяющихся партий.

**Предмет исследования:** сравнительная характеристика органолептических и микробиологических показателей мягких сыров российских производителей.

**Цель работы:** оценить качество и безопасность по микробиологическим и органолептическим показателям мягких сыров «Моцарелла» и «Камамбер», реализуемых на потребительском рынке.

**Методы исследования:** органолептическое исследование проводили согласно ГОСТ 33630-2015 Методы определения органолептических показателей и в соответствии с ГОСТ Р 59212-2020 Сыры для пиццы термизированные.

**Технические условия:** для проведения экспертизы на микробиологические показатели были отобраны пробы из разных партий в соответствии с ГОСТ 32901-2014 Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа и ТР ТС 033-2013.

**Результаты исследования:** при оценке органолептических показателей оценивали цвет, запах, вкус, консистенцию и внешний вид. Исследование проводили при температуре мягкого сыра 20 °С. Результаты исследования мягкого сыра «Моцарелла» представлены в таблице 1, мягкого сыра «Камамбер» — в таблице 2.

Образцы сыра «Моцарелла» были исследованы на следующие органолептические показатели: цвет, вкус, запах, консистенция и тягучесть. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что данные образцы соответствуют органолептическим нормам для мягкого сыра.

Наибольшую оценку по органолептическим показателям получил мягкий сыр «Камамбер» President партии № 1 и 3. У данного сыра отмечалась хорошая воздушная грибная корочка, что позволяет свидетельствовать о правильной технологии производства, а именно о концентрации микроскопических грибов и заквасочных культур. Наблюдался очень нежный ореховый вкус сыра и присутствовала мягкая консистенция, таявшая при комнатной температуре. Маркировка четкая, упаковка цельная, без видимых повреждений. Экспертная комиссия охарактеризовала данный сыр как «наивысшего качества» по органолептическим показателям.

\* Статья получила утешительный приз конкурса

Таблица 1. Оценка органолептических показателей мягкого сыра «Моцарелла»

Показатели	Hochland	Pretto	«Вкусвилл»	«Ашан»	Unagrande
Упаковка	целостная	целостная, упаковочный материал плотно прилегает к поверхности сыра	целостная, упаковочный материал плотно прилегает к поверхности сыра	целостная, упаковочный материал плотно прилегает к поверхности сыра	целостная, упаковочный материал плотно прилегает к поверхности сыра
Цвет	белый	белый	белый	белый	белый
Консистенция	пластичная, плотная, эластичная	пластичная, плотная, эластичная	пластичная, плотная, эластичная	пластичная, плотная, эластичная	пластичная, плотная, эластичная
Запах и вкус	сырный, молочный	сырный, молочный	сырный, молочный	сырный, молочный	сырный, молочный
Рисунок	нет	небольшие глазки	нет	небольшие глазки	небольшие глазки
Тягучесть после выпекания	сырные волокна есть	сырные волокна есть	сырные волокна есть	сырные волокна есть	сырные волокна есть

Таблица 2. Оценка органолептических показателей мягкого сыра «Камамбер»

Показатель	President			«Свалля»			«Тревиль»			«Ашан»		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Вкус и запах (20 баллов)	20	20	20	19	20	18	18	17	18	18	18	18
Консистенция (10 баллов)	10	10	10	8	9	6	8	6	8	7	7	7
Рисунок (5 баллов)	5	4	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3
Внешний вид (5 баллов)	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5
Упаковка и маркировка (5 баллов)	4	4	4	3	2	2	3	2	3	1	0	3
Общий балл	44	43	44	40	41	36	38	32	38	32	31	36

Таблица 3. Микробиологические показатели мягкого сыра «Камамбер»

Показатель	President			«Свалля»			«Тревиль»			«Ашан»		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
БГКП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Бактерии рода <i>Salmonella</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>Listeria monocytogenes</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Во всех трех партиях сыра «Камамбер» от производителя «Свалля» отмечались приятный вкус, запах, консистенция. Но также в партиях была замечена нечеткая маркировка.

Сыр марки «Тревиль» соответствовал по вкусовым показателям, однако в сыре наблюдались нарушения консистенции и маркировки. Консистенция во всех партиях была плотной, а маркировка нечеткой.

Наименьшую оценку получил мягкий сыр торговой марки «Ашан» партии № 2 (31 балл). Внешний вид сыра был незначительно поврежден, на поверхности сыра обнаружены две вмятины небольшого размера. Упаковка не соответствовала требованиям, сыр был упакован только в пищевую пленку, что не соответствует требованиям ГОСТ 32263-2013. В рисунок сыра присутствовали небольшие глазки, консистенция сыра — слегка плотная, вкус и запах — хорошо выраженные.

Результаты микробиологического исследования мягкого сыра «Камамбер» исследуемых образцов молока представлены в таблице 3, мягкого сыра «Моцарелла» — в таблице 4.

Образцы сыра «Моцарелла» были подвергнуты экспертизе на микробиологическую безопасность по данным параметрам: присутствие дрожжей, плесени, БГКП, *S. aureus*, патогенных микроорганизмов, в том числе рода *Salmonella* и *Listeria monocytogenes*. По результатам исследования установлено, что данные образцы соответствуют значениям ГОСТ 32901-2014.

Подводя итоги микробиологического исследования, во всех четырех образцах сыра трех партий были

Таблица 4. Микробиологические показатели мягкого сыра «Моцарелла»

Показатель	Hochland	Pretto	«Вкусвилл»	«Ашан»	Unagrande	Допустимые значения
	БГКП	N/A	N/A	N/A	N/A	
<i>Staphylococcus aureus</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	не допускается
Бактерии рода <i>Salmonella</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	не допускается
<i>Listeria monocytogenes</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	не допускается

выявлены бактерии группы кишечной палочки, что не соответствует требованиям качественной и безопасной продукции в соответствии с требованиями ТР ТС 033-2013 О безопасности молока и молочной продукции.

#### Вывод

В результате исследования качество мягкого сыра «Моцарелла» для пиццы соответствовало требованиям ГОСТ 59212-2020 Сыры для пиццы термизированные. Технические условия. При исследовании мягкого сыра «Камамбер», несмотря на удовлетворительные органолептические показатели, были выявлены бактерии группы кишечной палочки, что недопустимо. Такие сыры запрещено выпускать в свободную реализацию. Необходимо усилить контроль за санитарно-гигиеническими условиями производства сыра, а также хранения на прилавках розничной сети.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Алешков А.В. Анализ структуры ассортимента и экспертиза мягких сыров, реализуемых на рынке г. Хабаровска / А.В. Алешков, А.С. Махонина // Междисциплинарная интеграция как двигатель научного прогресса: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 05 июня 2020 года. Ч. 1. Новосибирск: Сибирский университет потребительской кооперации. 2020; 17–22.
- Шлак Т.И. Спрос на рынке сыров / Т.И. Шлак, А.И. Попова // Теоретические и прикладные вопросы экономики, управления и образования: сборник статей III Международной научно-практической конференции, Пенза, 16–17 июня 2022 года / под научной редакцией Б.Н. Герасимова. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2022; 493–495.
- Сысоева Д.Е., Плетнева Н.А. Исследование предпочтений российских потребителей сыра в условиях эмбарго // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2021; 4: 269–276.
- Анализ рынка сыров в России // BusinesStat. 2022; 2: 20.
- Бредихин С.А. Технология и техника переработки молока / С.А. Бредихин, Ю.В. Космодьянский, В.Н. Юрин. М.: Колос. 2003.
- Cheese: chemistry, physics a. microbiology / ed. by Patrick F. Fox et al. 3rd ed. Amsterdam etc.: Elsevier acad. Press. 2004; 233–238.
- Технический регламент таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

## Новости из ЦНСХБ

### Обзор подготовлен Тимофеевской С. А.

**Прогнозирование и повышение продуктивности овец породы советский меринос на основе селекционно-генетических методов : монография / Л.Н. Скорых, С. Н. Шумаенко, А.А. Омаров, А.В. Скокова, Н.И. Ефимова, И. А. Копылов. — Ставрополь: ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»; изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа», 2023. — 210 с. Шифр ЦНСХБ 24-317.**

В монографии изложены современные подходы к селекции овец породы советский меринос с использованием генетического потенциала производителей импортного генофонда и молекулярно-генетических методов. Кратко представлены теоретические основы эффективности селекционно-генетических методов в овцеводстве, описаны молекулярно-генетические маркеры, используемые в селекции овец. Представлены результаты совершенствования овец породы советский меринос с использованием генофонда овец пород австралийский меринос и австралийский мясной меринос. Дана характеристика продуктивных качеств исходных родительских форм, используемых в скрещивании. Изучены воспроизводительная способность овцематок, сохранность потомства разного происхождения, особенности аллельфонда групп крови баранов-производителей и овцематок. Рассмотрены варианты подбора родительских пар с учетом генетических параметров групп крови. Проанализированы особенности роста и развития потомства разных генотипов. Исследованы морфологический состав крови, иммунологическая реактивность, особенности обмена веществ, взаимосвязь биохимических параметров крови и показателей продуктивности и естественной резистентности у молодняка разного происхождения. Изучены откормочные и мясные качества овец, полученных от разных вариантов скрещивания. Рассмотрены морфо-биологические особенности, химический состав и микроструктура мышечной ткани, шерстная продуктивность. Дана экономическая оценка результатов выращивания молодняка разных генотипов. Представлена генетическая структура овец исследуемой популяции по молекулярно-генетическим маркерам, результаты секвенирования и частота аллельных вариантов в генах гормона роста и лептина, ассоциации полиморфизма данных генов с параметрами роста и мясной продуктивности. Книга содержит 9 иллюстраций, 43 таблицы и список использованной отечественной и иностранной литературы из 309 источников. Предназначена для научных сотрудников, аспирантов, преподавателей, магистрантов и студентов аграрных вузов, а также для зооветспециалистов овцеводческих хозяйств разных форм собственности.

**Физиологическое обоснование повышения эффективности использования кур-несушек яичного направления продуктивности : монография / С.Ю. Харлап, Л. Ш. Горелик, О.В. Горелик, М.А. Дерхо, О.П. Неверова. — Екатеринбург : Издательство Уральского ГАУ, 2023. — 236 с. Шифр ЦНСХБ 24-637.**

В монографии изложены результаты научных исследований по изучению физиологических особенностей при выращивании и использовании кур-несушек кросса Ломанн уайт. Представлены литературные данные об изучении биологической особенности организма птиц и их развития по периодам роста, а также состава и пищевой ценности яиц кур-несушек яичного направления продуктивности. Собственные исследования авторов посвящены влиянию стресса на физиологическое состояние цыплят разной селекции и регуляции белкового обмена, яйценоскости и состава яиц кур-несушек. Изучен адаптационный потенциал курочек двухлинейных и четырехлинейных кроссов по стресс-реакции, инициированной шуттелированием. Исследованы показатели лейкограммы и лейкоцитарные индексы, гематологические показатели, стресс-индуцированные изменения белкового обмена в организме цыплят. Представлена роль ферментных систем печени, почек, сердечной мышцы в развитии стресс-реакции у цыплят. Рассмотрена эффективность выращивания молодняка кур-несушек при влиянии транспортного стресса и обоснована необходимость перехода на собственное воспроизводство родительского стада кур-несушек. Большое внимание уделено изучению регуляции обмена белков, яйценоскости и пищевой ценности яиц у кур-несушек. Дана оценка характера взаимосвязи метаболической функции печени и тиреоидного статуса кур-несушек. Изучена роль гипофизарно-тиреоидной системы в формировании метаболического профиля и яичной продуктивности кур. Проведен анализ корреляционных связей между морфологическими и физико-химическими показателями пищевых яиц и их связь с параметрами крови. Показана возможность оценки и прогнозирования массы пищевых яиц по показателям крови. Предложен метод по использованию показателей крови для прогнозирования качества скорлупы яиц. Сформулированы предложения производству. Книга содержит 12 иллюстраций, 45 таблиц и обширный библиографический список отечественных и иностранных источников. Предназначена для руководителей птицеводческих хозяйств, научных сотрудников, специалистов зооветеринарной службы, аспирантов, магистрантов, студентов аграрных вузов, специалистов в сфере птицеводства.

**Применение кормовых добавок перерабатывающих отраслей АПК в рационах рвец мясо-шерстного направления продуктивности : монография / А.П. Марынич, Б.Т. Абилов, А.И. Суров и др. — Ставрополь : ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»; изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа», 2023. — 185 с. Шифр ЦНСХБ 24-661.**

В монографии представлены материалы по применению кормовых добавок, получаемых из побочных продуктов перерабатывающих отраслей АПК, в рационах различных производственных и возрастных групп овец. Приведена характеристика кормовых добавок на основе отходов и побочных продуктов переработки сельскохозяйственного сырья. Это кормовые концентраты на основе вторичного молочного сырья, глютен кукурузный (побочный продукт крахмало-паточного производства), добавок на основе отходов кожевенной промышленности (кормовая добавка «Organic»), углеводно-витаминно-минеральный кормовой концентрат «Фелуцен», минерально-витаминные премиксы, пробиотическая кормовая добавка «Диаретин». Изучено влияние кормовой добавки «Глютен кукурузный» на продуктивные и воспроизводительные качества баранов-производителей и овцематок. В условиях Ставропольского края проведены исследования по выращиванию ягнят северокавказской мясо-шерстной породы с использованием комбикормов-стартеров, содержащих кормовые добавки «Organic», «ЛактуВет» и БВМД. Изучено влияние добавок «Organic», «ЛактуВет», йодсодержащих препаратов «Йодар» и «Иодид калия» на откормочные показатели молодняка овец. Оценено продуктивное действие кормовых добавок «Фелуцен-02-2» и «Фелуцен-01-2» на ярок. Проанализировано применение добавки «Диаретин-С» в рационах ремонтных баранчиков в пастбищный период содержания. Изучены морфологические и биохимические показатели крови, живая масса, приросты, шерстная продуктивность, убойные и мясные качества молодняка, химический состав и микроструктура мяса. Рассчитана экономическая эффективность производства баранины при использовании различных кормовых добавок. Разработаны рецепты комбикормов для молодняка в возрасте 4-8 месяцев, обогащенные добавками «Глютен кукурузный» и «Organic». Книга содержит 15 приложений в виде таблиц, 101 таблицу, 16 иллюстраций и библиографический список из 66 отечественных и иностранных источников.

Предназначена для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий, фермерских хозяйств, научных сотрудников, аспирантов, преподавателей и студентов вузов и колледжей сельскохозяйственного профиля.

**Обмен макроэлементов и их соотношение в организме суягных курдючных овцематок : монография / Б.В. Аппаев, А.Н. Арилов, В.А. Погодаев. — Ставрополь: изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа», 2023. — 179 с. Шифр ЦНСХБ 23-6440.**

В книге представлены данные литературных источников и результаты собственных исследований о метаболизме микроэлементов в организме суягных овцематок и его связи с продуктивностью. Впервые проведены комплексные исследования метаболизма кальция, фосфора, магния, калия, натрия, хлора и серы у курдючных овец в онтогенезе. Изучено развитие матки с плацентой и их кровоснабжение, содержание названных элементов в артериальной, венозной крови матери и крови плода, в органах, тканях, биологических жидкостях овцематок в течение всего периода суягности, организме плода. В ходе исследований выполнены физиологические, научно-хозяйственные и производственные опыты, контрольные убои. На основании результатов исследований установлена истинная суточная потребность и разработаны нормы изучаемых макроэлементов в рационах овцематок в начале, середине и конце беременности. Определено влияние разных соотношений макроэлементов в рационе на поедаемость кормов, переваримость, обмен и использование питательных веществ, а также гематологические показатели и продуктивность животных. Скармливание макроэлементов в установленных в исследовании количествах и соотношениях в рационе обеспечивает энергию роста овцематок и ягнят при рождении, повышение продуктивности, снижение затрат корма на единицу продукции, получение дополнительной прибыли от каждого животного. Книга содержит 4 иллюстрации, 111 таблиц и список использованной отечественной и иностранной литературы из 285 источников. Предназначена для зооветспециалистов, научных сотрудников, преподавателей, слушателей ФПК, аспирантов, магистрантов и студентов сельскохозяйственных вузов.

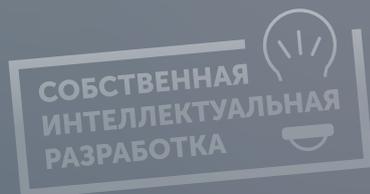
# Спелинк® – 44

# 20

ЛЕТ

## ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

при лечении  
бактериальных  
заболеваний



- синергидное действие **двух компонентов**
- **максимальный терапевтический эффект** в короткие сроки
- **широкий спектр** антибактериальной активности
- **безопасен** в период супоросности и лактации
- **альтернатива** В-лактамным антибиотикам
- **короткий период выведения** препарата из организма



ГРУППА КОМПАНИЙ ВИК занимает 21 место среди  
производителей ветеринарной фармацевтики в мире

+7 (495) 777-67-67  
[www.vicgroup.ru](http://www.vicgroup.ru)

# Agros 2025 expo

## МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

Птицеводство | Свиноводство | Корма | Ветеринария  
Молочное и мясное животноводство | Племенное дело  
Полевое кормопроизводство | Кормозаготовка  
Комбикормовая промышленность | Хранение зерна

22-24 ЯНВАРЯ | МОСКВА | КРОКУС ЭКСПО

### ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ:

- ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ
- СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИКА
- КОРМА, КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ, ПРЕМИКСЫ
- ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

### НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 350 СПИКЕРОВ:

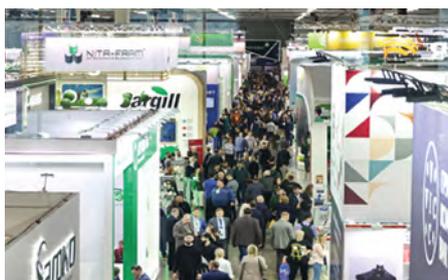
- БОЛЕЕ 60 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ И СОВЕЩАНИЯ
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ – ЗИМНЯЯ ТОЧКА ПРИТЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА

## НОВОЕ В 2025г.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ  
МЯСОПЕРЕРАБОТКИ

МУКОМОЛЬНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАСЛОЖИРОВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



«Выставка Агрос - №1 в животноводстве в России и, самое главное, она сделана для специалистов, представителей отрасли, аналитиков и экспертов»

Алексей Гордеев, заместитель Председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ

СОВМЕСТНО С

**PotatoHorti**  
2025 agritechexpo

800+ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ  
21 000+ ПОСЕТИТЕЛЕЙ  
80+ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОГРАММЫ  
600+ ЭКСПЕРТОВ



AGROS-EXPO.COM

Больше информации об участии в наших выставках:

Тел./WhatsApp: +7 (495) 128 29 59

E-Mail: agros@agros-expo.com

Организатор: ООО «Агрос Экспо Групп»

САМАЯ  
АКТУАЛЬНАЯ  
ИНФОРМАЦИЯ  
О ВЫСТАВКЕ



23-25 ОКТЯБРЯ 2024 г

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ТЕРРИТОРИЯ «СИРИУС»

**VE ASIA EXPO | 2024**

## II Международный сельскохозяйственный конгресс ASIAEXPO



Мероприятие организовано при государственной поддержке в интересах российского аграрного бизнеса

**50** стран-участниц

**76 000 м<sup>2</sup>** выставочного пространства

**350** ведущих компаний отрасли

**300** экспертов-практиков

**10 000** целевой аудитории

**Комьюнити гарантов продовольственной безопасности - стань одним из нас!**

**АЗИЯЭКСПО - открываем мир возможностей!**

