

научно-теоретический и производственный журнал

# АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN  
SCIENCE

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

2  
2025



## ЗООТЕХНИЯ

Переваримость питательных веществ корма и состояние обмена веществ у утят при применении пробиотического препарата

67

## АГРОНОМИЯ

Изменение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

123

## ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Оценка бактерицидных и органолептических свойств монофлорных медов из разных регионов России

159





# XXXIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС MVC 2025



**9-11  
АПРЕЛЯ  
2025**

**ОБУЧЕНИЕ! ОТДЫХ! ОБЩЕНИЕ!**



18+



**Event-пространство Амальтея Hall**  
Инновационный центр Сколково  
Большой бул., 40. Москва

[www.vetcongress.ru](http://www.vetcongress.ru)  
[infosupport@vetcongress.ru](mailto:infosupport@vetcongress.ru)  
+7 (495) 989 44 60



ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ  
ПИТАНИЯ  
И БЛАГОПОЛУЧИЯ  
ЖИВОТНЫХ

**par+ners**

**ВЕТПРОМ**

**ВЕТКОМ**  
ГРУППА КОМПАНИЙ ВЕК

**Валта**  
пет продукты

**МИРАЛЕК**

**ВЕТБИОХИМ**

**NITA-FARM**  
ветеринарные препараты



**KRKA**

**МОСЗООВЕТНАБ**  
наши люди, наши животные

**LIMKORM**  
GROUP

**apicenna**  
ветеринарные препараты



**BEST DINNER**  
Realistic Taste Concept



**neoterica**  
ветеринарные препараты





ПРОДУМАННЫЙ ДИЗАЙН, ПРОСТОТА  
В ОБРАЩЕНИИ И ИСКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ  
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ – БЛАГОДАРЯ  
ЭТОМУ **ВЕТЕРИНАРНЫЕ  
ИНСТРУМЕНТЫ ВЕТПРОФИ СТАЛИ  
ВОСТРЕБОВАННЫМИ** ВО МНОГИХ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ



Широкий  
ассортимент



Гарантия 1 год  
на инструменты



Собственный **сервисный  
центр** и техническая  
поддержка



**Новый бренд**, доступный для  
российских производителей  
животного белка



Продукция **высокого качества**,  
выпускаемая на роботизиро-  
ванном производстве



Более 100 наименований  
ветеринарных инструментов  
для животноводства



[vetpribor.ru](http://vetpribor.ru)

# 02 · 2025

Agrarnaya nauka

Том 391, номер 02, 2025

Volume 391, number 02, 2025

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»

© авторы

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



DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

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

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

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

**Шеф-редактор** Костромичева И.В.

**Научный редактор** Долгая М.Н.

**Дизайн и верстка** Антонов С.Н.

**Редактор-корректор** Кузнецова Г.М.

**Библиограф** Нерозник Д.С.

**Журналист** Седова Ю.Г.

**Менеджер по работе с клиентами** Теплова А.С.

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

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

**Тел. редакции** +7 (916) 616-05-31

[agrovetpress@inbox.ru](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 12.02.2025

Дата выхода в свет 24.02.2025

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>

# АГРАРНАЯ НАУКА

# AGRARIAN SCIENCE

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

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

## Издатель:

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

## Главный редактор

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

## Заместитель главного редактора:

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

## Редакционная коллегия

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

#### РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# 16+



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

### АГРОНОМИЯ

#### РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

#### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

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

**Дарвиш А.М.Г.**, PhD, Город научных исследований и технологических приложений, г. Александрия, Египет.

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

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

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

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

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

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

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

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

**Фавзи М.М.**, PhD, профессор, Маврикийский университет, г. Редуит, Маврикий.

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

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

**Шехата М.Г.М.**, PhD, Город научных исследований и технологических приложений, г. Каир, Египет.

#### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

#### РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

#### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

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

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

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

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

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

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





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

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

Founder: Limited liability company  
“VIC Animal Health”

Senior editor Kostromicheva I.V.  
Executive editor Dolgaya M.N.  
Design and layout Antonov S.N.  
Editor-proofreader Kuznetsova G.M.  
Bibliographer Neroznik D.S.  
Journalist Sedova Yu.G.  
Account Manager Teplova A.S.

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

Postal address: 109147, Russian Federation,  
Moscow, 3 Marxistskaya Str., 2 building  
Editorial phone +7 (916) 616-05-31  
[agrovetpress@inbox.ru](mailto: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](mailto: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 12.02.2025  
Release date 24.02.2025

The journal is printed in the printing house of United Printing Complex LLC:  
7, building 2, fl. 2, room 3-4, Derbenevskaya embankment, Moscow 115114.  
Tel. +7 (499) 130-60-19,  
[info@opk.bz](mailto:info@opk.bz), <https://opk.bz>

# АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

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

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

## Publisher:

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

## EDITOR-IN-CHIEF

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

## Deputy Editor-in-Chief

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

## THE EDITORIAL BOARD

### ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

#### EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

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



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

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

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

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

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

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

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

## AGRONOMY

### EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

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

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

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

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

### MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

### EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

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

**Darwish A.M.G.**, PhD, City of Scientific Research and Technological Applications, Alexandria, Egypt.

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

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

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

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

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

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

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

**Shehata M.G.M.**, PhD, City of Scientific Research and Technological Applications, Cairo, Egypt.

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

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

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

### MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

### EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

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

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

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

### MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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



## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ПРАКТИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ И РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<b>НОВОСТИ</b>	8
<b>СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ</b>	

В третий раз прошла церемония награждения лауреатов Международной премии «Диалог»	10
Александр Двойных: «Наша задача — обеспечить население качественной и доступной продукцией»	12
Юрий Андреев: «Санкт-Петербург благополучен по бешенству животных»	13
О совершенствовании права ЕАЭС в племенном животноводстве	14
ВАРПЭ: ситуация на рынке красной икры приходит в норму	18
Использование холодного и горячего тумана для дезинфекции	20
Микробиология силосования	22
Инсулинорезистентность у молочных коров: как поддержать здоровье животных в транзитный период	25
Молочное животноводство в России: тенденции и перспективы	26
В приоритете — комплексный подход к обеспечению высококвалифицированными кадрами предприятий АПК	27
Резистентность вредных объектов и пути ее решения в сельском хозяйстве на примере картофеля	28

### ЦИФРОВИЗАЦИЯ АПК

Инновационные блокчейн-решения для оптимизации цепочек поставок в АПК: опыт крупных агрохолдингов	31
Использование технологий больших данных для повышения эффективности сельскохозяйственного производства в крупных агрохолдингах	33
Цифровая трансформация сельского хозяйства: возможности и вызовы внедрения технологий больших данных	36
Применение технологий больших данных и нейронных сетей в целях оптимизации сельскохозяйственного производства	38

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

#### ОТ РЕДАКТОРА

Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Сравнительный анализ за трехлетний период	42
---	----

#### ВЕТЕРИНАРИЯ

Кочеткова И.А., Марюшина Т.О., Крюковская Г.М., Матвеева М.В. Значимость магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике судорожного синдрома у мелких домашних животных	54
Галеева А.Г., Ахунова А.Р., Хаммадов Н.И., Сорокина Д.А., Яруллин А.И., Хафизова А.М., Мухаммадиев Ришат С., Мухаммадиев Ринат С., Каримуллина И.Г. Идентификация вариантов вируса диареи крупного рогатого скота — контаминантов производственных клеточных линий	61

#### ЗООТЕХНИЯ

Топурия Л.Ю., Топурия Г.М. Переваримость питательных веществ корма и состояние обмена веществ у утят при применении «Иммунофлора»	67
Миронова И.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н., Сликин А.А. Исследование влияния гормонального статуса на продуктивные качества бычков герефордской породы КРС	73
Топурия Л.Ю., Топурия Г.М. Влияние гуминового препарата на мясную продуктивность и развитие внутренних органов у утят	80
Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Лаптев Г.Ю., Филиппова В.А., Дубровин А.В., Тюрина Д.Г., Соколова К.А., Заикин В.А., Пономарева Е.С., Ключникова И.А., Фисинин В.И., Егоров И.А., Егорова Т.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н., Дегтярева О.Н. Влияние различных форм лизина и метионина в рационе бройлеров на профиль транскрипции ключевых генов	87
Решетникова А.А., Белоус А.А., Отрадных П.И., Требуных Е.А., Контэ А.Ф., Волкова В.В., Зиновьева Н.А. Определение экспрессии генов TNFAIP3, CDS1 и MTAP в популяции свиней породы крупная белая	95
Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Оценка влияния генотипа по голштинской породе на продуктивные качества коров	101
Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Ермолова Е.М., Ермолов С.М., Неверова О.П., Долгая М.Н. Влияние сорбента и пробиотика на продуктивность цыплят-бройлеров	108
Свазлян Г.А., Попов В.С. Регуляция микробиома желудочно-кишечного тракта и метаболизма в организме у телят	115

#### АГРОНОМИЯ

Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Изменение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы	123
Лиходеевский Г.А., Шанина Е.П. Разнообразие фосформобилизующих, азотфиксирующих и патогенных бактерий в почвах возделываемых полей Свердловской области	129
Казахмедов Р.Э. Технология восстановления угнетенных филлоксерой корнесобственных растений винограда	138
Савинич Е.А. Изменчивость плодов и семенного потомства абрикоса сорта Академик и сортообразца Поздний Филиппова на юге Средней Сибири	145

#### АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Крамсаков Д.Е., Сургаев В.В., Кольга А.Д., Столповских И.Н., Александров В.А. Архитектура гидроприводов промышленного и мобильного оборудования с повышенными энергоэффективностью и функциональностью	150
Ляцук Ю.О., Лизунова А.С., Мурашова Е.А., Санкин А.В., Самарин Г.Н. Оценка бактерицидных и органолептических свойств монофлорных медов из разных регионов России	159

#### РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Киселев С.В., Сеитов С.К., Самсонов В.А., Филимонов И.В. Ненаблюдаемая экономика в аграрном секторе России: пространственный аспект	168
---	-----

## CONTENTS

### INFORMATIONAL, PRACTICAL, ANALYTICAL AND ADVERTISING MATERIALS

**NEWS** ..... 8

### INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

The award ceremony for the winners of the International Dialogue Prize was held for the third time .....	10
Alexander Dvoynikh: "Our task is to provide the population with high-quality and affordable products" .....	12
Yuri Andreev: "St. Petersburg is safe in terms of animal rabies" .....	13
On improving the EAEU law in livestock breeding .....	14
The situation on the red caviar market is returning to normal .....	18
Using cold and hot fog for disinfection .....	20
Microbiology of silage .....	22
Insulin resistance in dairy cows: how to maintain animal health during the transition period .....	25
Dairy farming in Russia: trends and prospects .....	26
A priority is an integrated approach to providing highly qualified personnel to agricultural enterprises .....	27
Resistance of harmful objects and ways to solve it in agriculture using the example of potatoes.....	28

### DIGITALIZATION OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Innovative Blockchain Solutions for Optimizing Supply Chains in the Agro-Industrial Complex: Experience of Large Agricultural Holdings .....	31
Technologies to Improve the Efficiency of Agricultural Production in Large Agricultural Holdings.....	33
Digital Transformation of Agriculture: Opportunities and Challenges of Implementing Big Data Technologies.....	36
Application of Big Data Technologies and Neural Networks to Optimize Agricultural Production .....	38

### SCIENTIFIC ARTICLES

#### EDITOR'S COLUMN

Rebezov M.B., Violin B.V. Comparative analysis over a three-year period.....	42
--	----

#### VETERINARY MEDICINE

Kochetkova I.A., Maryushina T.O., Kryukovskaya G.M., Matveeva M.V. The importance of magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of seizures in small pets .....	54
Galeeva A.G., Akhunova A.R., Khamdov N.I., Sorokina D.A., Yarullin A.I., Khafizova A.M., Mukhammadiev Rishat S., Mukhammadiev Rinan S., Karimullina I.G. Identification of bovine viral diarrhea virus variants — contaminants of production cell lines.....	61

#### ZOOTECHNICS

Topuria L.Yu., Topuria G.M. Digestibility of feed nutrients and metabolic status in ducklings using "Immunoflor" .....	67
Mironova I.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Slinkin A.A. Research of influence of hormonal status on productive qualities of bulls of Hereford cattle breed .....	73
Topuria L.Yu., Topuria G.M. Impact of humic drug on meat productivity and development of internal organs in ducklings .....	80
Yildirim E.A., Ilyina L.A., Laptev G.Yu. Filippova V.A. Dubrovin A.V., Turina D.G., Sokolova K.A., Zaikin V.A., Ponomareva E.S., Klyuchnikova I.A., Fisinin B.I., Egorov I.A., Egorova T.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N., Degtyareva O.N. The effect of various forms of lysine and methionine in the broiler diet on the transcription profile of key genes.....	87
Reshetnikova A.A., Belous A.A., Otradvov P.I., Trebunskih E.A., Conte A.F., Volkova V.V., Zinovieva N.A. Determination of TNFAIP3, CDS1 and MTAP gene expression in a population of large white pigs .....	95
Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Assessment of the effect of the Holstein breed genotype on the productive qualities of cows. ....	101
Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Ermolova E.M., Ermolov S.M., Neverova O.P., Dolgaya M.N. Effect of sorbent and probiotic on productivity of broiler chickens .....	108
Svazlyan G.A., Popov V.S. Regulation of the gastrointestinal microbiome and body metabolism in calves.....	115

#### AGRONOMY

Dubovik E.V., Dubovik D.V. Changes in the macrostructural state of chernozem typical for various technologies of winter wheat cultivation .....	123
Lihodeevskiy G.A., Shanina E.P. Diversity of phosphate-solubilizing, nitrogen-fixing and pathogenic bacteria in soils of cultivated fields of the Sverdlovsk region. ....	129
Kazakhmedov R.E. Technology of restoration of phylloxera-suppressed root-related grape plants.....	138
Savinich E.A. Variability of fruits and seed progeny cultivars apricot Academic and Pozdny Filipyev in the South of Central Siberia .....	145

#### AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Kramsakov D.E., Surgaev V.V., Kolga A.D., Stolpovskikh I.N., Alexandrov V.A. Architecture of hydraulic drives of industrial and mobile equipment with increased energy efficiency and functionality .....	150
Lyashchuk Yu.O., Lizunova A.S., Murashova E.A., Sankin A.V., Samarin G.N. Evaluation of bactericidal and organoleptic properties of monofloral honeys from different regions of Russia .....	159

#### REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Kiselev S.V., Seitov S.K., Samsonov V.A., Filimonov I.V. Non-Observed Economy in Russian Agricultural Sector: Spatial Aspect .....	168
--	-----





## РФ ПРОДОЛЖАЕТ ДЕМОНИСТРИРОВАТЬ ВЫСОКИЕ ТЕМПЫ ЭКСПОРТА ЗЕРНА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

В 2024 году РФ сохранила высокие темпы экспорта зерна и продуктов его переработки, несмотря на неблагоприятные погодные условия в ряде регионов, проинформировали в Федеральной службе по ветеринарному и фитосанитарному надзору.

Общий объем отгрузок превысил 86,7 млн т — на 2,8 млн т больше показателя 2023 года, значительная доля экспортных поставок — 73,1 млн т (+4 млн т к предшествующему году) — пришлось на зерновые культуры. Всего были вывезены 57,5 млн т пшеницы, 8,2 млн т ячменя, 6,7 млн т кукурузы, отметили в Россельхознадзоре.

(Источник: Официальный сайт Россельхознадзора)

## ПРЕЗИДЕНТ ПОДПИСАЛ ЗАКОН ОБ ОТМЕНЕ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДИМЫХ НА ЭКСПОРТ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ

Президент В.В. Путин подписал закон об отмене обязательной государственной регистрации для производимых на экспорт пестицидов и агрохимикатов.

В сообщении отмечено, что, согласно закону, обращение пестицидов и агрохимикатов на территории России теперь будет возможно только после их госрегистрации в специальном реестре, который будет вести Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. Она будет отвечать за порядок госрегистрации пестицидов или агрохимикатов и отказа в их регистрации, а также за организацию регистрационных испытаний пестицидов и агрохимикатов. Производство и дальнейшее применение на территории РФ пестицидов и агрохимикатов, не прошедших госрегистрацию, строго запрещаются. При этом документ устанавливает, что пестицидам и агрохимикатам, которые предназначены исключительно для экспорта и не будут применяться в России, госрегистрация не нужна.

В законе указано, что ввоз в РФ образцов пестицидов для проведения испытаний и (или) научных исследований может осуществляться без госрегистрации только в том случае, когда объем ввозимого вещества не превышает объем, необходимый для проведения запланированных испытаний и исследований (предоставление заключения на их ввоз будет подтверждаться записью в реестре заключений).

Причем свидетельства о госрегистрации пестицидов или агрохимикатов, выданные до дня вступления данного закона в силу, будут действительны до окончания указанного в них срока. Выписка из реестра пестицидов и агрохимикатов, в свою очередь, будет приравниваться к свидетельству о госрегистрации пестицидов или агрохимикатов, предусмотренному актами ЕАЭС.

Данный закон вступит в силу с 01.09.2025, уточнило информагентство.

(Источник: ТАСС)

## СЕЛЕКЦИОНЕРЫ ВЫВЕЛИ УСТОЙЧИВЫЙ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ СОРТ ПШЕНИЦЫ

Хорошую урожайность и устойчивость к болезням показал сорт яровой мягкой пшеницы Сигма 5, выведенный селекционерами лаборатории яровой мягкой пшеницы Омского АНЦ на основе генетической линии, созданной учеными Института цитологии и генетики СО РАН (ИЦИГ СО РАН), сообщила пресс-служба учреждения.

Как отмечено в сообщении, селекция нового сорта проведена на основе гомозиготной ДГ-линии (гаплоида с удвоенным числом хромосом), созданной сотрудниками лаборатории хромосомной инженерии злаков ИЦИГ СО РАН на основе линии ДГ-48-3, устойчивой к патогенам. Данный подход в селекции позволяет сократить время создания почти вдвое (на создание сорта мягкой пшеницы традиционными методами уходит 10–15 лет, а Сигма 5 создан за 6 лет). Это обусловлено тем, что исходная линия ДГ-48-3, на основе которой создан сорт, является носителем комплекса генов, контролирующих устойчивость к этим патогенам.

По итогам успешных сортоиспытаний сорт Сигма 5 включен в Государственный реестр селекционных достижений, проинформировали в ИЦИГ СО РАН.

(Источник: Интерфакс)



## НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЫНКЕ СТРАХОВАНИЯ СЕЛЬХОЗРИСКОВ ДОСТИГНУТ МАКСИМАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СТРАХОВЫХ ВЫПЛАТ

В минувшем году в России выплаты аграриям за гибель застрахованных сельхозкультур и поголовья по всем категориям договоров агрострахования, по предварительным итогам, составили не менее 8,1 млрд руб., информирует Национальный союз агростраховщиков (НСА).

По данным НСА, растениеводы получили в 2024 году за погибший урожай почти 4,5 млрд руб. страховых выплат, из них по субсидируемой программе возмещения гибели урожая при ЧС — около 1,5 млрд руб. Животноводы агростраховщики компенсировали утрату поголовья на сумму 2,2 млрд руб., производителям товарной аквакультуры поступили более 1,4 млрд руб.

Как пояснил президент НСА К. Биждов, сумма страховых выплат аграриям за 2024 год еще будет скорректирована в сторону увеличения, поскольку союз пока не располагает окончательными сведениями о перечисленном страховом возмещении по всем категориям договоров в конце года. «Тем не менее можно констатировать, что на российском рынке страхования сельхозрисков достигнут максимальный показатель страховых выплат с момента вступления в силу закона об агростраховании с господдержкой в 2012 году», — резюмировал он. По словам главы НСА, это связано как с обеспечением значимого охвата сельхозкультур и поголовья системой агрострахования с господдержкой, которая является фундаментальным элементом всего рынка страхования сельхозрисков РФ (застрахованы почти пятая часть посевов под урожай 2024 года и почти половина животных), так и с повышением частоты опасных явлений.

(Источник: Официальный сайт НСА)

Является победителем  
конкурсов инноваций  
на выставках:



## ВАКЦИНА ПРОТИВ КЛОСТРИДИОЗОВ СВИНЕЙ ИНАКТИВИРОВАННАЯ

# ВЕРРЕС-КЛОСТ-СВ

- Вакцина предназначена для специфической профилактики клостридиозов свиней, вызываемых токсинами *Cl. perfringens*, типов А, С и D и *Cl. novyi*, тип В: анаэробная энтеротоксемия, злокачественный отек, некротический энтерит, внезапная гибель свиноматок.
- Вакцина изготовлена с использованием отечественных штаммов клостридий, актуальных для территории РФ.
- Вакцина индуцирует формирование выраженной стойкой защиты, включая развитие колострального иммунитета.
- Препарат разработан в рамках программы импортонезависимости и не имеет российских аналогов.



[www.vetbio.ru](http://www.vetbio.ru)

+7 (495) 640-1714,

[info@vetbio.ru](mailto:info@vetbio.ru)

+7 (800) 777-9814



# В ТРЕТИЙ РАЗ ПРОШЛА ЦЕРЕМОНИЯ НАГРАЖДЕНИЯ ЛАУРЕАТОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРЕМИИ «ДИАЛОГ»

22 января на выставке «АГРОС-2025» ИД «Аграрная наука» наградил научные коллективы, вузы и НИИ, участников сферы АПК, способствующих развитию коммуникаций и диалога между наукой, образованием, бизнесом и государством.

Провела церемонию, как и в предыдущие годы, член редколлегии журнала «Аграрная наука» профессор Российской академии кадрового обеспечения АПК, доктор ветеринарных наук С.Ю. Концевая.

Для вручения премии на сцену поднялся научный руководитель, президент Российского государственного аграрного университета — МСХА им. К.А. Тимирязева профессор, академик РАСХН и РАН, доктор экономических наук В.М. Баутин (Институт экономики и управления АПК РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева), а также декан агропромышленного

факультета Донского государственного технического университета Д.В. Рудой и научный редактор журнала «Аграрная наука», председатель организационного комитета премии кандидат биологических наук М.Н. Долгая.

Список лауреатов премии «Диалог»

## Номинация «Научные коммуникации» по специальностям «ветеринария и зоотехния»

- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет»;
- Научно-производственное предприятие ООО «БИОТРОФ+»;
- ООО «Ветбиохим»;
- Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева»;
- Научно-производственная компания «СИНТОЛ»;



• Уральский государственный аграрный университет.

## Номинация «Научные коммуникации» по специальности «агрономия»

- Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»»;
- Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии».





#### **Номинация «Научные коммуникации» по специальностям «агроинженерия и пищевые технологии»**

- Северо-Кавказский федеральный университет;
- Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН.

#### **Номинация «Молодой ученый»**

- Аспирант Южно-Уральского государственного аграрного университета А.О. Дерхо.

#### **Номинация «Педагог и наставник»**

- Президент Российской ассоциации практикующих ветери-

нарных врачей заслуженный ветеринарный врач Российской Федерации, кандидат ветеринарных наук С.В. Середа.

#### **Номинация «Диалог государства и отрасли»**

- Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ»);
- Управление государственного ветеринарного надзора Россельхознадзора Российской Федерации;
- Департамент ветеринарии Минсельхоза Российской Федерации.

#### **Номинация «Межотраслевые коммуникации»**

- Союзмолоко;
- Национальный союз свиноводов;
- Национальный союз птицеводов;
- Ассоциация производителей КРС голштинской породы;
- Национальная ассоциация производителей индейки;
- Национальная мясная ассоциация.

#### **Номинация «Бизнес-коммуникации»**

- Лабораторно-исследовательский центр «АГРОПЛЕМ»;
- Научно-производственная компания ООО «Асконт+»;

- Компания «Хеликон»;
- Рекламное агентство «ООО «Медиа Импакт»».

#### **Номинация «Международное сотрудничество»**

- генеральный директор ООО «Агрос Экспо Групп» Г.А. Мындру;
- директор Международной выставки-форума AGROBRICS+, член рабочей группы Делового совета БРИКС по агробизнесу Ю.М. Кацнельсон;
- генеральный директор ООО «Азияэкспо» И.Ю. Милованов.

#### **Номинация «Конгрессно-выставочная деятельность»**

- оргкомитет Международной выставки оборудования, технологий, сырья и ингредиентов для пищевой и перерабатывающей выставки «Агропродмаш»;
- проект «Лидеры АПК».

#### **Номинация «Информационные коммуникации»**

- «Ветеринария и жизнь»;
- портал «Мясной эксперт»;
- журнал и портал «Ценовик»;
- журнал «Эффективное животноводство»;
- Центр технологического развития и профессионального образования.





# АЛЕКСАНДР ДВОЙНЫХ: «НАША ЗАДАЧА — ОБЕСПЕЧИТЬ НАСЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ И ДОСТУПНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ»

В МИА «Россия сегодня» прошла пресс-конференция на тему «Итоги работы Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию в период осенней сессии 2024 года и планы на 2025 год».

Особое внимание в ходе осенней сессии парламентарии уделили вопросам развития АПК и его финансовой поддержки, увеличения объемов экспорта агропродукции, повышения доступности продовольствия, качественных продуктов и обеспечения продовольственной безопасности страны, а также предотвращения заноса различных болезней животных. Об этом сообщил на пресс-конференции глава Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию А. Двойных. Важнейшие задачи — увеличение объемов производства сельхозпродукции, поддержка фермерских хозяйств и малого бизнеса, заявил он. «Уже есть первые результаты: появляются агроагрегаторы в регионах, — сказал законодатель. — Мы видим, что доверие фермеров и крупных торговых сетей начинает расти — всё больше фермерской продукции появляется на прилавках».

В числе ключевых направлений деятельности он выделил и развитие сельских территорий, улучшение условий жизни на селе, сохранение доли сельского населения и повышение качества его

жизни, вовлечение сельскохозяйственных земель в активный экономический оборот. «Земля — главный производственный ресурс», — отметил парламентарий. Потеря сельхозземель является серьезным риском для нашей страны, добавил он.

Сенатор сделал акцент на важности продолжения работы в области рыбохозяйственного комплекса, необходимости реализации новых инициатив для обеспечения доступности рыбы и поддержания стабильности в рыболовных регионах. «Наша задача — обеспечить население качественной и доступной продукцией», — сказал он. Парламентарий отметил определенный разрыв в потреблении рыбы в европейской части России. «Рекордно низкий объем лососевой путины этого года приводит, к сожалению, к увеличению стоимости и на рыбу, и на традиционный новогодний продукт — красную икру», — заявил он. Решить эту проблему, по словам законодателя, должно развитие аквакультуры. В некоторых регионах страны уже достигнуты успехи в данной сфере, и планируется продолжить эту практику, заключил он.

Российский АПК успешно развивается и достиг высоких ре-

зультатов, выполняя основные цели продовольственной безопасности, тем не менее еще остается нерешенным ряд задач. В частности, по увеличению производства овощей и фруктов, отметил первый заместитель председателя Комитета С. Митин. «Президент поставил задачу к 2030 году увеличить объем производства сельскохозяйственной продукции на четверть, а экспорта — в полтора раза. Поэтому так важно улучшать качественные характеристики продукции, которую мы производим», — сказал он. Это необходимо, заметил парламентарий, в том числе для того, чтобы показать нашим зарубежным потребителям, что страна производит качественную агропродукцию.

Сенатор напомнил, что на текущий момент уже принят (и подписан главой государства) закон, регулирующий качество меда, а также закон об органической продукции, который помогает развивать данный сектор. По его словам, сейчас более 500 компаний производят органическую продукцию. Продолжение работы в этом направлении позволит еще более улучшить качество отечественной сельхозпродукции, что ценно и для внутреннего рынка, и для экспорта. Повысить производительность труда предприятиям агропрома, по мнению законодателя, поможет национальный проект, направленный на технологическую независимость в АПК (документ включает несколько направлений: семеноводство и генетику, биотехнологию, ветеринарию, технику для сельского хозяйства и проект «Кадры»).

Ю.Г. Седова



## ЮРИЙ АНДРЕЕВ: «САНКТ-ПЕТЕРБУРГ БЛАГОПОЛУЧЕН ПО БЕШЕНСТВУ ЖИВОТНЫХ»

Руководитель Северо-Западного межрегионального управления Россельхознадзора Олег Емцев и начальник Управления ветеринарии Санкт-Петербурга Юрий Андреев приняли участие в пресс-конференции «Профилактика распространения инфекционных болезней среди животных». Мероприятие, посвященное вопросам обеспечения эпизоотического и ветеринарно-санитарного благополучия региона, прошло на площадке ТАСС (г. Санкт-Петербург).

Руководитель Северо-Западного межрегионального управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору Олег Емцев, информируя о предварительных итогах 2024 года, заострил внимание на увеличении на 9%, по сравнению с 2023 годом, объема импортных поставок мяса и мясопродуктов, поступающих через Большой порт Санкт-Петербурга. Всего с начала года, сообщил он, через этот порт поступило 168,2 тыс. т мяса и мясопродуктов (в предшествующем году — 154,7 тыс. т). Большую часть из них (141,1 тыс. т) составляет говядина и говяжьи субпродукты, второе место по объему (12,5 тыс. т) занимает мясо птицы, третье (7,5 тыс. т) — буйволатина из Индии, уточнил спикер. Основными странами-поставщиками продукции, по его данным, является ряд государств Латинской Америки: Бразилия (58,4 тыс. т), Аргентина (40,2 тыс. т), Парагвай (26,1 тыс. т) и Уругвай (17,9 тыс. т).

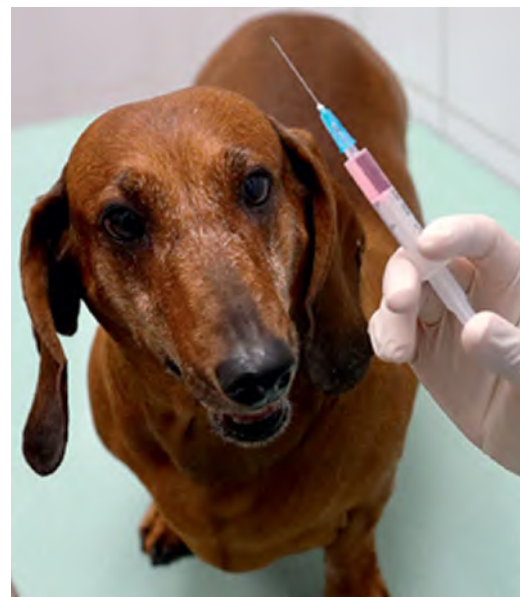
Под усиленным надзором инспекторов Управления — поступление на территорию региона живых животных, отметил эксперт. «В целях сохранения эпизоотического благополучия перемещение мелких домашних животных (МДЖ) осуществляется строго в соответствии с законодательством. Принимая животное, — например, кошку, собаку, — мы обязательно обращаем внимание на нали-

чие у него прививки от бешенства», — сказал он. На текущий момент не допущено к ввозу 63 головы МДЖ, сообщил чиновник. «Мы их не допустили, так как не получили подтверждения о проведении всех необходимых профилактических мероприятий, в том числе вакцинации», — пояснил он.

Акцентируя значимость мероприятий по предотвращению распространения в регионе африканской чумы свиней (АЧС) — опасного острозаразного вирусного заболевания, Олег Емцев сообщил об особом внимании специалистов ведомства к поголовью дикого кабана, обитающему на территории области. «Сейчас средняя плотность популяции дикого кабана входит в установленные Минприродой нормы», — заверил он.

Начальник Управления ветеринарии Санкт-Петербурга Юрий Андреев отметил важность профилактики распространения ряда общих для человека и животных заболеваний, в том числе бруцеллеза, туберкулеза и бешенства. «Профилактические мероприятия против этих заболеваний проводятся на основании ежегодного Плана диагностических исследований, ветеринарно-профилактических и противозoonотических мероприятий в хозяйствах всех форм собственности на территории Санкт-Петербурга», — проинформировал он.

Чиновник напомнил о необходимости вакцинации живот-



ных, — и домашних, и обитающих на улицах, — против бешенства. «Санкт-Петербург сегодня благополучен по бешенству животных, но в Российской Федерации случаи бешенства диких и домашних животных регистрируются», — заметил он.

Согласно экспертным данным, за период оказания государственной услуги по бесплатной комплексной вакцинации собак количество желающих ею воспользоваться увеличилось в 3 раза (начинали проводить вакцинацию по госуслуге при плане привить 34 тыс., а сейчас прививка проводится уже среди 100 тыс. собак), отметил спикер. Кроме того, в Северной столице ежегодно прививаются против бешенства порядка 80 тыс. кошек. Каждый случай подозрения в заболевании животного бешенством берется на контроль государственной ветеринарной службой Санкт-Петербурга, далее оно обязательно карантинруется под наблюдением ветеринарных специалистов, — диагностические исследования на бешенство головного мозга проводятся во всех случаях при наличии показаний, сообщил эксперт.

Ю.Г. Седова



## О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРАВА ЕАЭС В ПЛЕМЕННОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

В целях реализации статьи 95 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года и в соответствии со статьей 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза, от 25 октября 2019 года Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии (далее — ЕЭК, Комиссия) от 2 июня 2020 года № 74 утверждено Положение о проведении молекулярной генетической экспертизы племенной продукции государств — членов Евразийского экономического союза (далее — ЕАЭС, государства-члены, Положение).

Положение направлено на унификацию требований в области племенного дела, повышение генетического потенциала животных, наращивание объемов производства конкурентоспособной племенной продукции путем исключения из системы воспроизводства сельскохозяйственных животных некачественной племенной продукции и носителей генетически детерминированных заболеваний.

Положение определяет порядок проведения молекулярной генетической экспертизы и выдачи генетического сертификата.

В Положении отражены требования к лабораториям, осуществляющим проведение молекулярной генетической экспертизы, установлены случаи, в которых необходимо обязательное проведение генетической экспертизы, а также приводятся перечни:

- сведений, включаемых в реестр учета племенных животных и в генетический сертификат по результатам молекулярной генетической экспертизы;

- ДНК-маркеров, необходимых для проведения экспертизы достоверности происхождения племенной продукции (материала);

- ДНК-маркеров генетически детерминированных заболеваний сельскохозяйственных племенных животных, наличие которых необходимо проверять у племенных животных.

Обязательной молекулярной генетической экспертизе



подлежат племенные производители сельскохозяйственных животных (КРС, лошади, овцы, козы, свиньи, олени, верблюды), перемещаемые между государствами-членами, племенные производители и доноры эмбрионов сельхозживотных, спермопродукция и эмбрионы которых перемещаются между государствами-членами.

Быки-производители и генетический материал, полученный от них, должен проверяться на носительство ряда генетических аномалий и гаплотипов, связанных с генетически детерминированными заболеваниями и эмбриональной смертностью, перечень которых определен Приложением № 3 к данному Положению (далее — Перечень заболеваний). Животные — носители таких аномалий, а также семя от таких животных

не допускаются к ввозу и перемещению по таможенной территории Союза.

Экспертным отраслевым сообществом с учетом анализа практики проведения молекулярно-генетической экспертизы племенной продукции был выявлен ряд заболеваний, имеющих генетическую природу, но не включенных в Перечень заболеваний данного Положения. В частности, с 2020 года из США стала поступать информация о рождении нежизнеспособных телят, которые не могут подняться на ноги после рождения и погибают в течение первых недель жизни от сопутствующих заболеваний<sup>1</sup>.

В 2023 году описан гаплотип, связанный с развитием синдрома врожденной мышечной слабости у телят голштинской породы<sup>2</sup>. Носителями данной

<sup>1</sup> <https://www.psu.edu/news/research/story/penn-state-dairy-cattle-geneticist-fmfs-mutant-gene-threatening-holstein-calves/>

<sup>2</sup> [https://www.jdscommun.org/article/S2666-9102\(22\)00091-6/pdf](https://www.jdscommun.org/article/S2666-9102(22)00091-6/pdf)

аномалии оказались в том числе два быка с высоким геномным прогнозом, широко использовавшиеся по всему миру, что привело к быстрому накоплению значительного количества носителей в голштинской популяции и выщеплению гомозигот с фенотипическим выражением синдрома.

В течение трех лет специалистами США велась работа по тестированию бычьего поголовья и спермы, реализуемой в стране. С февраля 2024 года Голштинская ассоциация США официально включила синдром врожденной мышечной слабости у телят голштинской породы в перечень обязательных для исследования аномалий.

Анализ данных по импорту семени из США и Канады в Россию показал, что порядка 30% быков, семя которых ввезено, являются носителями данной аномалии. Кроме того, в Перечне заболеваний отсутствуют гаплотип 7 голштинской породы (НН7), артрогрипоз айрширской породы (АМ), нейропатия джерсейской породы (JNS), а также эритропоэтическая протопорфирия лимузинского скота (РТ).

С учетом изложенного в целях защиты рынка государств — членов ЕАЭС от обращения племенной продукции, являющейся носителем ряда генетических аномалий и гаплотипов, связанных с генетически детерминированными заболеваниями, а также для развития собственного рынка племенных ресурсов в рамках ЕАЭС по предложению Министерства сельского хозяйства Российской Федерации Решением Коллегии Комиссии от 17 декабря 2024 года внесены соответствующие изменения в Положение<sup>3</sup>.

Решением предусмотрена корректировка Перечня генетически детерминированных заболеваний (приложение № 3 к Положению) для КРС с учетом выявляемых новых и исключения неактуальных заболеваний, а также актуализация в соответствии с международной базой данных мутаций животных с менделевским типом наследования (OMIA). В частности, Перечень заболеваний дополнен маркерами следующих генетических заболеваний (согласно ID в OMIA):

- MW — синдром врожденной мышечной слабости (OMIA ID

002819-9913), НН7 — голштинский гаплотип 7 (OMIA ID 001830-9913) — для КРС голштинской черно-пестрой породы, голштинской красно-пестрой породы и голштинизированного скота других пород;

- AM — артрогрипоз айрширской породы (OMIA ID 002022-9913) — для КРС красных европейских пород (айрширской, красной шведской, красной датской, англеской, Viking Red) и пород, полученных в результате скрещивания с красными европейскими породами;

- MD — деформация нижней челюсти (OMIA ID 002288-9913), MSUD — болезнь кленового сиропа (OMIA ID 000627-9913) — для КРС герефордской, казахской белоголовой пород и пород, полученных в результате скрещивания с герефордской породой;

- JNS — нейропатия джерсейской породы (OMIA ID 002298-9913) — для КРС джерсейской породы и пород, полученных в результате скрещивания с джерсейской породой;

- MSUD — болезнь кленового сиропа (OMIA ID 000627-9913) — для КРС шортгорнской молочной,



<sup>3</sup> [https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01446600/err\\_20122024\\_140](https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01446600/err_20122024_140)



шортгорнской мясной, галловейской, кианской пород и пород, полученных в результате скрещивания с шортгорнской породой;

- РТ — протопорфирия (OMIA ID 000836-9913) — для КРС лимузинской породы и пород, полученных в результате скрещивания с лимузинской породой.

Из Перечня заболеваний исключены DUMPS — дефицит уридинмонофосфатсинтазы (OMIA ID 000262-9913), ВС — цитруллинемия (OMIA ID 000194-9913) — для КРС голштинской черно-пестрой породы, голштинской красно-пестрой породы и голштинизированного скота других пород.

Внесены редакционные уточнения в ряд наименований генетически детерминированных заболеваний согласно ID в OMIA. Изменения позволят исключить из системы воспроизводства некачественную племенную продукцию, носителей генетически детерминированных заболеваний и будут способствовать повышению генетического потенциала племенных сельскохозяйственных животных государств — членов Союза.

Важным направлением дальнейшего развития племенного животноводства является унификация права государств — членов ЕАЭС на основе общепризнанных рекомендаций и методик Международного комитета по учету животных (ICAR) в области племенного животноводства.

Использование государствами — членами ЕАЭС наилучших международных практик в сфере племенного животноводства не только позволяет повышать уровень организации и ведения племенного дела, но и создает условия для включения племенных сельскохозяйственных животных государств — членов ЕАЭС в систему международной оценки.

Частично рекомендации ICAR уже реализованы в правовых актах Союза в сфере племенного животноводства (Положение о проведении молекулярной генетической экспертизы племенной продукции государств — членов

ЕАЭС — Решение Коллегии Комиссии от 2 июня 2020 года № 74, Порядок определения породы (породности) племенных животных — Решение Коллегии Комиссии от 8 сентября 2020 года № 108, Методики оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах — членах ЕАЭС — Решение Коллегии Комиссии от 24 ноября 2020 года № 149), а также национальном законодательстве государств-членов.

Вместе с тем остается ряд направлений деятельности в селекционно-племенной работе, связанных с оценкой племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, в регулировании которых в рамках ЕАЭС целесообразно учитывать рекомендации ICAR.

В связи с этим 17 декабря 2024 года Коллегией Комиссии принята Рекомендация «Об унифицированных подходах к бонитировке сельскохозяйственных животных в государствах — членах Евразийского экономического союза»<sup>4</sup>.

Документ рекомендует единый в рамках ЕАЭС комплекс мероприятий, проводимых участниками в процессе бонитировки, по оценке селекционируемых (хозяйственно полезных) признаков сельскохозяйственных животных в целях определения их племенной ценности и дальнейшего использования.

В частности, правовым актом Комиссии рекомендовано:

- проводить бонитировку племенных животных во всех хозяйствующих субъектах и у всех владельцев сельскохозяйственных животных, имеющих племенных животных, в сроки, установленные законодательством государств-членов;
- обеспечить обучение сотрудников в соответствии с законодательством государств-членов;
- сбор данных и проведение оценки селекционируемых (хозяйственно полезных) признаков бонитируемых сельскохозяйственных животных проводить в соответствии с

методиками оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах — членах Евразийского экономического союза, утвержденными Решением Коллегии Комиссии от 24 ноября 2020 года № 149, и законодательством государств-членов;

- использовать современные инструменты, программное обеспечение и технические средства для объективного сбора достоверных данных по бонитируемому сельскохозяйственному животному;

- регистрировать признаки в том виде, в котором они наблюдаются, без корректировки;

- во избежание неоднородности результатов оценивать данные о селекционируемых (хозяйственно полезных) признаках сельскохозяйственных животных последовательно и достоверно с учетом особенностей вида бонитируемых сельскохозяйственных животных;

- не учитывать климатические и антропогенные факторы во время проведения оценки;

- не проводить бонитировку сельскохозяйственных животных на территориях, где установлен карантин по заразным и особо опасным болезням животных;

- полученные данные о бонитировке сельскохозяйственных животных передавать в информационные системы в области племенного животноводства государств-членов в соответствии с законодательством государств-членов.

Реализация Рекомендации Коллегии Комиссии позволит повысить объективность и достоверность оценки племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, будет способствовать созданию конкурентоспособных племенных ресурсов в государствах — членах Союза.

*Н.К. Карапетян, А.Б. Кусаинова,  
Е.Г. Аверьянова, О.В. Арнаутов,  
Е.Ю. Высочина  
Департамент агропромышленной  
политики Евразийской  
экономической комиссии*

<sup>4</sup> [https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01446627/err\\_20122024\\_25](https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01446627/err_20122024_25)



Акционерное общество  
**“Кировское”**  
по племенной работе



# Лучшая генетика для вашего стада

## Мы предлагаем

### Сперму быков-производителей

широкий ассортимент,  
программный подбор пар,  
разумные цены, сопровождение  
и доставка

### Тренинги по искусственному осеменению коров

работа ректоцервикальным  
способом и УЗИ-сканер

### Услуги в области ведения племенного животноводства

оценка экстерьера,  
подтверждение достоверности  
происхождения, определение  
качества молока, проверка баз  
Селэкс

Кировская область, г. Киров,  
пос. Захарищевы, ул. Земская, 38  
(8332) 55-10-29, 55-10-66, 55-10-45

aokirovplem@yandex.ru,  
risc Киров@mail.ru



kirovplem.ru



## ВАРПЭ: СИТУАЦИЯ НА РЫНКЕ КРАСНОЙ ИКРЫ ПРИХОДИТ В НОРМУ

Текущее положение дел в рыбной отрасли и вероятные сценарии ее развития представил на прошедшей в ТАСС пресс-конференции президент Всероссийской ассоциации рыбохозяйственных предприятий, предпринимателей и экспортеров (ВАРПЭ) Г. Зверев.



По прогнозам ВАРПЭ, суммарный объем вылова лососевых видов рыб в РФ в 2025 году может составить порядка 310–320 тыс. т, существенно превысив показатель предыдущего года, составивший (по предварительным подсчетам) около 250–260 тыс. т, сообщил в ходе пресс-конференции глава ассоциации Г. Зверев. По его информации, стабильной в нашей стране остается ситуация с выловом минтая, сардины иваси, сельди, способствуя укреплению отрасли, тогда как общедопустимый улов трески, который уже установлен, будет меньше, чем в предшествующем году.

Спикер сообщил о предполагаемой стабилизации цен на красную икру в 2025 году, на продажи которой в 2024 году оказал негативное влияние низкий улов лососевых.

«Лососевая икра даже в советские времена была весьма дорогой (и качественной). Так, ее 140-граммовая баночка в начале 1980-х годов стоила 4 рубля 20 копеек, а килограмм икры — 30 рублей при среднемесячной зарплате в 100–110 рублей. То есть получается, что в те годы килограмм красной икры обходился в треть месячной зарплаты, причем, напомним, ее было не достать», — рассказал спикер. В настоящее время розничная стоимость красной икры в России, по экспертным оценкам, колеблется в диапазоне 8,5–9,5 тыс. руб. за 1 кг (немногом менее 11% от средней зарплаты), что совершенно справедливо, и это с учетом скачка

цен, спровоцированного худшей за последние 20 лет лососевой путиной, отметил он.

Эксперт добавил, что в недавнем прошлом (всего лишь 3–5 лет назад) в РФ существовало искаженное ценообразование на лососевую икру, связанное с теневой добычей, в связи с чем стоимость деликатесного продукта представлялась отечественному потребителю вполне доступной. «Эта икра, которую воровали у будущих поколений, безжалостно уничтожая из-за нее рыбу, оставляя могильники на берегах камчатских рек, поступая в торговлю и снижала общий уровень цен», — заметил он. Дешевизна деликатеса объяснялась значительным (не менее 10% — 1000–1500 т) присутствием на рынке браконьерской, незаконной, уходящей от налогов, некачественной лососевой икры, реализуемой сомнительными производителями, в том числе фирмами-однодневками, пояснил спикер. «В 2024 году стартовал процесс обязательной маркировки икры. В ходе этого проекта уже зарегистрировались не менее 70 производителей, которых раньше вообще не было, их не существовало», — сказал он. Сейчас ситуация на рынке красной икры приходит в норму и окончательно нормализуется, выровняется в 2025 году, дальнейшего повышения цен не произойдет, заключил эксперт.

ВАРПЭ разработала два варианта развития рыбной отрасли России в 2025 году, обозначив их как инерционный и шоковый

сценарии, проинформировал спикер. По его мнению, исполнение инерционного сценария возможно при отсутствии резкой эскалации ключевой ставки, новых серьезных запретов или санкций на внешнем рынке, а также если не будет продлена экспортная пошлина. «В противном случае возникнут новые дополнительные ограничения на реализацию нашего экспорта, — пояснил эксперт. — Останутся экспортные пошлины, ключевая ставка будет расти. Шоковый вариант приведет к резкому снижению выручки и торможению прибыли в отрасли».

На сегодняшний день, по оценкам ВАРПЭ, общая задолженность предприятий секторов рыбодобычи и рыбопереработки превысила 1,4 трлн руб., при этом практически все их кредитные договоры привязаны к плавающим ставкам, так что в случае увеличения ставки рефинансирования ЦБ РФ обслуживание этих договоров резко подорожает, уточнил он.

Спикер отметил, что, по прогнозу ассоциации, при инерционном сценарии выручка сегмента рыбодобычи сможет вырасти до 750 млрд руб., сегмента рыбопереработки — до 450 млрд руб., тогда как при шоковом варианте она увеличится только на 1–2%, а прибыль снизится. «Поэтому для отраслевых предприятий, конечно, сейчас главным вопросом является сохранение или отмена экспортной пошлины в 2025 году», — резюмировал он.

Ю.Г. Седова

# ЭФФЕКТИВНАЯ САНАЦИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ



ГАРАНТИРУЕТ ВЫСОКУЮ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ  
ПРИ ОБРАБОТКЕ БОЛЬШИХ  
ПЛОЩАДЕЙ И ОБЪЕМОВ



ДОСТУПНАЯ СТОИМОСТЬ  
ОТНОСИТЕЛЬНО АНАЛОГОВ  
НА РЫНКЕ



ДОЛГИЙ СРОК  
ЭКСПЛУАТАЦИИ



ОБЕСПЕЧИВАЕТ ОТЛИЧНУЮ  
ПРОНИКАЕМОСТЬ  
ДЕЗИНФЕКЦИОННОГО  
РАСТВОРА



УСТОЙЧИВЫЙ  
К ИЗНОСУ  
И КОРРОЗИИ



МОЖЕТ  
УПРАВЛЯТЬСЯ ОТ  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ПУЛЬТА

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ  
С ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМИ  
СРЕДСТВАМИ, ДЕЗОДОРАНТАМИ,  
ГЕРБИЦИДАМИ И ИНСЕКТИЦИДАМИ

## ГЕНЕРАТОР ГОРЯЧЕГО ТУМАНА

LONGRAY TS-95



ГРУППА КОМПАНИЙ ВИК  
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР  
+7 (495) 777-67-67 WWW.VETPRIBOR.RU





# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДНОГО И ГОРЯЧЕГО ТУМАНА ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ

В целях оптимизации доходов промышленное животноводство и птицеводство подразумевают заселение в производственных помещениях максимально допустимой высокой плотности животных и птицы в ограниченном пространстве. Это в свою очередь способствует увеличению роста микроорганизмов, в том числе патогенных, и изменения в худшую сторону зоогигиенических норм их содержания. Особенно это недопустимо на птицефабриках, где плотность заселения птицы составляет 20–25 гол/м<sup>2</sup>.

При большой скученности птицы источником патогенной микрофлоры могут выступать отходы жизнедеятельности выращиваемой птицы, обслуживающий персонал, вода, воздушный бассейн, содержащий в аэрозольном виде различные формы вирусов, бактерий и грибов.

Помет любых птиц — это химически очень агрессивная полужидкая субстанция, обладающая неприятным запахом и содержащая в себе множество опасных микроорганизмов. Чем больше птиц, тем быстрее будет увеличиваться объем их экскрементов, в которых плодятся болезнетворные бактерии и яйца (личинки) глистов, представляющие угрозу не только птицам или скоту, но и людям. Кроме этого, в помещении присутствуют пыль и перо. Как пример: в птичниках с напольным содержанием животных концентрации пыли, выступающей разносчиком вредных веществ и микроорганизмов, в 9–10 раз больше относительно фоновой концентрации.

Данный фактор может негативно сказаться на здоровье новой партии птицы, заселяемой в зал по схеме «пусто — занято», при недостаточно эффективной очистке и дезинфекции помещений. В связи с вышеперечисленным можно сделать вывод о высокой важности соблюдения санитарно-гигиенических норм и качества проводимой дезинфекции в текущем процессе промышленного животноводства и птицеводства. Наряду с различными видами дезинфекции наибольшую популярность и эффективность имеет аэрозольный метод (газация) за счет большей экономии вре-



мени, человеческих ресурсов и высокой эффективности активного химического вещества. Газовую обработку горячим туманом применяют для подготовки помещений к заселению животных, подготовки кормовых хранилищ, рабочих инструментов и транспортных средств.

Как и всякий производственный процесс, газовую дезинфекцию постоянно пытаются оптимизировать за счет подбора лучших дезинфицирующих веществ, изменения алгоритма и режима действий, модернизации технических средств. Для целей аэрозольной дезинфекции используют как холодный, так и горячий туман и соответствующее аэрозольное оборудование. Но практика показала большую эффективность при дезинфекции больших помещений горячим туманом. Формирование горячего тумана основано на испарении мельчайших капель раствора при помощи двигателя реактивного сгорания. В результате охлаждения при контакте с окружающим воздухом формируются капли размером 10–35 микрон (1 микрон = 0,001 мм).

Аэрозольные молекулы дезинфекционного средства, рас-

пыленные генератором горячего тумана (ГГТ) (ГГТ — как правило, бензиновые), большее длительное время (до нескольких часов) находятся в воздушном пространстве и распространяются повсюду, в самые мельчайшие трещины, неровности, создавая большую экспозицию действующего вещества.

Холодный туман формируется в результате разбивания струи раствора потоком воздуха, создаваемого электрическим двигателем или компрессором от генератора холодного тумана (ГХТ). Размер капли примерно 0,5–50 микрон. Ввиду большей тяжести капельки холодного аэрозоля она быстро оседает и находится в воздушном пространстве значительно меньше по времени, что, соответственно, влияет на качество обработки.

На основе этих характеристик можно делать вывод об определенных плюсах и минусах аппаратов.

В то же время ГГТ в связи с работой реактивного двигателя издает громкий шум, что напрямую мешает использовать его в присутствии животных и птицы из-за возможного создания шумового эффекта, стрессовой ситуации. Горячий туман

не применяется в присутствии животных и птицы при распылении сильно пахнущих или особо агрессивных химических средств и формалиносодержащих препаратов.

Генераторы холодного тумана (ГХТ) работают гораздо тише, что позволяет использовать их в присутствии животных не создавая избыточного стресса. Диапазон размера капли больше, из-за чего уменьшается однородность создаваемого тумана.

Ниже приведены показания, влияющие на экономическую эффективность, разных методов дезинфекции с использованием фенол- и метилфенолсодержащих средств.

Даже при одинаковой эффективности дезинфекции за счет аэрозольной обработки предприятия экономят на воде, трудозатратах, препарате.

О эффективности аэрозольной обработки, санации воздушного пространства птицефабрик, можно судить по результатам следующего исследования» приведенного в таблице №2.

В зале содержания опытной группы птицефабрики при помощи ГХТ распыляли препарат анолит, и в итоге бройлеры опытной группы в 36-дневном возрасте опережали своих сверстников из контрольной группы по средней живой массе на 2,84%, по среднесуточному приросту — на 2,66%, затраты корма на 1 кг прироста были ниже на 1,26%.

За период выращивания сохранность птицы в контрольной и опытной группах составила 99,5%. Отход птицы по одной голове из каждой группы произошел в первую неделю выращивания и не был связан с изучаемым фактором. Европейский бройлерный индекс (EPEF) составил в опытной группе 351 ед., что на 14 ед. выше по сравнению с контролем.

Как еще один пример применения аэрозольных ГХТ в птицеводстве, в работе представлены результаты исследований при проведении аэрозольной дезинфекции воздуха птичника в присутствии цыплят-бройлеров электрохимически нейтральным

**Таблица 1. Сравнение расхода препарата и трудоемкости при разных методах обработки (размер помещения для расчетов: высота – 3 м, ширина – 24 м, длина – 80 м)**

Показатели	Методы обработки			
	Аэрозольный метод	Влажный метод (орошение)	Обработка пеной	Обработка хлорной известью
Расход препарата, л	5,76	31,80	31,80	1,87
Расход воды, л	17,28	604,20	604,20	187,20
Длительность обработки, мин.	17,3	2,4	2,4	45,0
Трудозатраты, чел./ч	0,29	2,4	2,4	0,75

**Таблица 2. Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров в 36 дней**

Показатель	Группа	
	Контроль	Опыт
Средняя живая массы цыплят, г	1937 ± 16,6	1989 ± 16,3
курочки	1836 ± 18,7	1909 ± 17,3
петушки	2044 ± 23,4	2082 ± 25,9
Средняя арифметическая живая масса, г	1940	1995
Среднесуточный прирост, г	52,6	54
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,59	1,57
Сохранность, %	99,5	99,5
EPEF (индекс эффективности)	337	351

анолитом с содержанием активного хлора 0,10 мг/мл в сочетании с 40%-ной молочной кислотой из расчета 0,25 мг/мл на 1 мл нейтрального анолита, позволяющие резко снизить количество микробных клеток после 2 часов экспозиции в 33,7 раза, после 6-часовой экспозиции — в 54,9 раза. Этот уровень сохраняется до конца суток.

О безопасности работы ГХТ можно судить по результатам опыта, направленного на проверку гомеостаза в животноводстве, проведенного на телятах 6–10-месячного возраста. Опыт подтвердил отсутствие изменений стандартных показателей крови телят после обработки ГХТ в присутствии животных.

Стоит учесть, что аэрозольной дезинфекции подвергаются не только помещения для содержания животных, но и транспорт для их перевозки. В данном случае на качество дезинфекции влияют такие факторы, как климат окружающей среды, резистентность микроорганизмов, активные вещества препарата, технические характеристики используемого оборудования. В среднем идеальные параметры для обработки транспорта ГТТ — обработка 1 м<sup>2</sup> в течение 8,5 сек. при температуре тумана 63 °С.

О высокой эффективности аэрозольных обработок свиде-

тельствует статистика государственных ветеринарных лабораторий Омской области, которые за 10 лет отобрали 330 949 проб с птицефабрик, практикующих аэрозольный метод обработки птицы. За 10 лет из всех этих проб патогены были обнаружены в 662 пробах, что составляет всего 0,2%. Таким образом, эффективность обработки составила 99,8%.

На текущий момент времени использование туманообразующих аппаратов — самый оптимальный метод дезинфекции. Показателем может служить факт внесения дезинфекции методом тумана в стандартные процедуры обработки помещений всеми крупными животноводческими фирмами (ГАП, «Мираторг» и пр.).

ГТТ лучше показывают себя во время дезинфекции помещений в отсутствие животных из-за меньшей дисперсии тумана, что повышает проникающую способность раствора. ГХТ эффективнее использовать для различного вида обработок в присутствии животных, так как относительно более крупная капля не сможет глубоко в альвеолы легких, исключая соответствующие осложнения.

Н.С. Мельник,  
ведущий специалист по ветеринарным  
инструментам и оборудованию  
дивизиона биобезопасности  
и оборудования ГК ВИК



## МИКРОБИОЛОГИЯ СИЛОСОВАНИЯ

Главная цель консервирования кормов — максимальное сохранение питательной ценности растительного сырья. В анаэробной среде молочнокислые бактерии преобразуют углеводы растений в органические кислоты, что приводит к снижению уровня pH до такой степени, что составляющие конкуренцию микроорганизмы и большинство ферментов теряют активность. Обычно данный процесс происходит спонтанно, когда молочнокислые бактерии (МКБ) оказываются в достаточно влажной среде с необходимым количеством легкосбраживаемых сахаров в отсутствие кислорода.

Управление такими факторами, как влажность, содержание сахаров и ограничение доступа кислорода, может осуществляться посредством подвяливания, выбора сортов и сроков уборки, а также трамбовки и укрытия траншей. Естественное количество молочнокислых бактерий является неизвестной величиной, которую сложно определить в оперативном порядке.

Чтобы процесс силосования консервируемого сырья протекал быстро и с минимальными потерями, необходимо, чтобы концентрация молочнокислых микроорганизмов составляла не менее 100 тыс. КОЕ на 1 г консервируемой массы. Обеспечить такое достаточное количество молочнокислых бактерий можно с помощью биологических инокулянтов, которые положительно влияют на процессы брожения и способствуют улучшению сохранности корма после вскрытия траншеи.

Процесс силосования начинается с аэробной фазы, в ходе которой в первые часы после заготовки сырья в нем еще сохраняются остатки кислорода. В этот период, пока в силосуемой массе присутствует кислород, доминируют аэробные микроорганизмы — бактерии и грибы, использующие кислород для дыхания и размножения. Этот процесс сопровождается активным выделением тепла, что свидетельствует о значительных потерях питательных веществ, в первую очередь сахаров, которые окисляются до углекислого газа и воды. Поэтому оперативность и качество первоначальных этапов силосования — закладки и трамбовки — критически важны.



Упущения на этом этапе невозможно будет исправить впоследствии.

После исчерпания остаточного кислорода, необходимого для дыхания, в силосуемой массе начинается основная фаза, связанная с отмиранием растительных тканей. В результате этого содержимое клеток становится доступным для микрофлоры. Все группы микроорганизмов остаются активными, включая анаэробные, пока не достигнут необходимого уровня подкисления массы. К ним относятся *Enterobacteriales*, *Clostridium spp.*, *Listeria monocytogenes*, определенные виды *Bacillus*, а также дрожжевые грибы. Эти организмы в процессе своей жизнедеятельности выделяют вещества, которые оказывают токсическое действие и способны ухудшать качество корма (накопление энтеротоксинов, масляной кислоты и пр.). Все перечисленные группы микроорганизмов конкурируют с молочнокислой микрофлорой за доступные сахара.

Внешние признаки гибели растительных тканей — оседание массы и активное газовыделение, что может вызывать вздутие укрывной пленки, напоминающее «газовый купол». Это указывает

на хорошую герметизацию. Спускать или отводить образующиеся газы в траншею или кургане не рекомендуется. Однако стоит учитывать, что если процесс заготовки кормов производился в рукава, то их может разорвать.

Основным фактором, способствующим эффективному консервированию кормов, является оперативное вытеснение первоначально преобладающей нежелательной микрофлоры молочнокислыми бактериями. Продукты метаболизма МКБ, включая молочную и уксусную кислоты, подавляют патогенные конкурирующие микроорганизмы, такие как *Enterobacteriales* и *Listeria monocytogenes*, которые негативно влияют на качество корма. Помимо этого, кислоты, образующиеся в процессе брожения, ингибируют действие протеолитических ферментов, что способствует сохранению белков корма и снижению образования щелочных соединений с буферными свойствами, таких как аммиак.

Далее наступает фаза хранения. Некоторые дрожжи способны выживать в более кислой среде, находясь при этом в состоянии покоя. Аналогично некоторые виды бактерий таких

родов, как *Bacillus* и *Clostridium*, могут выживать благодаря образованию спор. В заготовленных кормах, содержащих достаточное количество сбраживаемого субстрата, эта стабильная фаза (фаза хранения) может продолжаться бесконечно, если герметичность корма сохраняется. Поэтому требуется регулярная проверка состояния укрывного материала, а в случае выявления повреждений необходимо произвести восстановление.

После открытия траншеи воздух начинает поступать в готовый корм. Если исходное сырье утрамбовано до рекомендованной плотности, проникновение воздуха ограничивается 1 м от поверхности среза. Кислород, попадая в аэробно стабильный корм, активирует микроорганизмы, находящиеся в состоянии покоя. В первую очередь это дрожжи и плесневые грибы, что может привести к нагреванию и порче корма. Образовавшиеся бродильные кислоты в аэробных условиях разлагаются аэробными микроорганизмами и превращаются в углекислый газ и воду. В результате потери корма могут составлять более 3% в сутки.

Превышение показателем pH порога 5 в течение нескольких дней является свидетельством быстрой порчи. Следует отметить, что, согласно практическим исследованиям, глубина горизонтального проникновения кислорода может на короткий промежуток времени достигать 3–5 м, если поверхность среза не защищена от сильного ветра.

Маслянокислое брожение, приводящее к порче корма, возникает, когда растительное сырье слишком влажное и содержит недостаточное количество углеводов, необходимых для брожения, или когда молочнокислые бактерии не способны сбраживать эти сахара. В результате уровень pH сырья снижается не в достаточной степени и не так быстро, как требуется для создания кислой среды, что необходимо для подавления роста патогенных микроорганизмов. *Clostridium spp.*, присутствующие в сырье, пре-

образуют образовавшуюся молочную кислоту в нежелательную масляную. Это приводит к значительным потерям как сухого вещества, так и энергии. Маслянокислое брожение часто продолжается до полного истощения молочной кислоты. В условиях дальнейшего увеличения уровня pH начинают активизироваться другие виды *Clostridium spp.*, которые расщепляют растительные белки. В процессе их жизнедеятельности образуется аммиак, который в свою очередь приводит к полной порче корма.

Препятствовать развитию дрожжевых грибов и нежелательных бактерий, а также управлять силосованием возможно с применением консервантов кормов. При этом двойного действия можно добиться, используя инокулянты на основе молочнокислых культур.

Молочнокислые бактерии классифицируются на две категории — гомоферментативные и гетероферментативные. В целях повышения качества процесса брожения преимущественно применяются культуры гомоферментативных МКБ. Эти бактерии способны эффективно и быстро преобразовывать сахара, полученные из растительного сырья, в молочную кислоту, одновременно значительно снижая уровень pH. Чем быстрее осуществляется подкисление среды, тем более надежно и эффективно предотвращается рост патогенных микроорганизмов, что сокращает потери питательных веществ.

Гетероферментативные молочнокислые бактерии, помимо молочной кислоты, производят определенное количество уксусной кислоты и пропионовой. При достаточно низком уровне pH корма эти кислоты препятствуют размножению дрожжей, но и плесневых грибов при доступе кислорода. Таким образом, инокулянты, содержащие гетероферментативные микроорганизмы, способствуют улучшению аэробной стабильности корма.

Процесс производства уксусной и пропионовой кислот,

более длительный, нежели производство молочной кислоты. Визуально этот процесс может выражаться в формировании вторичного «газового купола». Поэтому для обеспечения аэробной стабильности закладываемая масса должна оставаться герметично закрытой не менее восьми недель.

Некоторые биологические консерванты дополнительно содержат ферменты. В большинстве случаев это энзимы, такие как амилаза, гемицеллюлаза и целлюлаза, которые способствуют расщеплению сложных углеводов, составляющих клеточные стенки, а также накапливающихся внутри клетки (например, крахмала). Это позволяет молочнокислым бактериям получить доступ к большему количеству легкоферментируемых сахаров. Позднее, в процессе силосования, гетероферментативные молочнокислые микроорганизмы начинают производить из сахаров или молочной кислоты определенное количество уксусной кислоты, что снижает активность дрожжей.

Эффективность использования биологического консерванта при заготовке кормов была доказана во время производственного опыта.

Целью данной работы было изучение влияния биоконсерванта «Сил-Олл 4x4» на сохранность и уровень снижения значения pH сенажа из эспарцета.

«Сил-Олл 4 x 4» — инокулянт производства компании Lallemand для заготовки трав из бобовых и злаковых культур, а также однолетних травосмесей. Он представляет собой смесь молочнокислых бактерий и ферментов, которые работают совместно, чтобы способствовать быстрой и эффективной ферментации корма.

Молочнокислая бактерия *Pediococcus pentosaceus* NCIMB 12455 —  $4 \times 10^{11}$  КОЕ/г начинает процесс силосования и доводит значение pH до 5–5,5, *Pediococcus acidilactici* CNCM 1-3237 —  $4 \times 10^{10}$  КОЕ/г обеспечивает накопление молочной кислоты, *Lactobacillus plantarum*



CNCM I-3235 —  $1 \times 10^{11}$  КОЕ/г завершает процесс закисления корма и доводит значение до целевого pH [9], *Propionibacterium acidipropionici* CNCM MA 26/4U —  $2 \times 10^{10}$  КОЕ/г обеспечивает накопление пропионовой кислоты.

Комплекс ферментов, входящий в состав инокулянта «Сил-Олл 4 x 4» ( $\alpha$ -амилаза — 3600 МЕ/г, целлюлаза — 60 МЕ/г,  $\beta$ -глюканаза — 1000 МЕ/г, ксиланаза — 1500 МЕ/г), расщепляет клетчатку, высвобождая сахара для питания молочнокислых бактерий и делая ее более доступной для рубцовой микрофлоры, что повышает переваримость кормов, при этом увеличивая экономическую эффективность применения данного биологического инокулянта.

Производственный опыт был проведен в условиях предприятия Челябинской области в июле 2024 года. Объектом производственного опыта стали две траншеи сенажа из эспарцета (опытная и контрольная). Основные технологические процессы заготовки корма для обеих траншей были идентичны. Контрольная траншея закладывалась без использования каких-либо консервантов, а опытная — с использованием биологического инокулянта «Сил-Олл 4 x 4».

Через 60 дней после укрытия из опытной и контрольной траншей были взяты средние пробы заготовленного корма согласно ГОСТ 27262-87. Образцы были упакованы в вакуумные пакеты и отправлены в лабораторию «Агрофинс» на исследование физико-химических свойств корма по ГОСТ Р 55986-2014, результаты которых приведены в таблице 1.

При подвяливании, когда содержание сухого вещества в корме более 30%, он сохраняется долгое время в анаэробной герметичной среде за счет физиологической сухости массы и недоступности влаги для нежелательной микрофлоры. Как видно из таблицы, сухое вещество находится в норме в обеих траншеях. Уровень pH в контрольной траншее выше на 0,4 и

Таблица. Качество сенажа опытной и контрольной траншей

Показатель	Ед. изм.	Контрольная	Опытная	Норма
СВ	% СВ	36	40	36–42%
pH		4,8	4,4	
$\Delta$ pH		0,2	-0,3	-/ = 0
Сахар	% СВ	4,5	7,4	5–7%
NH <sub>3</sub>	% СП	17,9	8,2	8–12%
Молочная кислота	% СВ	3,4	4,9	6–10%
Уксусная кислота	% СВ	3,1	0,9	<= 3%
МОЛ:УКС		1,1	5,9	> 3
Масляная кислота	% СВ	1,2	0,6	< 0,5%
Общее содержание кислот	% СВ	7,7	6,4	> 10%
Ферментационные потери	% СВ	4,7	2,3	< 3%

составил 4,8, что влияет на снижение сохранности корма.

Фактический уровень pH не должен быть выше расчетного по сухому веществу.  $\Delta$ pH является разницей между фактическим pH и расчетным. Отрицательный уровень  $\Delta$ pH видим в опытной траншее, что означает хорошую стабильность корма и возможность его длительного хранения. Если данный показатель больше 0, как в контрольной траншее, то есть риск возникновения вторичной ферментации вследствие развития микрофлоры (*Clostridium spp.*).

Сахаров в опытной траншее на 39% больше, чем в контрольной, что может свидетельствовать о более высокой скорости подкисления и, как следствие, меньших потерях органического вещества. Низкий показатель NH<sub>3</sub>-фракции говорит об оптимальном соотношении уровня pH и содержания сухого вещества в корме.

В опытной траншее данный показатель в норме, чем в контрольной, — 17,9%. При более высоких значениях корм считается опасным. Содержание молочной кислоты в корме должно быть как можно выше, чтобы корм стал устойчивым к процессам порчи. В опытной траншее количество молочной кислоты выше в сравнении с контрольной и равняется 4,95% от сухого вещества.

Показатель уксусной и масляной кислот в опытной траншее был ниже, чем в контрольной, и составил 0,9% от СВ и 0,6% соответственно. Если показатель соотношения кислот больше 3,

то процесс ферментации прошел быстро (под действием гомоферментативных «правильных» бактерий). Ферментационные потери — показатель, указывающий, сколько сухого вещества потерялось в процессе ферментации (должен быть не более 3%). Уровень потерь в контрольной траншее выше на 2,4 и составил 4,7, это свидетельствует о том, что в корме разлагаются углеводы и теряется энергия. Следует стремиться к минимизации этих потерь, тогда себестоимость готового корма будет ниже.

При проведении производственного опыта использование консерванта «Сил-Олл 4 x 4» при силосовании зеленой массы эспарцета способствовало получению кормов хорошего качества. Среди кислот брожения в сенаже преобладает молочная кислота. Уксусная кислота не стала препятствием для правильного процесса консервации и послужила дополнительным фактором для защиты корма от патогенной микрофлоры. Показатель  $\Delta$ pH находится на отрицательном уровне, что указывает на эффективную консервацию корма.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что биологический инокулянт «Сил-Олл 4 x 4» хорошо зарекомендовал себя при силосовании бобовых трав.

М.Э. Шаповалова,  
ведущий технолог-консультант  
дивизиона животноводства ГК ВИК  
В.А. Голованова,  
ведущий технолог-консультант  
дивизиона животноводства ГК ВИК

# ИНСУЛИНОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ У МОЛОЧНЫХ КОРОВ: КАК ПОДДЕРЖАТЬ ЗДОРОВЬЕ ЖИВОТНЫХ В ТРАНЗИТНЫЙ ПЕРИОД

Гипергликемия у коров в транзитный период — частая проблема молочного производства. При критических показателях уровня глюкозы в крови животные впадают в гликемическую кому с непредсказуемыми последствиями. Улучшить состояние здоровья коров и избежать потерь продуктивности помогают своевременные профилактические мероприятия.



При синдроме инсулинорезистентности клетки организма коровы игнорируют инсулин и не пропускают внутрь глюкозу. Органы и ткани не получают необходимого питания, в крови сохраняется высокий уровень глюкозы, а поджелудочная железа продолжает с избытком синтезировать инсулин.

Сниженная инсулиновая реактивность тканей может быть спровоцирована многими факторами. Коровы чаще всего сталкиваются с различными воспалительными процессами в организме в новотельный период. Это заболевания конечностей, эндометриты, гепатозы. В этот период у них происходит усиленная мобилизация жира с образованием большого количества жирных кислот. Жирные кислоты активизируют рецепторы врожденного иммунитета, которые в свою очередь запускают воспалительный процесс. Он поддерживается постоянной секрецией в организме белковых молекул. Инсулинпродуцирующие и инсулинзависимые органы вовлекаются в этот самоподдерживающийся процесс, что приводит к снижению секреции инсулина, гибели клеток поджелудочной железы и развитию инсулинорезистентности.

Пусковым механизмом для развития сахарного диабета у коров может стать стресс. Автоматизация доения, навозоудаления и других процессов на ферме создает целый ряд факторов, которые способны ввести животное в состояние технологического стресса. Выработка гормонов стресса ускоряет синтез глюкозы в печени и замедляет ее захват тканями. Под действием этих гормонов уровень глюкозы в крови животных возрастает, что приводит к развитию гипергликемии.

Следующий стрессовый этап — отел, послеродовые осложнения и отрицательный энергетический баланс. Продуктивность коров

с каждым днем увеличивается, потребности в питательных веществах повышаются, так как нужно обеспечить не только высокую молочность, но и восстановить организм. В этот момент включаются внутренние резервы, коровы начинают использовать собственные жировые депо в качестве источника энергии. Но жировая ткань вырабатывает большое количество гормонов, в частности лептин. Чем больше идет мобилизация жира, тем выше уровень гормонов, которые блокируют производство инсулина и приводят к развитию инсулинорезистентности.

Одно из наиболее частых осложнений у коров в периоды сухостоя и новотела — кетоз. Это заболевание играет значительную роль в развитии инсулинорезистентности. Кетоз 1-го типа возникает на 4–6-й неделе после отела у высокопродуктивных коров. Характеризуется высоким уровнем кетоновых тел и жирных кислот в сыворотке крови при низком уровне глюкозы и сохранении функции печени. Кетоз 2-го типа является патологическим и связан с гепатозом печени, вызванным ожирением. Он возникает в первые 15 дней лактации и чаще всего встречается у животных, чья упитанность в позднем сухостое была выше 4 баллов. Уровень кетоновых тел и глюкозы высокий.

Решение проблемы инсулинорезистентности состоит в правильном ведении сухостоя, контроле состояния здоровья и упитанности животных, исследовании уровня кетоновых тел и глюкозы в сыворотке крови у новотельных коров на 10–20-й день после отела, медицинской и кормовой профилактики.

В качестве глюкопластического компонента для профилактики инсулинорезистентности рекомендуем скормливание коровам

в транзитный период энергетической кормовой добавки ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ АКТИВ (пропиленгликоль — 62%, энергетическая ценность — 14,2 МДж/кг).

ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ АКТИВ способствует глюконеогенезу различными путями:

- метаболизируется в пропионат в рубце (основной прекурсор глюкозы), может напрямую переноситься в цикл Кребса (процесс преобразования веществ в энергию);
- снижает риск развития кетозов и жировой дистрофии печени;
- увеличивает молочную продуктивность коровы на 2–4 л в сутки;
- оказывает позитивный эффект на микрофлору рубца;
- повышает аппетит и увеличивает потребление СВ корма;
- предупреждает чрезмерное снижение массы тела после отела.

ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ АКТИВ рекомендуем включать в рацион животных группы транзита. Добавку следует вводить в рацион животных постепенно (в течение 5–7 дней). Смешивать с зернофуражом так, чтобы животные с суточной нормой концентратов получали суточную норму кормовой добавки.

Инсулинорезистентность — это защитная реакция организма на влияние патологических факторов. Профилактика заболеваний и своевременная энергетическая подпитка сухостойных и новотельных коров помогут избежать тяжелых последствий и сохранить плановую продуктивность молочного стада.

К. Снежкова, начальник  
сервисно-консультационного отдела  
АО «Капитал-ПРОК»

Тел. 8 (800) 320-08-88

(бесплатная линия по РФ)

prok.ru

agrovit87.ru





# МОЛОЧНОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО В РОССИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Форум практиков КРС «Лидеры АПК», организованный ГК ВИК, прошел 23.01.2025 в рамках Международной выставки технологий для профессионалов АПК – «АГРОС-2025» в МВЦ «Крокус Экспо» (г. Москва).

В ходе мероприятия состоялось обсуждение ключевых трендов и актуальных вызовов отрасли. Так, в числе вызовов, с которыми сталкивается молочное животноводство в РФ, исполнительный директор Ассоциации производителей КРС голштинской породы Сергей Савин — модератор форума выделил дефицит кадров — кадровый голод по категориям всех специалистов, низкую производительность труда и зависимость от импорта.

Что касается положения дел в других странах, то, согласно презентации докладчика, в ЕС, США и Канаде сегодня действует ряд жестких экологических и санитарных стандартов, — например, по контролю выброса метана. А также — наблюдается консолидация рынка (по статистике, в США и Канаде с 1970-х годов закрылось 75% молочных ферм, в ЕС — треть ферм за 10 лет) и инфляция. В Китае зафиксирована низкая продуктивность КРС (4000–6000 кг в год), зависимость от импорта кормов (импортируется 60% соевого шрота), идет фрагментация предприятий.

Спикер обозначил в качестве глобального тренда процесс автоматизации и роботизации. «В связи с текущей ситуацией с кадрами и удешевлением стоимости решений мы просто вынуждены использовать различные способы автоматизации», — отметил он.

Проблематику экономики эффективного кормления рассмотрел в своем докладе Виктор Косинцев — независимый эксперт по технологиям кормления КРС и автор телеграм-канала «Gde moloko». «Есть четыре специа-

листа, — или четыре уровня принятия решений, — так или иначе отвечающих за всю экономику кормления на животноводческом комплексе или ферме (разумеется, на некоторых предприятиях этот функционал может быть разделен на дополнительное количество специалистов или, наоборот, сведен до одного сотрудника)», — сказал он. Таким образом, по информации эксперта, базовым специалистом является зоотехник по кормлению — он реализует рацион, управляет менеджментом кормления. На следующем уровне — начальник комплекса (бригадир, начальник фермы), ответственный за контроль всех технологических процессов, — иными словами, за то, чтобы кормление в принципе состоялось. Далее — главный зоотехник (этот специалист, понимая конъюнктуру рынка, занимается расчетом рационов, закупкой кормовых ингредиентов). И, наконец, — директор или собственник, — отвечающий за финансовый результат предприятия в целом и, в том числе, кормления. Экономика кормления будет эффективной в случае, если четко определены показатели эффективности, а специалистам ясен собственный функционал и степень своего влияния на указанные показатели, отметил докладчик.

Заместитель директора департамента продвижения животноводства по ветеринарии ГК ВИК Евгений Люсин рассказал аудитории о вакцинопрофилактике КРС, защите здоровья поголовья и повышении производительной эффективности. «Эта тема, — заметил он, — не теряет актуальности в течение следующих десятилетий».



Спикер представил перечень ключевых болезней крупного рогатого скота как вирусного, так и бактериального происхождения, — отметив, что к вирусным заболеваниям относятся инфекционный ринотрахеит КРС, парагрипп-3, нодулярный дерматит, вирусная диарея и респираторно-синцитиальная инфекция, а к бактериальным — лептоспироз, клостридиоз, пастереллез, колибактериоз, микоплазмоз, моракселлез, — и рассказал об их особенностях. В частности, он сообщил, что инфекционный ринотрахеит КРС имеет респираторную, генитальную и нервную формы проявления заболевания (его клиническое проявление — в виде эрозий, узелков и пустул), вирусная диарея поражает слизистые оболочки организма (вирус передается алиментарным, контактным, воздушно-капельным и половым путями, трансплацентарно).

С инновационными подходами к лечению копыт КРС, особенностями профилактической и лечебной резки копыт, эффективной гигиены конечностей, работы с оборудованием познакомил коллег Иван Павлов — руководитель направления «Ветеринарная ортопедия» компании «ЭкоНива - АПК Холдинг». Целью ФОКа (функциональной обрезки копыт) является полное восстановление функций дистального отдела конечностей, правильного распределения веса, проинформировал он, отметив: «Качественные инструменты, ножи и сменные лезвия — залог хорошего результата».

Ю.Г. Седова

# В ПРИОРИТЕТЕ — КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫМИ КАДРАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Парламентские слушания на тему «Развитие кадрового потенциала агропромышленного комплекса: законодательные основы, роль государства и бизнеса» с участием министра сельского хозяйства РФ Оксаны Лут, инициированные Комитетом Госдумы по аграрным вопросам, прошли 27.01.2025 на площадке РГАУ — МСХА имени К.А. Тимирязева. Провел дискуссию председатель Комитета академик РАН Владимир Кашин.



В ходе мероприятия была отмечена важность вопроса привлечения кадров в аграрную отрасль, предприятия отечественного агропрома, решение проблемы кадрового дефицита. Согласно представленным в проекте рекомендаций парламентских слушаний данным за 2023 год, в российском агропромышленном комплексе не хватает более 200 тыс. человек, — по статистике, в различных сферах АПК недостает от 30 до 50% работников. Причем в документе уточняется, что сельхозотрасли, которая становится все более технологичной, необходимы, прежде всего, высокопрофессиональные, владеющие самыми современными технологиями специалисты, — особенно молодые специалисты. И это вполне реально, — в РФ, сообщают авторы проекта, растет интерес к аграрному образованию у молодежи. Так, в ходе приемной кампании 2024 года на обучение в вузы Минсельхоза было подано почти 350 тыс. заявлений, что на 10,6% больше, чем в 2023 году. В итоге, на бюджетные места в 45 подведомственных аграрных вузах поступили 42,8 тыс. человек, из них 37,4 тыс. — по программам высшего образования, 4,5 тыс. — по программам среднего профессионального образования (еще более 900 человек продолжили обучение в аспирантуре и интернатуре). Интересно, что у абитуриентов в числе самых востребованных направлений оказалась:

- «Геодезия и дистанционное зондирование» (15 заявлений на одно бюджетное место);
- «Биотехнология» (11);
- «Землеустройство и кадастры» (11);
- «Ландшафтная архитектура» (10);
- «Природообустройство и водопользование» (8);
- «Ветеринарно-санитарная экспертиза» (7);
- «Водные биоресурсы и аквакультура» (6).

Для привлечения специалистов в агроотрасль в структуре нового национального проекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности», стартовавшего в 2025 году, был разработан федеральный проект «Кадры в АПК» (цель которого — обеспечение укомплектованности кадрами предприятий агропромышленного комплекса на уровне не менее 95%, а одно из ключевых направлений — создание агротехнологических классов в школах). Об этом сообщила, выступая на парламентских слушаниях, министр сельского хозяйства РФ Оксана Лут. Сегодня безусловным приоритетом, с учетом национальных целей по увеличению объема производства продукции агропромышленного комплекса на 25% и экспорта на 50%, является комплексный подход к обеспечению предприятий АПК высококвалифицированными кадрами, резюмировала она.

Как отметила спикер, Минсельхоз, для обеспечения квали-

фицированными специалистами АПК, выстраивает бесшовную систему подготовки кадров — непрерывного образования — для отрасли, от школьных агротехнологических классов (агроклассов) до высших учебных заведений, чтобы восполнить имеющийся кадровый дефицит. По ее информации, в рамках федпроекта «Кадры в АПК» к 2030 году по всей стране должно быть организовано 18 тыс. агроклассов, где ребята познакомят с основами сельского хозяйства, — преимущественно в школах, расположенных в сельской местности. «Мы, конечно, от городских школ тоже не отказываемся, но, понятно, что за городского ребенка конкуренция сейчас очень большая. Наш основной контингент — это дети в сельских школах», — сказала министр.

В единую концепцию подготовки кадров для АПК включены средние и высшие учебные заведения (на сегодняшний день в 40 из 45 подведомственных Министрству сельского хозяйства РФ профильных вузов имеются программы среднего специального образования, а всего в регионах порядка 1100 учреждений среднего профессионального образования (СПО) обучают аграрным профессиям), отметила чиновник. В настоящее время, уточнила она, Министерство просвещения РФ работает над сокращением программы обучения для ускорения подготовки кадров для сельского хозяйства.

Ю.Г. Седова



# РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ВРЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ПРИМЕРЕ КАРТОФЕЛЯ



В последнее время в России и других странах СНГ нарастает проблема устойчивости вредных организмов к пестицидам. В первую очередь это связано с неправильным применением пестицидов на сельхозкультурах.

Аграрии часто не учитывают следующие факторы:

1. Биологию вредного объекта: мониторинг и прогнозирование появления экономического порога вредоносности, появления и распространения новых вредителей в северных регионах страны и на юге, оценку популяции полезных насекомых.

2. Погоню за экономией: применение дженериков, низких норм расхода препаратов и низких норм расхода жидкости, отказ от агротехнических приемов, неправильное выращивание в севообороте культур с устойчивостью к гербицидам, отсутствие ротации нескольких механизмов действия (МД) пестицидов (в течение одного сезона, иногда 2–3 лет — касается инсектицидов и фунгицидов, или в течение 6–10 лет по гербицидам).

Чтобы препараты работали в течение 10–30 лет и более, международные химические компании создали три международных

антирезистентных комитета:

- Комитет по предотвращению развития резистентности к инсектицидам (Insecticide Resistance Action Committee, IRAC);

- Комитет по предотвращению развития резистентности к фунгицидам (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC);

- Комитет по предотвращению развития резистентности к гербицидам (Herbicide Resistance Action Committee, HRAC).

Данные комитеты классифицируют каждое действующее вещество по механизму действия на вредный объект, в том числе предоставляют рекомендации по ротации МД согласно вероятности возникновения устойчивости.

Организация FRAC классифицирует механизм действия № 11, 4, 1 (стробилурины и другие, фениламины, бензимидазолы) как МД с «высоким риском развития устойчивости». Все контактные

химические действующие вещества с мультисайтовым механизмом действия M01–M12 (пропинеб, манкоцеб, медь), 29 (флуазинам) и контактные биопрепараты BM02 (*Bacillus amyloliquefaciens* штамм QST713, *Coniothyrium minitans* штамм CON/M/91-08, *Trichoderma spp.*) относятся к продуктам с «низким риском развития устойчивости».

Это означает, что группы № 11, 4, 1 должны использоваться в ротации препаратов с другим МД в течение одного сезона в объеме, не превышающем 20–30% от общего количества обработок.

Применив МД «с высоким риском» (например, протравитель семян), желательно вообще отказаться от данного МД при обработках во время вегетации или сдвинуть одну обработку на вторую половину вегетации.

Существуют МД с «низким-средним» уровнем развития устойчивости» (группы № 5, 40, 28, 17, 27 — спироксамин, ипроваликаרב/мандипропамид, пропонакарб, фенгексамид, цимок-





Антракноз



Бактериоз



Нематода стеблевая

санил и др.) и «средним уровнем» (группы № 3, 43, 9, 24: все триазолы; имидазолы — имазалил, прохлораз и флуопиколид, пиримитанил/ципродинил, касугамицин и т. д.). Данные фунгициды можно применять в объеме не более 30–40% от общего количества обработок.

На каждой репродукции картофеля рекомендуется применять разные МД, в первую очередь в протравливании в процессе семеноводства, чтобы снизить или исключить к фазе РС1 сильное заражение в латентной и явной форме проявления антракнозом, ризоктониозом, серебристой паршой, серой гнилью и т. д.

За последние девять лет распространение получила проблема антракноза картофеля, контролировать который в период вегетации трудно и малоэффективно.

В первую очередь рекомендуется проведение организационно-технических мероприятий. Далее по разным репродукциям картофеля необходимо применять различные МД, которые контролируют данное заболевание.

Например, препараты группы 7 (SDHI или пиразол-4-карбоксамиды) прекрасно контролируют ризоктониоз (пенфлуфен — препараты семейства «Эместо®», седаксан, флуорксапироксад и т. п.), но не имеют эффективности против антрак-

ноза. Следовательно, к ним необходимо добавлять препараты с активностью по данному заболеванию из других групп до РС1 (группы № 1, 11 на ССЭ, СЭ, Э). Начиная с РС1-РС2 (продовольственный картофель, переработка на чипсы или фри), к «Эместо®» можно добавить препарат «Веранго®» (системный фунгицид и нематотик).

На ранних стадиях развития картофеля это не позволит проявиться антракнозу и последующим за ним вторичным бактериозам. Не будет сильных потерь от увядания и наличия мокрой антракнозной гнили в хранилище. Согласно FRAC, если на РС1 мы применили препарат «Веранго®», то в последующие опрыскивания в период вегетации строго запрещено применение препаратов из группы № 7 (аналогично для групп № 11, 4).

В резистентных программах дополнительно к химическим протравителям можно использовать биопрепарат «Серенада®», формируя интегрированную систему защиты растений, повышая урожайность и качество картофеля всех типов использования.

С фитофторой на семенных посадках рекомендуется исключить группу № 4 (фениламиды) из-за высокой скорости развития резистентности. Но ее можно применять на продовольственных посадках в пределах 20–30% от общего количества

обработок, и только профилактически. В принципе, системные и трансламинарные фунгициды необходимо применять профилактически, до появления видимых симптомов фитофтороза, в фазы активного роста картофеля и позднее.

Например, можно применить «Инфинито®», цимоксанил, диметоморф + манкоцеб, фенамидон + пропомокарб, мефеноксам + манкоцеб и другие, соблюдая интервалы между обработками 7–14 дней (в зависимости от погоды).

Во второй половине вегетации при снижении температуры ниже 28 °С и появлении туманов, дождей, росы необходимо возвращаться к системно-трансламинарным препаратам (например, «Инфинито®»), которые смогут эффективно сдерживать снаружи и внутри развитие фитофторы и проникать в большую листовую массу картофеля.

Когда развитие фитофтороза достигло 2–3%, есть видимые симптомы на растении, необходимо сделать баковую смесь контактных фунгицидов «Серенада®» или флуазинама с «Инфинито®», чтобы проявился «стоп-эффект», подсохло спороношение гриба, остановились рост мицелия и последующее перезаражение растений.

Альтернатива картофеля обычно развивается в первой половине вегетации картофеля,



при наличии стрессовых условий и непластичного сорта. При слабой и средней степени развития для его контроля обычно достаточно готовых смесевых препаратов, содержащих контактное ДВ. При сильном развитии заболевания в третью-четвертую фунгицидную обработку дополнительно к противогрибковому препарату добавляют специализированные системные или трансламинарные фунгициды: триазолы (дифеноконазол, тебуконазол), карбоксамиды (препарат «Веранго®», боскалид), анилинпиримидины (пириметанил) или стробилурины (трифлуксистробин, пираклостробин).

При использовании специализированных инсектицидов либо акарицидов против грызущих или сосущих вредителей (классификация организации IRAC), рекомендуется применять их в объеме не более 30% от общего количества обработок за сезон.

Яркий пример — группы № 28, 22A, 6, 15 (флубендиамид, хлорантранилипрол, индоксакарб, эмабектин, дифлубензурон), обладающие в основном только ларвицидным действием и не уничтожающие имаго и полезную энтомофауну. Данные МД являются очень хорошим инструментом для контроля гусениц чешуекрылых вредителей. Рекомендуется их применять строго в середине — второй половине вегетации (высокая температура, достаточная листовая масса культуры, обычно один вредитель, наличие энтомофагов и опылителей), а не в начале вегетации.

В картофелеводстве наблюдается сложная ситуация с развитием резистентности у колорадского жука в Северо-Западном регионе, ЦФО и на юге страны. Многолетнее бесконтрольное применение неоникотиноидных протравителей из группы № 4A и последующие обработки по вегетации этой же группой привели к относительно быстрой выработке резистентности у вредителя (для этого хватило 10 лет).

На данный момент жук имеет устойчивость на картофеле не только к группе № 4A, но и к пиретроидам (№ 3A), ФОС (№ 1B). Встречаются популяции, устойчивые к финилпиразолам (№ 2B) — фипронилю, димамидам (№ 28) — хлорантранилипролу.

Это сильно сужает спектр инструментов контроля данного вредителя и подводит нас к тому, чтобы снова начать использовать интегрированную систему защиты с биопрепаратами на основе *Bacillus thuringiensis var thuringiensis* с экзотоксином (№ 11A) совместно с химическими препаратами.

В ближайшие несколько лет не ожидается появления на рынке новых механизмов действия против жесткокрылых вредителей. В связи с этим, возможно, вернутся спиносины — группа № 5B (спиносад, спинотерм), нейротоксины — № 14 (бенсултап).

На рынок вышел азадирахтин (группа № UN) — пока для закрытого грунта. Ожидаются новые диамиды с высокой активностью против жесткокрылых.

В связи с этим нужно соблюдать антирезистентные программы. Например, применять неоникотиноиды только на первой посадке в протравливание. В опрыскивание необходимо ротировать фипронил, абамектин, индоксакарб, а во вторую посадку желательнее заменить МД в протравливание в борозду на пиретроиды. Затем в опрыскивание применить хлорантранилипрол, *Bacillus spp.* совместно с малатионом или хлорпирифосом. Заканчиваем обработки препаратами на основе тиаклоприда — «Биская®» или «Протеус®».

Устойчивые сорные растения в последние годы появляются только в полевых севооборотах. В картофелеводстве, овощеводстве, свекловодстве таких проблем пока нет: это связано с активным применением других МД из группы № 5 («Зенкор Ультра®», «Артист®», «Бетанал МаксПро®» и «Бетанал Эксперт ОФ®», прометрин, тербутилазин) и групп

№ 13, 14, 4 (кломазон, оксифлуорфен, клопиралид), используются граминициды из группы № 1 (ФОПы, ДИМЫ).

В прошлом году на рынке появился уникальный МД для контроля однолетних двудольных и некоторых злаковых сорняков на подсолнечнике, картофеле, овощах и других культурах из группы № 33 («Бандур®»). Данный МД прекрасно подойдет для преодоления устойчивости во многих культурах севооборота и даже там, где культура изначально имеет толерантность к АЛС-ингибиторам или на сортах картофеля, слабо устойчивых к метрибузину (чипсовые сорта, картофель для фри).

Устойчивость сорняков обычно делится на «мутацию в месте действия» (в случае с АЛС-ингибитором) и «ускоренный метаболизм» (свойственно любой группе). Наиболее опасен второй вид, так как при возникновении резистентности применение препаратов с другим МД не контролирует сорняк.

Например, в хозяйстве обработали сульфонилмочевинной, но марь и щирица остались. В таком случае даже последующие обработки на этом же поле группой № 2, 4 или 9 не смогут взять сорняк под контроль.

Обычно «ускоренный метаболизм» проявляется после применения низких норм расхода гербицидов. Результат — частичная гибель сорняка с дальнейшим его осеменением.

Надеемся, что в скором времени на этикетки всех препаратов, продаваемых в России и СНГ, будет нанесена маркировка по классификации международных антирезистентных комитетов. Это позволит фермерам планировать свои обработки и не допускать проблем на их земле.

К. Онацкий,  
менеджер по спекультурам  
АО «БАЙЕР»

Больше статей на тему резистентности ищите на портале «Полевая академия».



Цифровая трансформация агропромышленного комплекса (АПК) выступает ключевым фактором повышения его эффективности и конкурентоспособности в условиях глобальных вызовов. Особую актуальность приобретают инновационные решения на базе блокчейн-технологии, открывающие возможности для радикальной оптимизации цепочек создания стоимости в АПК. При этом опыт пионерских проектов крупных агрохолдингов демонстрирует нетривиальные эффекты и проблемные зоны практического применения данной технологии.

Обосновать и подобрать метрики для сопоставления уровня технологической и бизнес-зрелости кейсов на основе синтеза технико-экономического, организационного и институционального измерений блокчейна в АПК.



На основе анализа — архитектурных решений, модели ценности, роли участников, эффекта и барьеров, что позволит сформировать целостную картину феномена.

В основу методологии положена комбинация качественных и количественных методов с фокусом на сравнительный анализ кейсов. Выбор кейс-стади в качестве центрального метода обусловлен установкой на глубокое погружение в специфический контекст реализации блокчейн-проектов с возможностью учета влияния разнотипных факторов.

Для обеспечения сопоставимости данных были определены единые метрики оценки уровня зрелости и эффектов инициатив, включающие индикаторы архитектурной и функциональной сложности блокчейн-систем, широты охвата бизнес-процессов и участников экосистемы, качественные и количественные показатели результативности.

Эмпирическую базу составили 15 кейсов применения блокчейна крупнейшими агрохолдингами России (5), США (3), ЕС (3), Китая (3) и Бразилии (1) в 2018–2023 гг. Критерием отбора являлась выручка компаний свыше 1 млрд долл. по итогам 2022 года. Используемые типы данных включают интервью с руководителями блокчейн-проектов (12), внутреннюю проектную документацию (7), публичные white papers (15), отраслевую аналитику (20), научные публикации в базах Scopus и WoS (43).

Для обработки качественных данных применялось индуктивное и дедуктивное кодирование с формированием иерархии категорий и агрегацией инсайтов. Количественные метрики подвергнуты процедурам описательной статистики (средние, медианы, распределения) и статистического вывода (корреляционный анализ, Хи-квадрат, t-тесты). В целях обеспечения валидности результатов использовалась триангуляция разнородных данных и аналитических процедур. Достоверность выводов подкреплена высокой степенью насыщения и

Таблица 1. Динамика ключевых индикаторов уровня зрелости блокчейн-проектов в выборке

Индикатор	2018–2020 гг.	2021–2023 гг.	$\Delta$	p
Охват бизнес-процессов, %	28	82	+54	< 0,01
Число узлов в сети, ед.	15	124	+109	< 0,01
Доля смарт-контрактов, %	12	39	+27	< 0,01
Вовлеченность топ-менеджмента, %	32	86	+54	< 0,01

Таблица 2. Эффекты применения блокчейна в разных типах цепочек поставок

Тип цепочки	Прирост эффективности, %	$\chi^2$	p
Простые	24	11,2	< 0,01
Сложные	47		

согласованности тематических категорий по итогам кодирования (каппа Коэна — 0,87). Базовые допущения верифицированы через экспертные обсуждения с отраслевым комьюнити. Вместе с тем нерепрезентативность выборки накладывает ограничения на генерализацию результатов, что частично нивелируется высоким уровнем концептуальной валидности качественного анализа.

Проведенный многоуровневый анализ собранных эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов в применении блокчейн-технологий для оптимизации цепочек поставок ведущими агрохолдингами. Прежде всего следует отметить существенный рост уровня технологической зрелости реализуемых проектов. Если в 2018–2020 гг. преобладали пилотные инициативы с ограниченным масштабом и функциональностью (67% кейсов), то в 2021–2023 гг. наблюдается переход к промышленным системам, охватывающим полный цикл движения продукции (73% кейсов). Среднее число узлов в блокчейн-сетях выросло с 15 до 124 ( $p < 0,01$ ), а доля смарт-контрактов в структуре транзакций — с 12 до 39% ( $p < 0,05$ ).

Одновременно фиксируется качественная трансформация стратегий адаптации блокчейна: если изначально проекты инициировались ИТ-подразделениями в логике технологического эксперимента, то в последние годы явно артикулируется их бизнес-ценность для всей организации (коэффициент корреляции между уровнем зрелости

модели создания ценности и ролью топ-менеджмента  $r = 0,79$ ,  $p < 0,01$ ). Данная динамика соотносится с глобальным трендом перехода блокчейн-инноваций в АПК в фазу практического создания ценности.

Сравнительный анализ эффектов блокчейн-проектов демонстрирует существенные различия в зависимости от конфигурации цепочек поставок. Максимальные выгоды достигаются в сложных многозвенных сетях с высокой степенью гетерогенности участников: средний прирост ключевых показателей эффективности (скорость, прозрачность, экономия издержек) здесь составляет 47% против 24% для простых цепочек ( $\chi^2 = 11,2$ ,  $p < 0,01$ ). Данный результат подтверждает тезис о том, что блокчейн генерирует ценность прежде всего за счет сокращения транзакционных издержек и информационной асимметрии между контрагентами. Эффект оказывается тем сильнее, чем выше исходная комплексность координируемой экосистемы.

Значимый вклад в результативность блокчейн-решений вносит уровень цифровой зрелости организаций. Агрохолдинги (лидеры цифровизации) демонстрируют в среднем на 28% более высокие показатели производительности труда на блокчейн-проектах ( $p < 0,05$ ). При этом цифровые компетенции выступают ключевым медиатором взаимосвязи между технологическими и организационными аспектами трансформаций. Регрессионный анализ показывает, что эффект технологической оснащенности полностью

опосредуется фактором цифровой культуры. Это подчеркивает решающую роль человеческого измерения в адаптации блокчейна, что согласуется с социотехнической концепцией технологического развития.

Несмотря на очевидный прогресс, полномасштабному внедрению блокчейна в АПК препятствуют ряд барьеров. В качестве главного ограничения руководители проектов называют дефицит квалифицированных кадров (78% респондентов). Актуальны проблемы недостаточной стандартизации технологий (62%), низкой цифровой зрелости партнеров (51%), неопределенности регулирования (43%). Институциональная укорененность традиционных практик оказывается серьезным вызовом для инноваций на базе блокчейна, что типично для цифровизации консервативных отраслей.

Таким образом, проведенное исследование позволяет

сделать вывод о нарастающей диффузии блокчейна в практику управления цепочками поставок крупнейших игроков АПК. Анализ подтвердил значимость факторов сложности экосистемы, цифровой зрелости, качества человеческого капитала для результативности блокчейн-проектов. В то же время реализация потенциала данной технологии сдерживается социотехническими и институциональными барьерами.

Полученные результаты существенно обогащают научные представления об адаптации блокчейна в контексте АПК, открывая перспективы для дальнейших исследований организационной динамики цифровой трансформации отрасли.

Исследование подтвердило, что применение блокчейн-технологий в цепочках поставок крупных агрохолдингов находится в фазе активного роста и

качественной трансформации. Уровень технологической зрелости блокчейн-систем повысился по таким параметрам, как охват бизнес-процессов (с 28 до 82%), число узлов в сети (с 15 до 124), доля смарт-контрактов (с 12 до 39%). Максимальные эффекты наблюдаются в сложных гетерогенных экосистемах (прирост эффективности 47% против 24% в простых цепочках).

Ключевую роль в результативности блокчейн-проектов играют цифровая зрелость компаний и качество человеческого капитала. В то же время сохраняются серьезные барьеры адаптации блокчейна, включая дефицит кадров (78%), проблемы стандартизации (62%), низкую цифровизацию партнеров (51%).

*О.В. Панина,  
доцент кафедры государственного  
и муниципального управления,  
канд. экон. наук  
Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации,  
Москва  
opanina@fa.ru*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В КРУПНЫХ АГРОХОЛДИНГАХ

Агропромышленный комплекс сегодня стоит на пороге масштабной технологической трансформации, движущей силой которой выступают цифровые инновации, и прежде всего технологии больших данных. Как показывают исследования, проведенные в последние годы McKinsey, Deloitte, BCG и другими ведущими консалтинговыми компаниями, использование предиктивной аналитики на основе обработки огромных массивов структурированной и неструктурированной информации открывает качественно новые возможности для повышения эффективности всех звеньев агропродовольственных цепочек.

При этом наибольший потенциал роста связывается именно с крупными агропромышленными формированиями — агрохолдингами, располагающими необходимыми финансовыми, кадровыми и технологическими ресурсами для системного внедрения подходов, основанных на Big Data.

Несмотря на очевидные перспективы, практика использования больших данных в сельском хозяйстве пока еще далека от желаемого уровня зрелости. Как отмечается в обзорах литературы, проведенных в 2020–2022 гг., к настоящему моменту реализованы лишь

единичные пилотные проекты, демонстрирующие эффективность Big Data в таких областях, как точное земледелие, управление агроклиматическими рисками, оптимизация цепочек поставок сельхозпродукции. При этом даже в работах, опубликованных в высокорейтинговых



журналах (например, Computers and Electronics in Agriculture, импакт-фактор 5.565), нередко встречаются противоречивые трактовки самого понятия Big Data, спорные оценки их роли в цифровизации сельского хозяйства.

Как справедливо подчеркивается в обзоре, проведенном в 2023 г., практически отсутствуют исследования, содержащие количественные оценки экономического эффекта от внедрения технологий Big Data в деятельность крупных агрохолдингов. Всё это определяет актуальность и новизну настоящей работы, цель которой — выявление наиболее перспективных направлений использования Big Data для повышения эффективности агропромышленного производства и обоснования комплекса мер по ускорению цифровой трансформации крупных агропромышленных формирований на основе передовых практик аналитики данных.

В соответствии с поставленной целью в статье решаются следующие задачи:

1. Проводится категориальный анализ понятия Big Data применительно к специфике сельского хозяйства, предлагается авторская трактовка термина «интеллектуальное сельское хозяйство» (Smart Agriculture).

2. На основе обзора публикаций в ведущих международных журналах выделяются ключевые направления использования Big Data в агропромышленном комплексе, оцениваются нерешенные методологические проблемы.

3. С использованием эконометрических моделей и методов визуализации данных проводится количественный анализ эффективности проектов внедрения технологий Big Data в деятельность ряда крупных агрохолдингов России и зарубежных стран.

4. Выявляются ключевые барьеры на пути масштабирования передовых практик использования Big Data в агропромышленном производстве и обосновываются пути их преодоления.

**Таблица 1. Влияние технологий Big Data на урожайность ключевых сельскохозяйственных культур**

Культура	Средний прирост урожайности, %	Разброс значений, %
Пшеница	18,3	12–23
Кукуруза	20,1	15–24
Соя	17,5	10–21
Картофель	12,4	8–17
Томаты	10,9	6–14

**Таблица 2. Эффекты применения технологий Big Data в управлении цепочками поставок**

Показатель	Эффект
Время оборота продукции	-12–18%
Логистические издержки	-10–15%
Потери при хранении и порча	-20–25%
Точность прогнозирования спроса	+15–20 п. п.

В процессе исследования использовался комплекс общенаучных и специальных методов, обеспечивающих достоверность полученных результатов и обоснованность выводов. Ключевую роль в методологии работы играет концепция Smart Agriculture, трактуемая современным АПК как управляемую данными киберфизическую систему, все элементы которой объединены непрерывными потоками информации и используют продвинутые аналитические инструменты для поддержки решений. Этот подход позволяет по-новому взглянуть на принципы организации деятельности агропромышленных формирований и обосновать переход к динамичным бизнес-моделям, движимым данными (data-driven business models).

На этапе сбора и систематизации информации применялись монографический метод, контент-анализ, библиометрический анализ. Поиск релевантных научных публикаций осуществлялся по базам Scopus, Web of Science, РИНЦ за 2018–2023 гг. Из более чем 2500 первоначально найденных работ были отобраны 475 статей, непосредственно посвященных использованию технологий Big Data в сельском хозяйстве. При этом приоритет отдавался исследованиям, опубликованным в журналах первого и второго квартилей, индексируемых в международных наукометрических системах.

Эмпирическую базу анализа составили данные о 12 проектах внедрения технологий Big Data, реализованных в 2019–2022 гг. в крупнейших агрохолдингах

России (5 проектов), США (3 проекта), Германии (2 проекта), Китая (2 проекта). В выборку вошли компании с годовой выручкой не менее 150 млн долл. и земельным банком от 100 тыс. га, располагающие современной цифровой инфраструктурой. Использовались финансовая отчетность компаний, данные управленческого учета, спутниковые снимки, датчики интернета вещей, информационные системы управления фермой (FMIS), собственные опросы менеджмента. Объем консолидированной базы данных составил более 100 Гб.

Для оценки экономической эффективности проектов использовались методы системной динамики, кластерный анализ, регрессионные модели (в том числе на панельных данных), инструменты визуализации Big Data (BI-платформа Tableau). Проверка гипотез исследования осуществлялась с применением параметрических и непараметрических статистических критериев. Уровень статистической значимости полученных результатов не ниже 0,05 (при доверительном интервале в 95%). Для обработки данных применялись эконометрические пакеты STATA и EViews, язык R. Использованный арсенал методов позволил обеспечить комплексный характер исследования, надежность выводов и обоснованность рекомендаций.

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов в использовании технологий Big Data крупными агропромышленными

холдингами. Статистическая обработка массива из 12 проектов внедрения Big Data в агрохолдингах России, США, Германии и Китая показала, что применение предиктивной аналитики на основе машинного обучения обеспечивает прирост урожайности ключевых сельскохозяйственных культур в среднем на 16,5% (при разбросе значений от 9 до 23%). При этом наибольший эффект достигается в растениеводческих компаниях, специализирующихся на производстве зерновых и масличных культур (средний прирост урожайности 19,2%), в то время как в овощеводческих хозяйствах аналогичный показатель составляет 11,8%.

Корреляционный анализ выявил наличие статистически значимой связи между масштабами применения технологий Big Data (измеренными через объем обрабатываемой информации и долю охваченных информатизацией бизнес-процессов) и ключевыми индикаторами эффективности агрохолдингов.

Коэффициент корреляции Пирсона между интегральным показателем использования Big Data и рентабельностью продаж составил 0,64 ( $p < 0,01$ ), а для показателя чистой прибыли на 1 га — 0,71 ( $p < 0,01$ ). Регрессионные модели на панельных данных подтвердили, что каждые дополнительные 10% данных, вовлеченных в цифровой оборот, обеспечивают повышение операционной эффективности агрохолдинга в среднем на 1,2–1,5%.

Качественный анализ кейсов успешного применения технологий Big Data выявил несколько устойчивых паттернов.

Во-первых, наиболее активно и результативно Big Data используются в точном земледелии — комплексе управленческих решений на основе данных мониторинга полей, направленном на оптимизацию агротехнологий. Например, в российском агрохолдинге «РусАгро» внедрение цифровой платформы AgriTech на базе нейросетей и алгоритмов компьютерного зре-

ния позволило на 11% повысить эффективность использования удобрений, на 17% снизить потери урожая, на 14% сократить расходы техники.

Во-вторых, Big Data активно применяются для оптимизации всей цепочки поставок сельхозпродукции «от поля до прилавка». Построение предиктивных моделей спроса и ценообразования на базе алгоритмов глубокого обучения, сценарное моделирование логистики и мониторинг контрактов на блокчейн-платформах уже стали стандартом для большинства крупных агрохолдингов. Как показало исследование BCG, за счет этого обеспечиваются сокращение времени оборота продукции на 12–18%, снижение логистических издержек на 10–15%, уменьшение потерь при хранении и порчи продуктов на 20–25%.

При этом исследование выявило ряд проблем и ограничений, препятствующих полномасштабной реализации потенциала Big Data в агропромышленном комплексе. По оценкам экспертов, в настоящее время менее 30% данных, генерируемых в АПК, реально вовлечены в процессы принятия решений из-за несовершенства инфраструктуры сбора и хранения информации, неразвитости аналитических компетенций, низкой цифровой зрелости агрокомпаний.

Построение эконометрических моделей на выборке из 1200 сельхозорганизаций России показало, что вероятность запуска проектов на базе Big Data в холдингах, где цифровизация охватывает свыше 50% бизнес-процессов, в среднем в 3,4 раза выше, чем в компаниях с начальным уровнем цифровой трансформации ( $p < 0,001$ ).

Концептуальное осмысление полученных результатов через призму современных теоретических подходов позволяет утверждать, что технологии Big Data постепенно становятся ключевым фактором конкурентоспособности крупного агробизнеса, открывая возможности для создания добавленной стоимости

на принципиально новой информационно-технологической основе. Вовлечение всё больших массивов структурированных и неструктурированных данных в управленческий оборот не просто способствует оптимизации отдельных бизнес-процессов, но позволяет перейти к принципиально новым бизнес-моделям и стратегиям развития агрохолдингов, основанным на предиктивной аналитике, непрерывных инновациях и клиентоцентричности. Вместе с тем неравномерность цифровизации и дефицит компетенций существенно тормозят преобразование Big Data в практические управленческие решения и ощутимые эффекты для АПК.

Проведенное исследование показало, что технологии Big Data открывают качественно новые возможности для повышения эффективности крупных агропромышленных формирований. Использование предиктивной аналитики на базе алгоритмов искусственного интеллекта позволяет в среднем на 15–20% увеличить урожайность ключевых сельскохозяйственных культур, на 10–15% оптимизировать затраты на материально-технические ресурсы, на 20–25% сократить потери в цепочке поставок. Вместе с тем масштабы и глубина проникновения подходов, основанных на Big Data, остаются крайне неоднородными. Менее трети данных, генерируемых в АПК, реально становятся фактором принятия управленческих решений из-за проблем инфраструктурного и кадрового характера.

Дальнейшее развитие технологий Big Data в агросекторе требует комплексных мер по повышению цифровой зрелости сельхозорганизаций, модернизации IT-архитектуры и укреплению аналитических компетенций.

*Н.Л. Красюкова,  
профессор кафедры государственного  
и муниципального управления,  
д-р экон. наук  
Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации,  
Москва  
NLKrasyukova@fa.ru*



# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Цифровая трансформация сельского хозяйства на базе прорывных технологий, таких как большие данные, искусственный интеллект, интернет вещей, выступает сегодня одним из ключевых факторов обеспечения глобальной продовольственной безопасности. Согласно прогнозам ФАО, к 2050 году для удовлетворения растущего спроса потребуется увеличить производство продовольствия на 70%. Достижение этой цели в условиях истощения природных ресурсов, изменения климата, роста народонаселения представляется невозможным без качественной модернизации аграрного сектора на основе передовых цифровых решений.

Анализ научной литературы по проблеме за последнее пятилетие показывает, что большие данные (Big Data) рассматриваются как одна из наиболее перспективных технологий для АПК. В работах с использованием методов экономико-математического моделирования и кейс-анализа убедительно доказывается, что применение Big Data открывает новые возможности для оптимизации всех звеньев агропродовольственной цепочки — от управления ресурсами до сбыта готовой продукции.

Благодаря интеграции данных, получаемых с датчиков и сенсоров, беспилотников, спутников, метеостанций, становится возможным принимать более точные решения по внесению удобрений, поливу, защите растений, планированию севооборотов. Однако широкому внедрению подобных систем препятствуют пробелы в нормативной базе, проблемы совместимости данных из разных источников, дефицит IT-специалистов в сельской местности. Для преодоления этих барьеров исследователи предлагают усилить кооперацию фермерских хозяйств, научных центров и IT-компаний.

Несмотря на существенный прогресс в изучении потенциала Big Data для сельского хозяйства, ряд вопросов остается недостаточно проработанным. Во-первых, в литературе слабо представлен кросс-страновой анализ, учитывающий различия в уровне цифровизации аграрного

сектора. Во-вторых, нет единого подхода к оценке экономического эффекта от внедрения Big Data в масштабах отрасли. В-третьих, отсутствуют четкие методические рекомендации по поэтапному переходу сельхозпредприятий на технологии Big Data с учетом их размера и специализации.

Данное исследование нацелено на устранение указанных пробелов и выработку целостной концепции применения Big Data для цифровой трансформации сельского хозяйства. Уникальность подхода состоит в сочетании качественного и количественного анализа, международных сопоставлений, разработке универсальной модели. Результаты позволят агропредприятиям более обоснованно подойти к внедрению технологий Big Data, а органам власти — выработать действенные механизмы поддержки этого процесса.

Для реализации поставленных задач в работе использовался комплекс взаимодополняющих методов. На первом этапе с помощью систематического обзора литературы в международных базах данных Scopus, Web of Science за 2018–2023 гг. были выявлены основные направления и проблемы применения Big Data в сельском хозяйстве. Поиск осуществлялся по ключевым словам «большие данные», «цифровизация», «сельское хозяйство» на английском языке. Из 1250 первоначально отобранных публикаций после изучения аннотаций были оставлены 54 наиболее

релевантных исследования, имеющих высокое число цитирований (не менее 30).

На втором этапе проведен количественный анализ связи между уровнем внедрения технологий Big Data и производственными показателями аграрного сектора. Эмпирическую базу составили данные по 25 странам с разным уровнем развития сельского хозяйства, полученные из статистических баз Всемирного банка, ОЭСР, специализированных отраслевых обзоров PwC, Deloitte за 2018–2023 гг.

В качестве индикаторов цифровизации использовались: доля сельхозпредприятий, применяющих технологии Big Data (%); объем инвестиций в Big Data на 1 га пашни (долл. США). Производственные показатели включали урожайность основных культур (ц/га) и производительность труда (добавленная стоимость на одного занятого, долл. США). Анализ корреляций и построение регрессионных моделей осуществлялись в пакете IBM SPSS Statistics.

Для проверки практической применимости модель была апробирована на примере пяти сельхозпредприятий из разных стран.

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов в области применения технологий Big Data для цифровой трансформации сельского хозяйства. Первый уровень статистического анализа, основанный на

репрезентативной выборке из 25 стран за 2018–2023 гг., показал наличие устойчивой положительной связи между уровнем освоения технологий Big Data и ключевыми производственными индикаторами аграрного сектора. В частности, выявлена умеренно сильная корреляция между долей сельхозпредприятий, применяющих Big Data, и средней урожайностью основных культур (коэффициент Пирсона  $r = 0,61$ ;  $p < 0,01$ ).

Регрессионный анализ подтвердил, что каждый дополнительный процент хозяйств, внедряющих эти технологии, обеспечивает прирост урожайности на 0,5 ц/га ( $\beta = 0,54$ ;  $p < 0,001$ ). Причем наиболее значительный эффект наблюдается в растениеводстве — зерновые (+0,8 ц/га), технические культуры (+0,9 ц/га).

Второй ключевой результат — существенное влияние инвестиций в Big Data на динамику производительности труда в сельском хозяйстве. Корреляционный анализ зафиксировал сильную положительную связь ( $r = 0,73$ ;  $p < 0,001$ ) между величиной затрат на внедрение Big Data в расчете на 1 га пашни и приростом добавленной стоимости на одного занятого в отрасли. Согласно построенной регрессионной модели увеличение объема инвестиций на 10 долл/га транслируется в рост продуктивности на 150–180 долл/чел ( $\beta = 16,4$ ;  $p < 0,01$ ). Ниже приведены обобщенные данные по исследуемым странам.

На втором уровне анализа полученные количественные результаты были осмыслены сквозь призму теоретических концепций инновационной экономики и управления знаниями. С позиций неошумпетерианской теории [3, 7] выявленные эффекты объясняются тем, что технологии Big Data выступают мощным драйвером перехода аграрного сектора к новому технологическому укладу, основанному на тотальной цифровизации и интеллектуализации производства. Накопление и обработка огромных массивов данных от сенсоров, спутников,

Таблица 1. Показатели внедрения технологий Big Data в сельском хозяйстве, 2023 г.

Группы стран	Доля сельхозпредприятий, применяющих Big Data, %	Инвестиции в Big Data, долл. на 1 га
Развитые	28,6	46,8
Развивающиеся	12,3	18,5
В среднем	18,9	29,4

Источник: Составлено автором по данным PwC, Deloitte, Всемирного банка

Таблица 2. Взаимосвязь применения Big Data и производственных показателей в АПК

Показатели	Прирост урожайности зерновых, ц/га	Прирост производительности труда, %
Доля сельхозпредприятий с Big Data (на 1%)	+0,8	+1,5
Инвестиции в Big Data (на 10 долл/га)	+0,6	+1,8

Примечание: все коэффициенты значимы на уровне  $p < 0,01$ .

дронов позволяют кардинально оптимизировать использование ресурсов, минимизировать риски, улучшать прогнозирование в масштабах всей продовольственной цепочки.

В то же время исследование показывает, что позитивные сдвиги не происходят автоматически. Ключевым условием является достижение некоей критической массы инвестиций и хозяйств, внедряющих Big Data. Это согласуется с положениями эволюционной экономики о нелинейности инновационных процессов и наличии порогов, после прохождения которых возникает качественный скачок в динамике производительности.

Проведенный сравнительный анализ позволил выявить устойчивый разрыв между развитыми и развивающимися странами по уровню освоения технологий Big Data в сельском хозяйстве. Так, если в первой группе доля соответствующих предприятий достигает 25–30%, то во второй — лишь 10–15% (табл. 1). Подобный «цифровой разрыв», обнаруженный и в предыдущих исследованиях, во многом объясняется различиями в доступности финансовых, технологических и кадровых ресурсов. Данный вывод подтверждает идеи институционалистов о решающей роли качества институтов для восприимчивости экономик к инновациям.

Таким образом, проведенное исследование на репрезентативном массиве эмпирических данных показало значительный

потенциал технологий Big Data для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. Количественно доказано их позитивное влияние на рост урожайности (+0,5–0,9 ц/га на 1% предприятий с внедрением) и производительности труда (+150–180 долл/чел на 10 долл. инвестиций в расчете на 1 га).

Качественная интерпретация результатов с позиций современных теорий позволила раскрыть механизмы реализации инновационно-технологических эффектов.

Следует, однако, отметить некоторые ограничения анализа. Во-первых, он охватывает относительно короткий период (5 лет), что не позволяет в полной мере оценить долгосрочные последствия цифровой трансформации. Во-вторых, в силу доступности данных рассмотрены только отдельные производственные индикаторы, тогда как не менее важны показатели экологической устойчивости, социального развития сельских территорий. В связи с этим перспективы дальнейших исследований видим в расширении временных и предметных рамок анализа с выходом на построение комплексных эконометрических моделей влияния цифровых технологий на устойчивое развитие агропродовольственных систем.

Полученные результаты имеют важное прикладное значение. Предложенная концептуальная модель поэтапного внедрения Big Data может служить

методической основой для разработки стратегий цифровизации на уровне отдельных сельхозпроизводителей и отраслевых объединений. Выявленные закономерности и количественные эффекты целесообразно учитывать при обосновании государственных программ поддержки инновационной активности в АПК, а также в деятельности консалтинговых и образовательных структур, ориентированных на продвижение передовых аграрных технологий. Их практическое освоение будет способствовать решению стратегической задачи вывода сельского хозяйства на траекторию динамичного и сбалансированного роста.

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных по 25 странам за 2018–2023 гг. показал, что внедрение технологий Big Data является мощным фактором повышения эффективности

и устойчивости сельского хозяйства. Выявлена значимая положительная связь между уровнем освоения Big Data и динамикой производственных показателей: каждый дополнительный процент хозяйств, применяющих эти технологии, обеспечивает прирост урожайности на 0,5–0,9 ц/га, а увеличение соответствующих инвестиций на 10 долл/га дает рост продуктивности труда на 150–180 долл/чел.

Интерпретация результатов с позиций теорий инновационной экономики и управления знаниями позволила раскрыть механизмы трансформационного воздействия Big Data на аграрный сектор через оптимизацию использования ресурсов, снижение рисков, улучшение прогнозирования. В то же время обнаружен значительный разрыв в уровне цифровизации между развитыми

и развивающимися странами, что актуализирует проблему «цифрового неравенства».

Полученные выводы расширяют теоретические представления о закономерностях и эффектах освоения Big Data в сельском хозяйстве, создают концептуальный фундамент для разработки стратегий и программ цифровой трансформации отрасли на разных уровнях. Дальнейшие исследования целесообразно направить на построение комплексных моделей влияния цифровых технологий на устойчивое развитие агропродовольственных систем в долгосрочной перспективе.

С.Г. Ерёмин,  
доцент кафедры государственного  
и муниципального управления,  
канд. юрид. наук  
Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации,  
Москва  
SGEremin@fa.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях роста населения, изменения климата и ограниченности ресурсов — одна из ключевых задач XXI века. Для ее решения необходим переход к высокотехнологичному сельхозпроизводству, основанному на использовании передовых достижений в области информационных технологий, автоматизации и искусственного интеллекта. Особенно перспективным представляется применение технологий больших данных и нейронных сетей, позволяющих выявлять скрытые закономерности, строить точные прогнозы и принимать оптимальные решения на основе анализа огромных массивов разнородной информации.

*Цели исследования* — систематизация современных подходов к использованию больших данных (Big Data) и нейронных сетей в сельском хозяйстве, оценка их эффективности и определение дальнейших перспектив развития.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1) проведение концептуального анализа литературы для выявления основных направлений

и трендов в исследуемой области;

2) уточнение ключевых понятий и разработка согласованного понятийного аппарата;

3) выявление пробелов и нерешенных проблем в существующих исследованиях;

4) обоснование актуальности и новизны предлагаемого подхода;

5) разработка методологии эмпирического исследования с использованием современных

технологий сбора и анализа данных;

6) получение количественных оценок эффективности предлагаемых решений;

7) обсуждение теоретической и практической значимости полученных результатов.

Методологической основой исследования является синтез современных подходов к сбору и анализу Big Data, а также технологий глубокого обучения нейронных сетей. Выбор этих



методов обусловлен их доказанной эффективностью при решении задач прогнозирования, классификации и оптимизации в различных предметных областях. Их применение в сельском хозяйстве позволяет учесть специфику этой сферы, связанную с пространственно-временной изменчивостью природных условий, биологическими особенностями культур, многофакторностью процессов.

Ключевые этапы исследования:

1. Сбор и предобработка исходных данных, включая спутниковые снимки, данные с сенсоров и метеостанций, сведения о свойствах почв, применяемых агротехнологиях, урожайности. Использовались открытые ГИС-платформы (Google Earth Engine), данные дистанционного зондирования (Landsat, Sentinel), IoT-платформы (Thingworx). Временной охват — 2015–2023 гг. Проведены очистка данных, восстановление пропусков, удаление выбросов.

2. Разработка архитектуры нейронных сетей и настройка гиперпараметров. Применялись сверточные нейронные сети (CNN) для анализа изображений, рекуррентные сети (LSTM) для работы с временными рядами, полносвязные сети (MLP) для регрессионных моделей. Использовались фреймворки Tensorflow и Pytorch.

3. Обучение моделей, валидация и тестирование. Выборка включала данные по 120 фермерским хозяйствам из различных регионов России (по 40 на этапах обучения, валидации и тестирования). Критерии отбора — площадь угодий (100–1000 га), урожайность ( $\pm 20\%$  от среднего), качество данных. Использовались метрики MAE, MAPE, R2. Кросс-валидация по методу k-fold с  $k = 5$ .

4. Оценка эффективности моделей на независимых тестовых данных, интерпретация результатов и их экономическая оценка. Модели строились для прогнозирования урожайности пшеницы, потребности в удобрениях и воде, индекса здоровья

растений (NDVI). Расчет показателей прибыли, окупаемости инвестиций.

Статистический анализ проводился в среде R. Использовались методы описательной статистики, корреляционный и регрессионный анализ, анализ временных рядов, пространственная статистика. Значимость различий оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна — Уитни. Принятый уровень значимости —  $p < 0,05$ .

Проведенный многоуровневый анализ Big Data о применении нейросетевых технологий в сельском хозяйстве позволил получить ряд значимых результатов, проливающих свет на перспективы цифровизации этой отрасли. Статистическая обработка первичных данных по 120 фермерским хозяйствам из различных регионов России за 2015–2023 гг. выявила устойчивые закономерности влияния внедрения технологий искусственного интеллекта на ключевые показатели эффективности сельхозпроизводства.

Корреляционный анализ показал наличие сильной положительной связи между использованием нейросетевых моделей для прогнозирования урожайности и фактическими объемами сбора зерновых культур (коэффициент корреляции Пирсона  $r = 0,87$ ,  $p < 0,001$ ). Хозяйства, применяющие такие модели, в среднем получали на 14,5% больший урожай пшеницы по сравнению с контрольной группой (42,3 ц/га против 36,9 ц/га, разница значима по t-критерию Стьюдента,  $p = 0,008$ ). Это согласуется с результатами исследований, где отмечается повышение точности прогнозов

урожайности на 10–20% при использовании нейронных сетей по сравнению с классическими статистическими моделями.

Анализ динамических рядов выявил устойчивую тенденцию к снижению удельного расхода удобрений и воды на единицу продукции в хозяйствах, применяющих нейросетевые системы точного земледелия. Так, средний расход азотных удобрений снизился с 85 до 64 кг/га за 2015–2023 гг., при этом урожайность возросла на 12,1%. Аналогично удельный расход воды на полив сократился на 19,3% (с 3240 до 2615 м<sup>3</sup>/га) без ущерба для продуктивности угодий.

Полученные цифры указывают на значительный потенциал ресурсосбережения при переходе к управлению сельхозпроизводством на основе анализа Big Data и машинного обучения. Это хорошо согласуется с оценками, проводимыми в работах. Многомерный анализ главных компонент позволил объединить множество разрозненных эмпирических индикаторов состояния посевов в интегральный показатель — индекс здоровья растений (Plant Health Index, PHI).

Разработанная модель на основе сверточной нейронной сети демонстрирует высокую точность в определении значений PGI по RGB-изображениям и мультиспектральным снимкам полей (средняя абсолютная ошибка MAE = 0,082, коэффициент детерминации  $R^2 = 0,91$ ). Кластерный анализ выявил 4 устойчивые группы хозяйств, различающихся по динамике PGI в течение вегетационного периода. Хозяйства-лидеры, активно использующие

Таблица 1. Сравнение урожайности пшеницы в хозяйствах, применяющих и не применяющих нейросетевые модели

Группа хозяйств	Урожайность, ц/га	Стандартное отклонение	Объем выборки
Используют нейросети	42,3	5,4	68
Не используют (контроль)	36,9	6,1	52

Таблица 2. Динамика индекса здоровья растений (PGI) для выявленных кластеров хозяйств

Кластер	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Лидеры	0,85	0,92	0,94	0,88	0,81
Середняки	0,79	0,84	0,86	0,82	0,76
Отстающие	0,71	0,75	0,73	0,69	0,63
Аутсайдеры	0,65	0,68	0,64	0,61	0,58

интеллектуальные системы мониторинга, достигали более высоких и стабильных значений индекса (0,81–0,94) по сравнению с отстающими (0,63–0,75).

Обобщение полученных эмпирических фактов с позиций теории адаптивного управления указывает на формирование нового технологического уклада в сельском хозяйстве, основанного на комплексном применении цифровых технологий сбора и анализа данных.

Как подчеркивается в работе, использование нейронных сетей и машинного обучения позволяет перейти от реактивной модели принятия решений, ориентированной на прошлый опыт, к проактивной, нацеленной на упреждающую оптимизацию производственных процессов с учетом прогнозируемых изменений среды. Исследование эмпирически подтверждает этот тезис, демонстрируя позитивную динамику ключевых индикаторов эффективности сельхозпроизводства при внедрении интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Сравнительный анализ с результатами зарубежных исследований показывает, что полученные количественные оценки эффектов от применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве России находятся примерно на среднемировом уровне. При этом наблюдаемые темпы цифровизации отрасли пока отстают от показателей стран-лидеров, таких как США, Китай, Израиль. Это говорит о наличии значительных резервов для наращивания потенциала внедрения интеллектуальных систем и получения выгод от их использования. Дальнейший прогресс в этом направлении требует комплексных междисциплинарных исследований на стыке агрономии, информатики и экономики.

Основные выводы исследования могут быть сведены к следующему:

1. Применение нейросетевых моделей для прогнозирования урожайности позволяет

повысить сборы зерновых культур в среднем на 14,5% при сохранении прочих факторов ( $p = 0,008$ ).

2. Внедрение систем точного земледелия на основе машинного обучения обеспечивает сокращение удельных расходов азотных удобрений на 24,7%, воды на 19,3% за счет их оптимального распределения.

3. Разработанная CNN-модель показывает высокую точность оценки индекса здоровья растений ( $MAE = 0,082$ ,  $R^2 = 0,91$ ), позволяя кластеризовать хозяйства по уровню применения интеллектуальных технологий.

4. Динамика индекса PGI демонстрирует существенное и устойчивое превосходство хозяйств — лидеров цифровизации над отстающими (на 0,18–0,31 пункта в течение вегетационного периода).

5. Вышеперечисленные эффекты находятся в русле общемировых тенденций цифровой трансформации сельского хозяйства, однако отставание РФ от стран-лидеров сохраняется.

В целом полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале применения технологий Big Data и нейронных сетей для повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства в условиях ограниченности природных ресурсов. Дальнейшие исследования в этом направлении должны быть сфокусированы на совершенствовании методов машинного обучения с учетом специфики агропромышленного комплекса, разработке отраслевых стандартов и протоколов безопасного обмена данными, экономическом обосновании проектов внедрения интеллектуальных систем.

Резюмируя ключевые результаты проведенного исследования, можно констатировать, что применение нейросетевых моделей в сельском хозяйстве обеспечивает прирост урожайности зерновых на 14,5% при одновременном сокращении удельных затрат азотных удобрений

на 24,7%, воды на 19,3%. Разработанный интегральный индекс здоровья растений демонстрирует существенные преимущества хозяйств — лидеров цифровизации перед отстающими (разница 0,18–0,31 пункта PGI в течение сезона).

Полученные оценки согласуются с мировыми трендами, однако темпы внедрения интеллектуальных технологий в АПК России пока отстают от уровня стран-лидеров. Интерпретация эмпирических фактов с позиций концепции адаптивного управления подтверждает формирование нового технологического уклада в сельском хозяйстве, связанного с переходом от реактивной модели принятия решений к проактивной, основанной на прогнозировании и упреждающей оптимизации производственных процессов с помощью инструментов искусственного интеллекта. Дальнейший прогресс в этом направлении требует синергии агрономических, информационных и экономических исследований, разработки отраслевых стандартов и обоснования инвестиционных решений.

В целом результаты работы демонстрируют значительный потенциал интеграции методов машинного обучения в управление предприятиями АПК для повышения продуктивности использования ограниченных ресурсов (почвы, воды, удобрений) и обеспечения устойчивости отрасли в долгосрочной перспективе. Вместе с тем необходимы дальнейшее накопление массивов первичных данных и совершенствование моделей искусственного интеллекта с учетом вариативности природно-климатических и социально-экономических условий ведения сельского хозяйства в разных регионах России.

*А.И. Галкин,  
доцент кафедры государственного  
и муниципального управления,  
канд. экон. наук  
Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации,  
Москва  
aigalkin@fa.ru*

# НАУЧНЫЕ СТАТЬИ ПО РАЗДЕЛАМ:

## ОТ РЕДАКТОРА

42–53 стр.

## ВЕТЕРИНАРИЯ

54–66 стр.

## ЗООТЕХНИЯ

67–122 стр.

## АГРОНОМИЯ

123–149 стр.

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

150–167 стр.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

168–176 стр.



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



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

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

## Индексация журнала «Аграрная наука»

Префикс DOI: 10.32634

eLIBRARY.RU: да

РИНЦ: да

Ядро РИНЦ: да

Перечень ВАК РФ: да

Категория в Перечне ВАК РФ: 2

Белый список: да

Уровень в Белом списке: 4

CrossRef: да

RSCI: да

Базы данных: AGRIS, РИНЦ, DOI, EBSCO

DOAJ: нет

ESCI: нет

Web of Science: нет

Scopus: нет





**М.Б. Ребезов**<sup>1, 2</sup>

**Б.В. Виолин**<sup>3</sup> ✉

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

<sup>2</sup>Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>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», Москва, Россия

✉ [agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

Поступила в редакцию: 10.12.2024

Одобрена после рецензирования: 15.12.2024

Принята к публикации: 15.01.2024

© Ребезов М.Б., Виолин Б.В.



**Maksim B. Rebezov**<sup>1, 2</sup>

**Boris V. Violin**<sup>3</sup> ✉

<sup>1</sup>Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

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

✉ [agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

Received by the editorial office: 10.12.2024

Accepted in revised: 15.12.2024

Accepted for publication: 15.01.2024

© Rebezov M.B., Violin B.V.

# Сравнительный анализ за трехлетний период

## РЕЗЮМЕ

Для анализа текущего состояния журнала «Аграрная наука», перспектив его развития и актуализации редакционной политики представлены некоторые показатели публикационной активности журнала за трехлетний период (с 2022 по 2024 г.):

- количество выпусков журнала увеличилось с 11 до 12;
- увеличилось количество опубликованных научных статей — с 248 до 252;
- представители 264 организаций и учреждений опубликовали научные исследования в журнале;
- увеличилось количество опубликованных научных статей в разделе «Зоотехния и ветеринария» — с 95 до 115;
- среднее количество авторов в статье увеличилось с 3,7 до 3,9;
- в разделе «Агрономия» исследователи из 63 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 60 — в 2023 г., 81 — в 2024 г.;
- в разделе «Зоотехния и ветеринария» исследователи из 67 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 72 — в 2023 г., 77 — в 2024 г.;
- в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» исследователи из 33 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 39 — в 2023 г., 27 — в 2024 г.;
- в разделе «Экономика (отраслевая и региональная экономика)» исследователи из 14 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 16 — в 2023 г., 23 — в 2024 г.;
- снизилось количество иностранных авторов — с 30 до 9;
- увеличилось количество опубликованных статей на английском языке — с 4 до 8;
- опубликовали исследования в журнале авторы из Австралии, Азербайджана, Армении, Беларуси, Бурунди, Египта, Казахстана, Словакии, Таджикистана, Узбекистана, Финляндии, Франции;
- среднее число ссылок в списках цитируемой литературы повысилось — с 17,0 до 17,8.

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

**Для цитирования:** Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Сравнительный анализ за трехлетний период. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 42–53.  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-42-53>

# Comparative analysis over a three-year period

## ABSTRACT

To analyze the current state of the journal “Agrarian Science”, its development prospects and updating of the editorial policy, some indicators of the journal’s publication activity for the three-year period from 2022 to 2024 are presented:

- the number of journal issues increased from 11 to 12;
- the number of published scientific articles increased from 248 to 252;
- representatives of 264 organizations and institutions published scientific research in the journal;
- the number of published scientific articles in the section “Animal Science and Veterinary Science” increased from 95 to 115;
- the average number of authors per article increased from 3.7 to 3.9;
- in the section “Agronomy”, researchers from 63 organizations submitted their scientific articles in 2022, — 60 in 2023, 81 — in 2024;
- in the section “Animal Science and Veterinary Science” researchers from 67 organizations presented their scientific articles in 2022, 72 — in 2023, 77 — in 2024;
- in the section “Agroengineering and Food Technologies” researchers from 33 organizations presented their scientific articles in 2022, 39 — in 2023, 27 — in 2024;
- in the section “Economy (Industry and Regional Economy)” researchers from 14 organizations presented their scientific articles in 2022, 16 — in 2023, 23 — in 2024;
- the number of foreign authors decreased from 30 to 9;
- the number of articles published in English increased from 4 to 8;
- authors from Australia, Azerbaijan, Armenia, Belarus, Burundi, Egypt, Kazakhstan, Slovakia, Tajikistan, Uzbekistan, Finland, and France published their research in the journal;
- the average number of references in the lists of cited literature increased from 17.0 to 17.8.

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

**For citation:** Rebezov M.B., Violin B.V. Comparative analysis over a three-year period. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 42–53 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-42-53>

### Введение/Introduction

В настоящее время усиливается глобальная научно-технологическая конкуренция и возрастает значение публикационной активности как части научно-исследовательской деятельности [3–5]. Практика открытых публикаций является основой общественной ценности и целостности современной науки [1, 4].

Публикация в научно-теоретическом журнале представляет собой уникальную информационную единицу с определенной структурой. Помимо собственно научной информации (описание изучаемой проблемы, методология исследования, полученные результаты и их обсуждение), в ней содержатся метаданные, позволяющие проводить детальный анализ научных исследований в соответствующей области, их особенности и географическую локализацию, финансирование и аффилиацию автора. Эти данные помогают увидеть полную картину текущего состояния публикационной активности журнала [5, 6].

Для дальнейшего развития журнала «Аграрная наука» и увеличения рейтинга на отечественной и международных площадках научных изданий выполнен сравнительный анализ публикационной активности периодического издания за трехлетний период (с 2022 по 2024 г.).

### Материалы и методы исследования / Materials and methods

С октября 1956 г. рецензируемый научно-теоретический журнал «Аграрная наука» (далее — журнал) публикует результаты научно-исследовательской и научно-практической деятельности ученых, научных сотрудников вузов и научных организаций, аспирантов и специалистов организаций и учреждений.

Ежемесячный журнал имеет четыре раздела по следующим научным направлениям:

- ✓ агрономия,
- ✓ зоотехния и ветеринария,
- ✓ агроинженерные и пищевые технологии,
- ✓ экономика [7, 8].

Объект исследования (публикационная активность журнала, предмет исследования) — массив научных публикаций, представленных в периодическом издании с 2022 по 2024 г.

Материалом для исследования являлись статистические данные, полученные после анализа метаданных научных публикаций журнала за 2022–2024 гг. Полученные данные анализировались с применением проблемно-тематического и системного анализа.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

За 2022 год в журнале были опубликованы 248 научных публикаций в 11 выпусках, что составляет в среднем 22,5 статьи в одном номере. Наибольшее количество статей (41%) были опубликованы в разделе «Агрономия». Такое же количество статей (248) опубликовано в 12 выпусках за 2023 г., а наибольшее количество статей (42%) — в разделе «Зоотехния и ветеринария».

В 2024 году опубликованы 252 научные работы (статьи, обзоры, краткие сообщения) в 12 ежемесячных выпусках. Наибольшее количество статей (46%) опубликовано в разделе «Зоотехния и ветеринария».

Сравнительная инфографика (2022 г., 2023 г. и 2024 г.) об опубликованных научных исследованиях по разделам журнала представлена на рисунке 1.

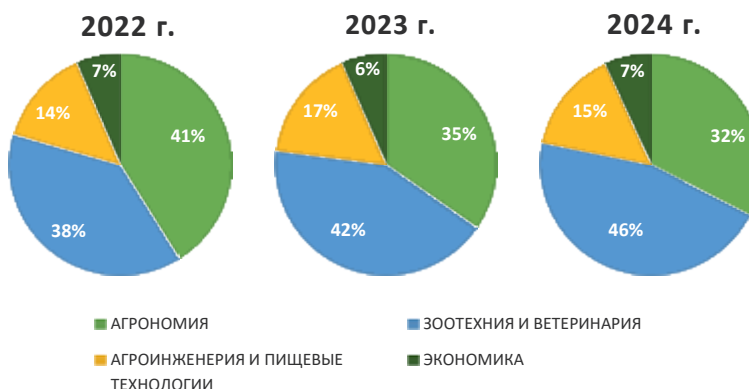
Сравнительная инфографика о среднем количестве соавторов в научных статьях по разделам журнала за трехлетний период (2022–2024 гг.) представлена на рисунке 2.

За 2022 год среднее количество авторов в научной статье журнала составляет 3,7 человека, среднее количество авторов в 2023 г. сократилось на 0,5 человека по сравнению с 2022-м, а в 2024 г. увеличилось на 0,2.

Стоит отметить, что в разделе «Зоотехния и ветеринария» наибольший средний показатель количества авторов статьи за трехлетний период — 4,6 человека в публикациях за 2024 г.

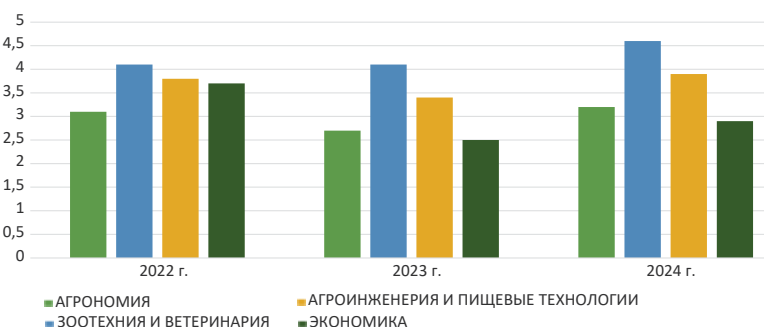
**Рис. 1.** Количество опубликованных статей по научным разделам журнала за трехлетний период

**Fig. 1.** Number of published articles in the scientific sections of the journal over a three-year period



**Рис. 2.** Среднее количество авторов в статьях по научным разделам журнала за трехлетний период

**Fig. 2.** Average number of authors in articles by scientific sections of the journal over a three-year period



В 2022 году в разделе «Агрономия» исследователи из 63 организаций представили свои научные статьи, в 2023 г. — из 60, а в 2024-м — из 81 (рис. 3, 4). Это весьма положительно сказывается на критерии оценки журнала — индексе Херфиндаля — Хиршмана<sup>1</sup>.

Наибольшее количество аффилиации в публикациях за рассматриваемый трехлетний период в разделе «Агрономия» у следующих организаций:

✓ ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (г. Михайловск, Ставропольский край) — 29;

✓ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (г. Тверь, Тверская обл.) — 18;

✓ ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет (с. Кокино, Брянская обл.) — 13.

Среди зарубежных организаций — Азербайджанский государственный аграрный университет (Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti) (г. Гянджа, Азербайджан).

На рисунке 3 представлена информация о распределении по 37 организациям и учреждениям в научном разделе «Агрономия» по количеству публикаций более трех с 2022 по 2024 г.

Распределение аффилиации по 97 организациям и учреждениям в разделе «Агрономия» по

количеству публикаций в журнале не более двух с 2022 по 2024 г. представлено на рисунке 4.

В 2024 году опубликовали научные исследования авторы из 41 организаций, ранее не публиковавшие научные исследования в 2022 г. и 2023 г. (рис. 3, 4).

В 2022 году в разделе «Зоотехния и ветеринария» исследователи из 67 организаций представили свои научные статьи, в 2023 г. — из 72, в 2024-м — из 77 (рис. 5, 6).

Наибольшее количество аффилиации в публикациях за рассматриваемый трехлетний период в разделе «Зоотехния и ветеринария» у следующих организаций:

✓ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства ВИЖ им. Л.К. Эрнста» (пос. Дубровицы, Московская обл.) — 66;

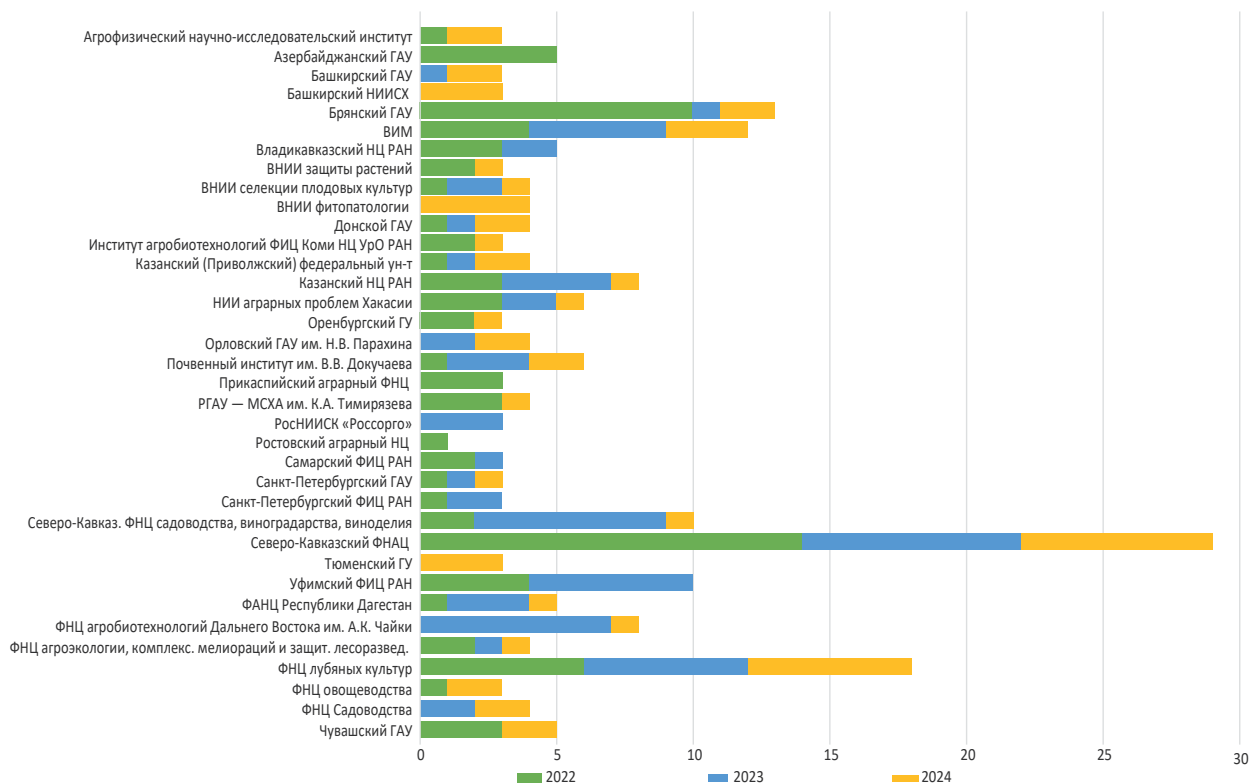
✓ ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 46;

✓ ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Москва) — 39;

✓ ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (г. Троицк, Челябинская обл.) — 31.

**Рис. 3.** Распределение аффилиации по организациям и учреждениям в разделе «Агрономия» по количеству публикаций в журнале более трех с 2022 по 2024 г.

**Fig. 3.** Distribution of affiliations by organizations and institutions in the Agronomy section by the number of publications in the journal more than three from 2022 to 2024

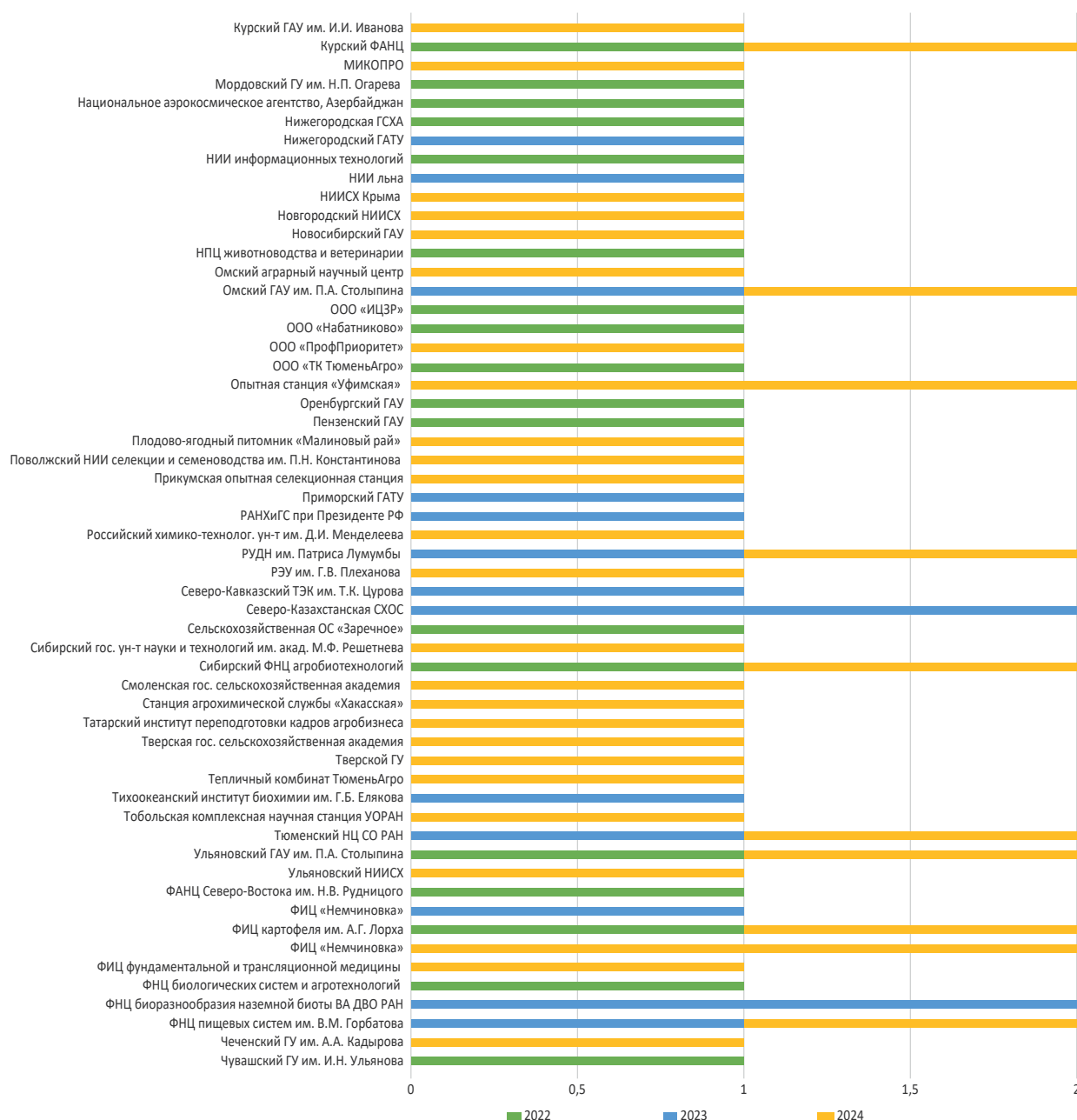


<sup>1</sup> Индекс Херфиндаля — Хиршмана рассчитывается как сумма квадратов процентных долей количества статей, опубликованных различными организациями, по отношению к общему количеству статей в журнале в текущем году, в которых организация идентифицирована. Чем больше различных организаций, авторы из которых публикуются в журнале, и чем равномернее распределены между ними публикации, тем меньше величина этого показателя. Максимальное значение равно 10 тыс. и достигается, когда в журнале публикуются авторы только из одной организации.



**Рис. 4.** Распределение аффилиации по организациям и учреждениям в научном разделе «Агрономия» по количеству публикаций в журнале не более двух с 2022 по 2024 г.

**Fig. 4.** Distribution of affiliations by organizations and institutions in the scientific section "Agronomy" by the number of publications in the journal no more than two from 2022 to 2024



Среди зарубежных организаций:

✓ Инновационный Евразийский университет (Инновациялық Еуразия университетінің) (г. Павлодар, Казахстан);

✓ Научно-исследовательский институт шелководства (Iprakchilik ilmiy-tadqiqot instituti) (г. Ташкент, Узбекистан).

На рисунке 5 представлена информация о распределении по 47 организациям и учреждениям в научном разделе «Зоотехния и ветеринария» по количеству публикаций более трех с 2022 по 2024 г.

Распределение аффилиации по 93 организациям и учреждениям в разделе «Зоотехния и ветеринария» по количеству публикаций в журнале не

более двух с 2022 по 2024 г. представлено на рисунке 6.

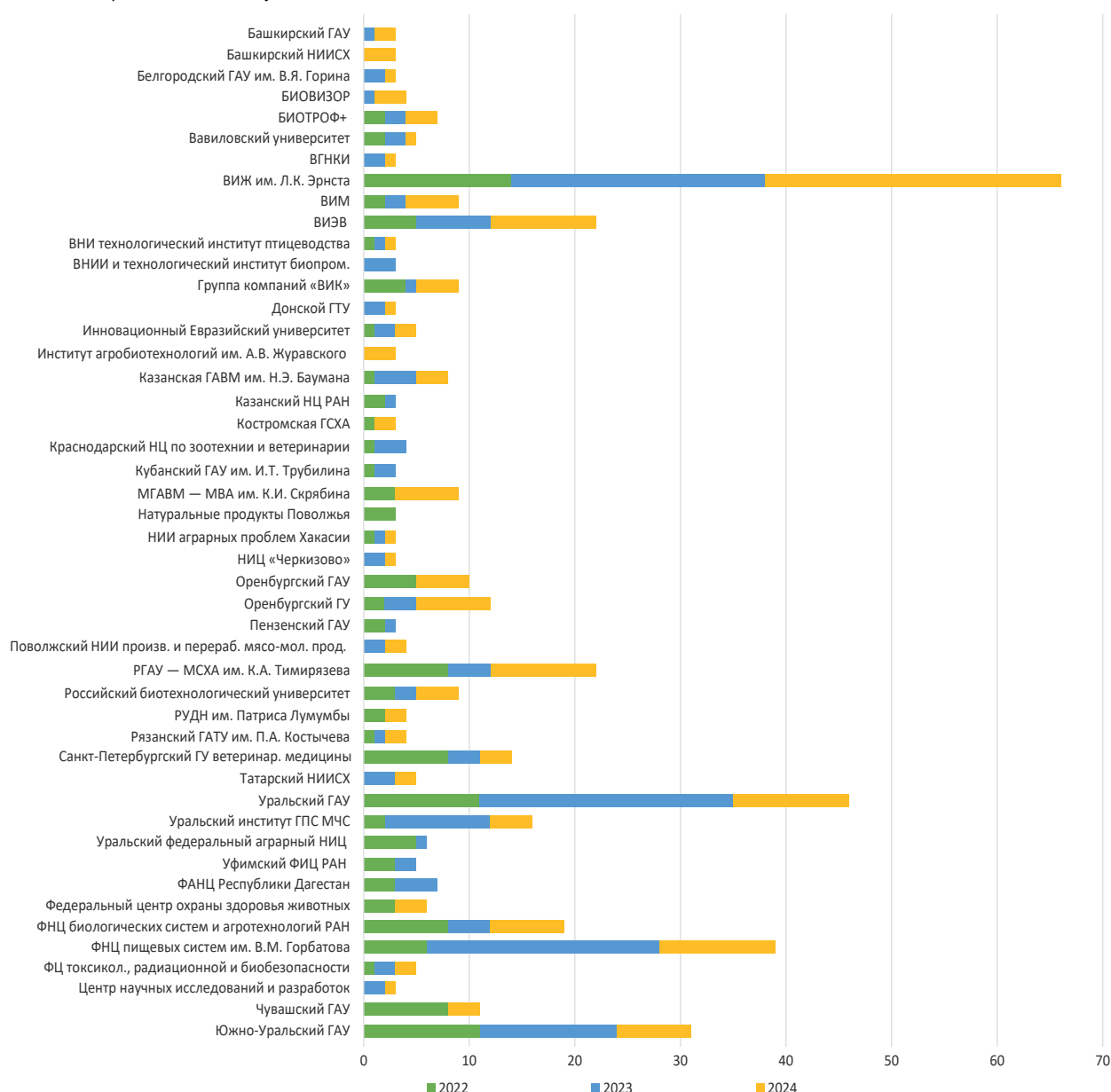
В 2024 году опубликовали научные исследования авторы из 33 организаций, ранее не публиковавшие научные исследования в 2022 г. и 2023 г. (рис. 5, 6).

В 2022 году в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» исследователи из 33 организаций представили свои научные статьи, в 2023 г. — из 39, в 2024-м — из 27 (рис. 7, 8).

Наибольшее количество аффилиаций в публикациях за рассматриваемый трехлетний период в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» у следующих организаций:

**Рис. 5.** Распределение аффилиации по организациям и учреждениям в разделе «Зоотехния и ветеринария» по количеству публикаций в журнале более трех с 2022 по 2024 г.

**Fig. 5.** Distribution of affiliations by organizations and institutions in the section “Animal Science and Veterinary Medicine” by the number of publications in the journal more than three from 2022 to 2024



✓ ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Москва) — 22;

✓ ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (г. Москва) — 19;

✓ ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 18.

Среди зарубежных организаций:

✓ Южно-Казахстанский университет им. М. Ауе-зова (Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті) (г. Шымкент, Казахстан);

✓ Казахский национальный аграрный исследовательский университет (Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті) (г. Алматы, Казахстан);

✓ Словацкий сельскохозяйственный университет (Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre) (г. Нитра, Словакия).

На рисунке 7 представлена информация о распределении по 17 организациям и учреждениям в научном разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» по количеству публикаций более трех с 2022 по 2024 г.

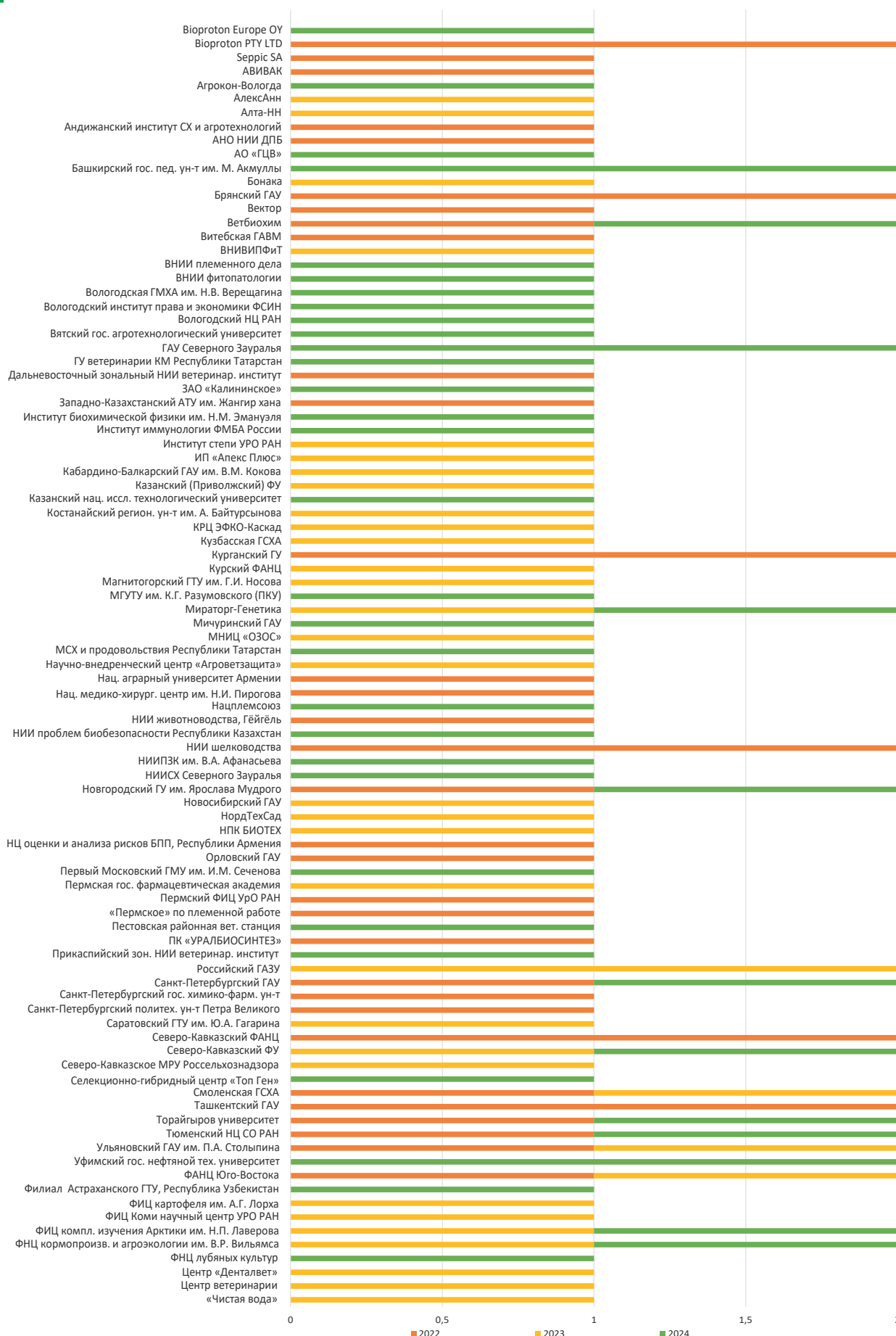
Распределение аффилиации по 54 организациям и учреждениям в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» по количеству публикаций в журнале не более двух с 2022 по 2024 г. представлено на рисунке 8.

В 2024 году опубликовали научные исследования авторы из 11 организаций, ранее не публиковавшие свои научные исследования в 2022 г. и 2023 г. (рис. 7, 8).

В 2022 году в разделе «Экономика (отраслевая и региональная экономика)» исследователи из 14 организаций представили свои научные статьи, в 2023 г. — из 16, в 2024-м — из 23 (рис. 9).

**Рис. 6.** Распределение аффилиации по организациям и учреждениям в научном разделе «Зоотехния и ветеринария» по количеству публикаций в журнале не более двух с 2022 по 2024 г.

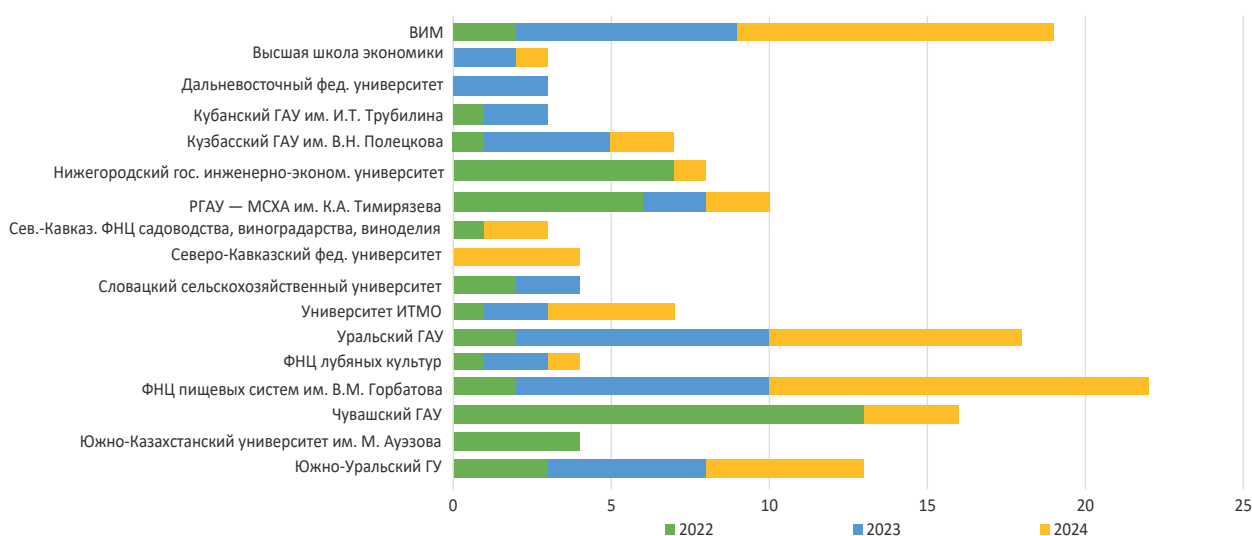
**Fig. 6.** Distribution of affiliation by organizations and institutions in the scientific section “Animal Science and Veterinary Medicine” by the number of publications in the journal no more than two from 2022 to 2024





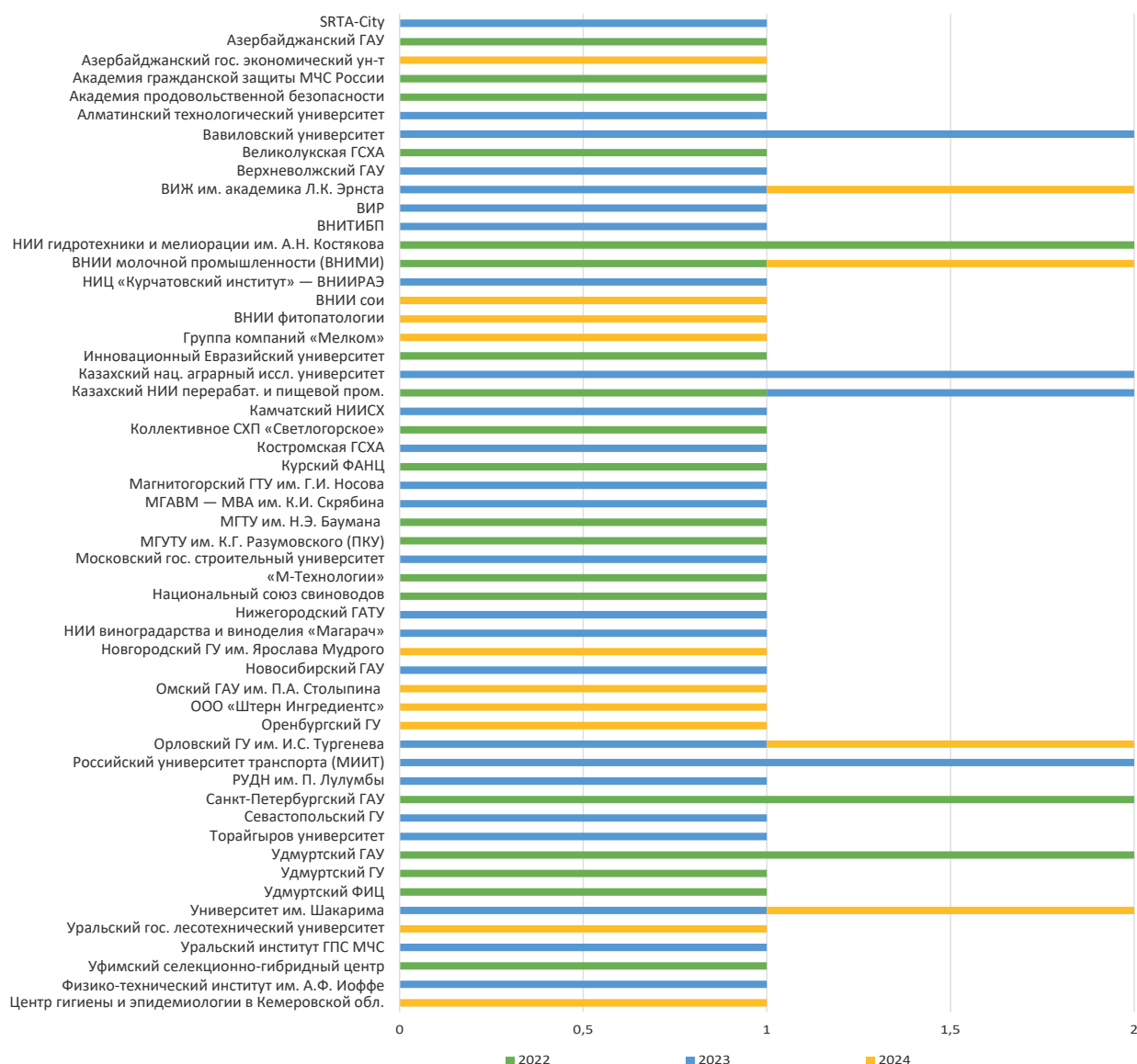
**Рис. 7.** Распределение аффилиации по организациям и учреждениям в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» по количеству публикаций в журнале более трех с 2022 по 2024 г.

**Fig. 7.** Distribution of affiliation by organizations and institutions in the section “Agroengineering and food technologies” by the number of publications in the journal more than three from 2022 to 2024



**Рис. 8.** Распределение аффилиации по организациям и учреждениям в научном разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» по количеству публикаций в журнале не более двух с 2022 по 2024 г.

**Fig. 8.** Distribution of affiliation by organizations and institutions in the scientific section “Agroengineering and Food Technologies” by the number of publications in the journal no more than two from 2022 to 2024



Наибольшее количество аффилиаций в публикациях за рассматриваемый трехлетний период в разделе «Экономика» у следующих организаций:

- ✓ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет» (г. Чебоксары, Чувашия) — 11;
- ✓ ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова» (г. Москва) — 4;
- ✓ ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 4.

Опубликовали научные труды сотрудники следующих зарубежных организаций:

- ✓ Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина (С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті) (г. Астана, Казахстан);
- ✓ Инновационный Евразийский университет (Инновациялық Еуразия университетінің) (г. Павлодар, Казахстан);
- ✓ Торайгыров университет (Торайгыров университеті) (г. Павлодар, Казахстан).

На рисунке 9 представлена информация о распределении по 43 организациям и учреждениям в научном разделе «Экономика» по количеству аффилиации с 2022 по 2024 г.

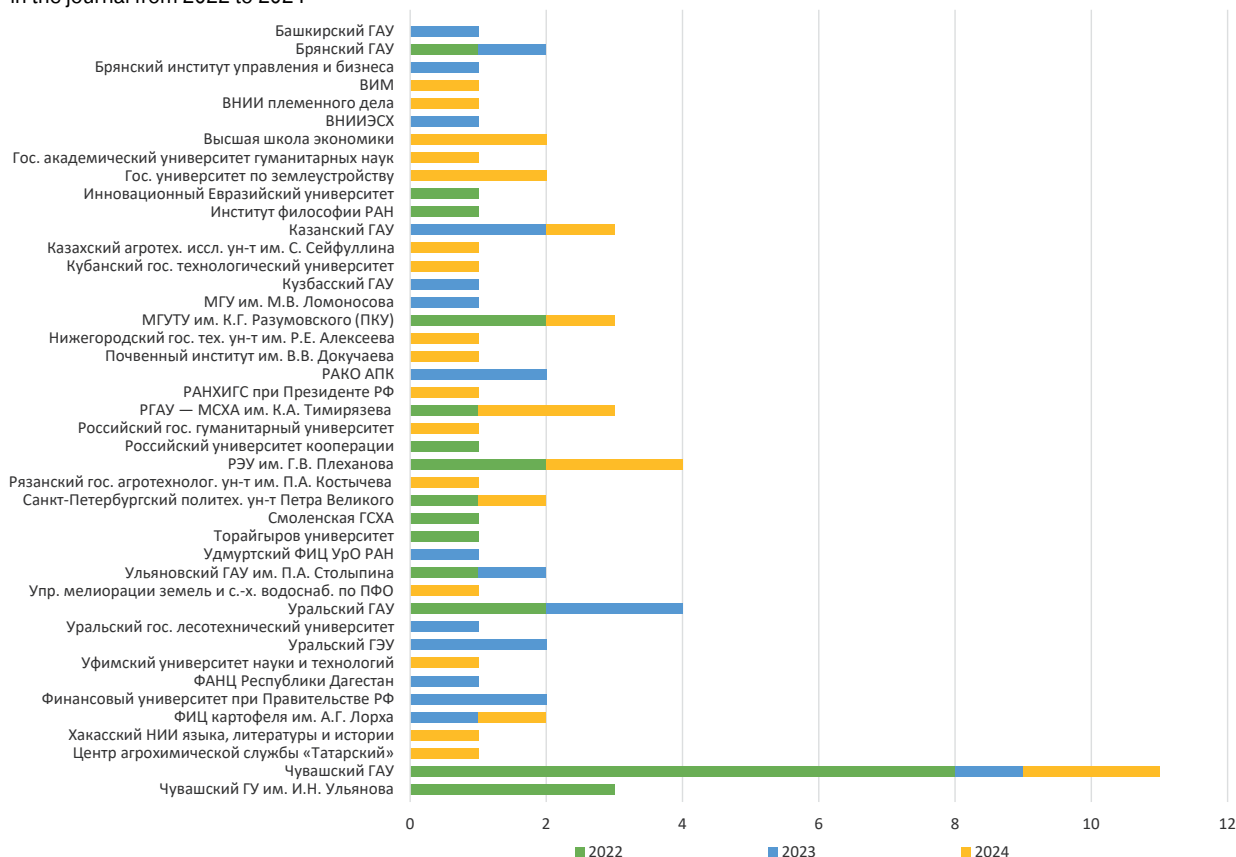
В 2024 году опубликовали научные исследования авторы из 14 организаций, ранее не публиковавшие свои научные исследования в 2022 г. и 2023 г. (рис. 9).

За анализируемый трехлетний период (с 2022 по 2024 г.) представители 264 организаций и учреждений опубликовали научные исследования в журнале. 124 организации и учреждения были аффилированы в 2022 г. в 11 выпусках журнала, из них более пяти раз:

- ✓ Чувашский государственный аграрный университет (г. Чебоксары, Чувашия) — 22;
- ✓ Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва) — 18;
- ✓ Уральский государственный аграрный университет (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 15;
- ✓ Федеральный исследовательский центр животноводства ВИЖ им. Л.К. Эрнста (пос. Дубровицы, Московская обл.) — 14;
- ✓ Брянский государственный аграрный университет (с. Кокино, Брянская обл.) — 13;
- ✓ Южно-Уральский государственный аграрный университет (г. Троицк, Челябинская обл.) — 11;
- ✓ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН (г. Оренбург, Оренбургская обл.) — 9;
- ✓ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (г. Москва) — 8;
- ✓ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины (г. Санкт-Петербург) — 8;

**Рис. 9.** Распределение аффилиации по организациям и учреждениям в разделе «Экономика» по количеству публикаций в журнале с 2022 по 2024 г.

**Fig. 9.** Distribution of affiliation by organizations and institutions in the Economics section by the number of publications in the journal from 2022 to 2024



✓ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН (г. Москва) — 8;

✓ Аграрный научный центр «Донской» (г. Зерноград, Ростовская обл.) — 7;

✓ Нижегородский государственный инженерно-экономический университет — Княгининский университет (г. Княгинино, Нижегородская обл.) — 7;

✓ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Башкортостан) — 7;

✓ Федеральный научный центр лубяных культур (г. Тверь, Тверская обл.) — 7;

✓ Азербайджанский государственный аграрный университет (г. Гянджа, Азербайджан) — 6;

✓ Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург, Оренбургская обл.) — 6;

✓ Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН (г. Москва) — 5;

✓ Федеральный исследовательский центр Казанского научного центра РАН (г. Казань, Татарстан) — 5;

✓ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 5.

135 организаций и учреждений были аффилированы в 12 выпусках журнала в 2023 г., из них более пяти раз:

✓ Уральский государственный аграрный университет (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 34;

✓ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН (г. Москва) — 31;

✓ Федеральный исследовательский центр животноводства ВИЖ им. Л.К. Эрнста (пос. Дубровицы, Московская обл.) — 25;

✓ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (г. Москва) — 14;

✓ Южно-Уральский государственный аграрный университет (г. Троицк, Челябинская обл.) — 13;

✓ Уральский государственный противопожарный институт МЧС России (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 11;

✓ Федеральный научный центр лубяных культур (г. Тверь, Тверская обл.) — 9;

✓ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (г. Михайловск, Ставропольский край) — 8;

✓ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Башкортостан) — 8;

✓ Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан (г. Махачкала, Дагестан) — 8;

✓ Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН (г. Москва) — 7;

✓ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия (г. Краснодар, Краснодарский край) — 7;

✓ Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (пос. Тимирязевский, Приморский край) — 7;

✓ Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкого (г. Кемерово, Кузбасс — Кемеровская обл.) — 6;

✓ Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва) — 6;

✓ Аграрный научный центр «Донской» (г. Зерноград, Ростовская обл.) — 5;

✓ Федеральный исследовательский центр Казанского научного центра РАН (г. Казань, Татарстан) — 5;

✓ Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск, Челябинская обл.) — 5.

151 организация и учреждение были аффилированы в 12 выпусках журнала в 2024 г., из них более пяти раз:

✓ Федеральный исследовательский центр животноводства ВИЖ им. Л.К. Эрнста (пос. Дубровицы, Московская обл.) — 25;

✓ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН — 24;

✓ Уральский государственный аграрный университет (г. Екатеринбург, Свердловская обл.) — 19;

✓ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (г. Москва) — 19;

✓ Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва) — 15;

✓ Чувашский государственный аграрный университет (г. Чебоксары, Чувашия) — 10;

✓ Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН (г. Москва) — 10;

✓ Оренбургский государственный университет (г. Оренбург, Оренбургская обл.) — 9;

✓ Федеральный научный центр лубяных культур (г. Тверь, Тверская обл.) — 8;

✓ Южно-Уральский государственный аграрный университет (г. Троицк, Челябинская обл.) — 7;

✓ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН (г. Оренбург, Оренбургская обл.) — 7;

✓ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (г. Михайловск, Ставропольский край) — 7;

✓ Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (г. Москва) — 6;

✓ Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра РАН (г. Уфа, Башкортостан) — 6;

✓ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (п. г. т. Большие Вязёмы, Московская обл.) — 6;

✓ Аграрный научный центр «Донской» (г. Зерноград, Ростовская обл.) — 5;

✓ Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург, Оренбургская обл.) — 5;



✓ Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск, Челябинская обл.) — 5;

✓ Башкирский государственный аграрный университет (г. Уфа, Башкортостан) — 5;

✓ Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь, Ставропольский край) — 5.

Международные публикации являются важным критерием для определения развития журнала в мировом научном сообществе.

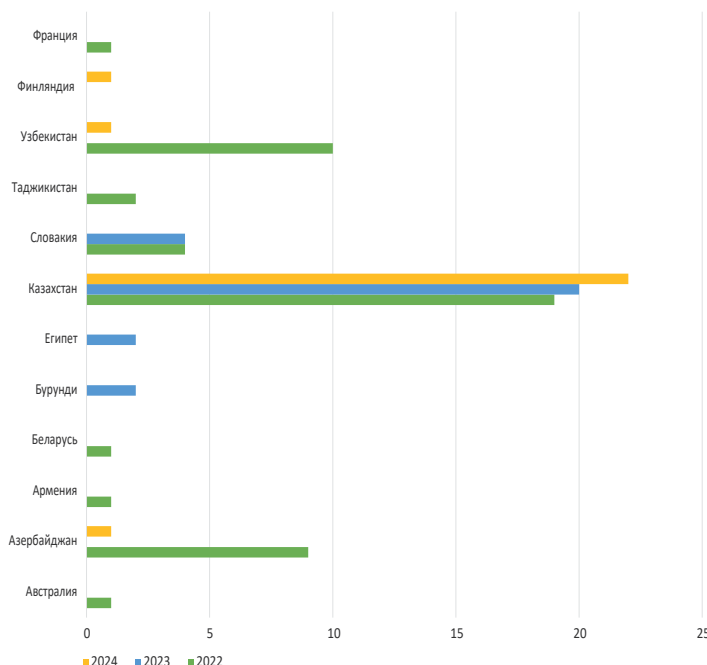
На рисунке 10 представлена сравнительная информация о количестве иностранных ученых, опубликовавших научные исследования в журнале с 2022 по 2024 г. Количественный анализ иностранных авторов, участвующих в научных публикациях журнала за трехлетний период (2022 г., 2023 г. и 2024 г.), представлен на рисунке 11.

Иностранные исследователи из 12 стран опубликовали научные труды в журнале за трехлетний период (рис. 11). Количество публикаций с участием иностранных авторов: в 2022 г. — 30 статей, или 12% от общего числа; в 2023 г. — 15, или 6%; в 2024-м — 9, или 3,6%. Граждане Республики Казахстан наиболее часто участвовали в публикациях научных исследований (рис. 10, 11).

В журнале в основном представлены результаты исследований на русском языке, но редакция приветствует публикацию научных материалов на

**Рис. 11.** Количество иностранных авторов, участвующих в научных публикациях журнала за трехлетний период

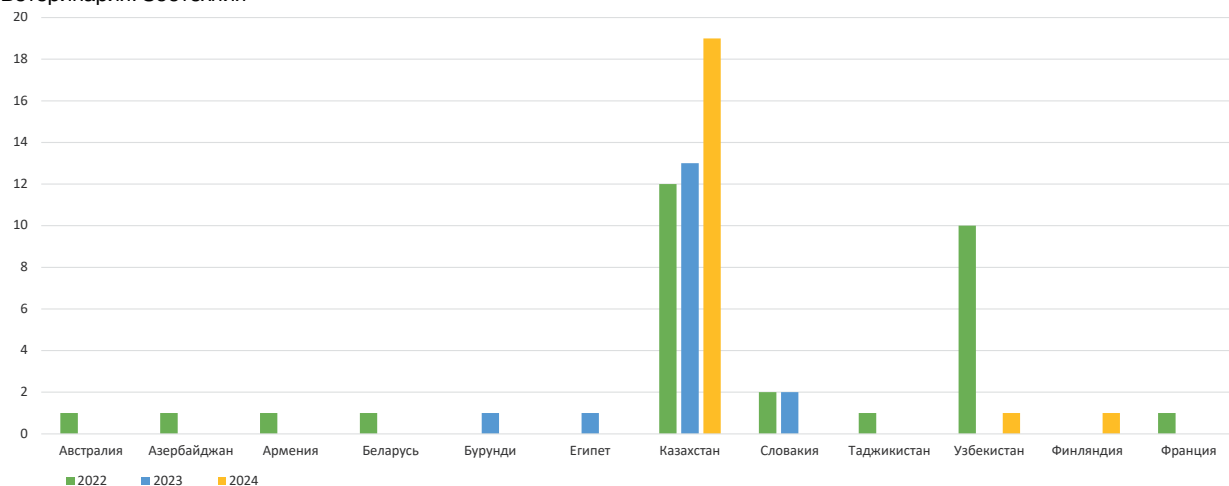
**Fig. 11.** Number of foreign authors participating in scientific publications of the journal over a three-year period



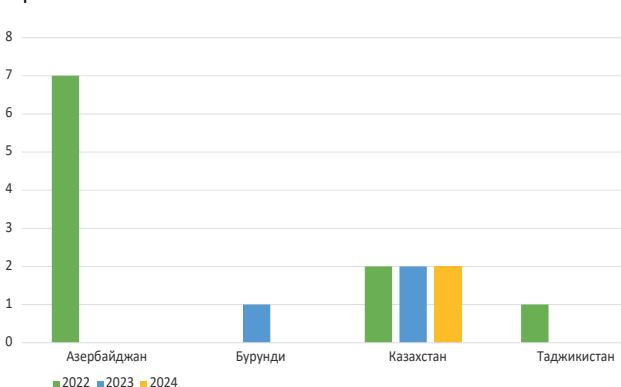
**Рис. 10.** Количество иностранных авторов, участвующих в научных публикациях по разделам журнала за трехлетний период

**Fig. 10.** Number of foreign authors participating in scientific publications by journal sections over a three-year period

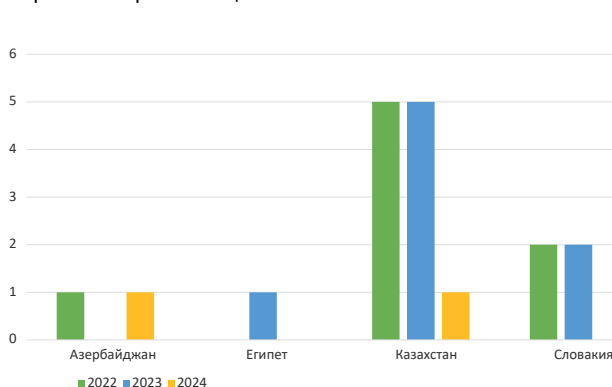
#### Ветеринария. Зоотехния



#### Агрономия



#### Агроинженерия и пищевые технологии



одном из дополнительных международных языков — английском.

Сравнительная информация о публикациях исследований в журнале за трехлетний период на английском языке представлена на рисунке 14.

В 2022 году в журнале вышли 4 статьи на английском языке, большая часть (75%) относится к разделу «Зоотехния и ветеринария». Число статей на английском языке за 2023 г. увеличилось в 2 раза по сравнению с 2022-м. В 2024 году опубликованы 8 статей на английском языке (рис. 12).

Неотъемлемым наукометрическим показателем публикации является библиографический список использованной литературы, который позволяет охарактеризовать источниковедческую базу исследования и подтвердить достоверность приводимых в тексте публикации представленных сведений [7].

На рисунке 13 представлена сравнительная информация по количеству библиографических ссылок<sup>2</sup> в публикациях журнала по научным разделам в 2022 г. и 2023 г.

За 2022 год среднее количество ссылок в библиографических списках научных статей — 17,0. Наибольшее количество ссылок в статье раздела «Экономика» — 24,9, наименьшее — в разделе «Агрономия» (14,8).

В 2023 году среднее количество ссылок в библиографических списках научных статей увеличилось на 0,2 ед.

В 2024 году отмечается достоверный рост количества используемых для цитирования источников информации по сравнению с 2022 г. и 2023 г.

Планируется и дальше рекомендовать авторам расширять рациональное использование ссылок на научные исследования за последние три года, которые способствуют развитию научных направлений.

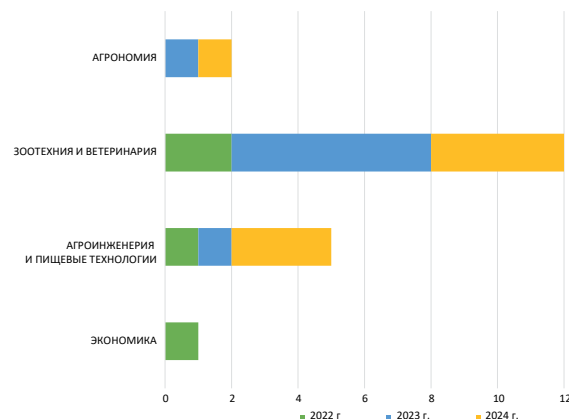
Представленные информационные материалы будут обсуждены на ближайшем заседании редакции журнала в 2025 г.

### Выводы/Conclusions

После сравнения публикационной активности журнала «Аграрная наука» за трехлетний период (с 2022 по 2024 г.) можно сделать следующие выводы:

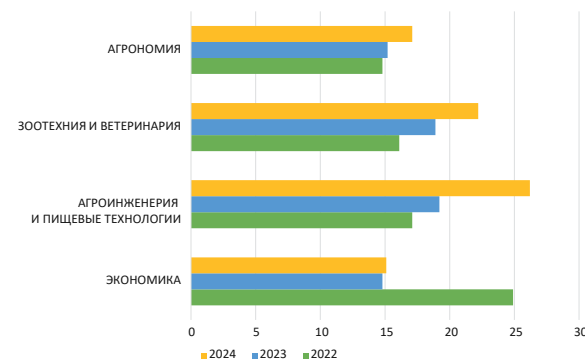
- ✓ количество выпусков журнала увеличилось с 11 до 12;
- ✓ увеличилось количество опубликованных научных статей — с 248 до 252;
- ✓ увеличилось количество опубликованных научных статей в разделе «Зоотехния и ветеринария» — с 95 до 115;
- ✓ среднее количество авторов в статье увеличилось с 3,7 до 3,9;
- ✓ представители 264 организаций и учреждений опубликовали научные исследования в журнале;
- ✓ в разделе «Агрономия» исследователи из 63 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 60 — в 2023 г., 81 — в 2024 г.;

**Рис. 12.** Количество научных статей по разделам журнала, опубликованных на английском языке в 2022 г., 2023 г., 2024 г.  
**Fig. 12.** Number of scientific articles by journal sections published in English in 2022, 2023, 2024



**Рис. 13.** Среднее количество библиографических ссылок в публикациях журнала по научным разделам за трехлетний период

**Fig. 13.** Average number of bibliographic references in the journal's publications by scientific sections over a three-year period



- ✓ в разделе «Зоотехния и ветеринария» исследователи из 67 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 72 — в 2023 г., 77 — в 2024 г.;
- ✓ в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» исследователи из 33 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 39 — в 2023 г., 27 — в 2024 г.;
- ✓ в разделе «Экономика (отраслевая и региональная экономика)» исследователи из 14 организаций представили свои научные статьи в 2022 г., 16 — в 2023 г., 23 — в 2024 г.;
- ✓ отмечена отрицательная динамика по участию в публикациях иностранных авторов, количество зарубежных исследователей в 2022 г. — 30, в 2023-м — 15, в 2024-м — 9;
- ✓ в 2022 году в журнале опубликованы 4 статьи на английском языке, в 2023-м и 2024-м — по 8;
- ✓ сравнивая периоды издания журнала за 2022–2024 гг., среднее количество ссылок в библиографических списках научных статей повысилось с 17,0 до 17,8.

<sup>2</sup> Среднее число ссылок в списках цитируемой литературы — критериальный показатель РИНЦ. <https://www.elibrary.ru/>

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. Трофимова И.Н. Публикационная активность в контексте целевых ориентиров научной политики: библиометрический анализ. *Научные и технические библиотеки*. 2023; (2): 59–79. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-59-79>
2. Михайлов О.В. Цитируемость и библиометрические показатели российских ученых и научных журналов. *Проблемы деятельности ученого и научных коллективов*. 2017; 3(33): 152–170.
3. Муравьев В.В. Публикационная активность членов редакционной коллегии журнала «Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова». *Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова*. 2022; 25(1): 4–16. <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2022-1-4-16>
4. Иванова А.Д., Евграфов А.А., Муругова О.В. Публикационная активность как приоритет в развитии вузов России. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2020; (3): 88–99. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
5. Королёва В.В. и др. Публикационная активность как показатель эффективности научных исследований на примере организаций химического профиля. *Вестник Российской академии наук*. 2020; 90(10): 948–958. <https://doi.org/10.31857/S0869587320100060>
6. Bolshakov D.Yu. The ultimate publication activity of the Russian authors of the scientific journals. *Scholarly Research and Information*. 2021; 4(3): 94–105. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-94-105>
7. Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Сравнительный анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2022–2023 гг. *Аграрная наука*. 2024; (3): 38–49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-38-49>
8. Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Итоги года. *Аграрная наука*. 2025; (1): 48–49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-53-49>

## ОБ АВТОРАХ

### Максим Борисович Ребезов<sup>1,2</sup>

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник<sup>1</sup>  
• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов<sup>2</sup>  
[rebezov@ya.ru](mailto:rebezov@ya.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

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

кандидат ветеринарных наук  
[agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

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

<sup>2</sup>Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

<sup>3</sup>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», Звенигородское шоссе, 5, Москва, 123022, Россия

## REFERENCES

1. Trofimova I.N. Publication activity in the context of scientific policy targets: bibliometric analysis. *Scientific and technical libraries*. 2023; (2): 59–79 (in Russian). <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-59-79>
2. Mikhailov O.V. Citation and bibliometric indicators of Russian scientists and scientific journals. *Problems of activity of scientists and scientific teams*. 2017; 3(33): 152–170 (in Russian).
3. Muravyov V.V. Publication activity of members of the editorial board of the journal «Bulletin of Izhestvo named after M.T. Kalashnikov». *Bulletin Izhestvo named after M. T. Kalashnikov*. 2022; 25(1): 4–16 (in Russian). <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2022-1-4-16>
4. Ivanova A.D., Evgrafov A.A., Murugova O.V. Publication activity as a priority in the development of Russian universities. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Socio-economic sciences*. 2020; (3): 88–99 (in Russian). <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
5. Koroleva V.V. et al. Publication activity as an indicator of the effectiveness of scientific research using the example of chemical organizations. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2020; 90(10): 948–958 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869587320100060>
6. Bolshakov D.Yu. The ultimate publication activity of the Russian authors of the scientific journals. *Scholarly Research and Information*. 2021; 4(3): 94–105. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-94-105>
7. Rebezov M.B., Violin B.V. Comparative analysis of publication activity of the journal «Agrarian Science» for 2022–2023. *Agrarian science*. 2024; (3): 38–49 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-38-49>
8. Rebezov M.B., Violin B.V. Results of the year. *Agrarian science*. 2025; (1): 48–49 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-53-49>

## ABOUT THE AUTHORS

### Maksim Borisovich Rebezov<sup>1,2</sup>

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher<sup>1</sup>  
• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products<sup>2</sup>  
[rebezov@ya.ru](mailto:rebezov@ya.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

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

Candidate of Veterinary Sciences  
[agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)

<sup>1</sup>Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

<sup>2</sup>Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

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

5 Zvenigorodskoe shosse, Moscow, 123022, Russia



УДК 619.616.007:616.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-54-60

И.А. Кочеткова<sup>1</sup> ✉

Т.О. Марюшина<sup>1</sup>

Г.М. Крюковская<sup>1</sup>

М.В. Матвеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Русские корма», Москва, Россия

✉ kochetckowaira@yandex.ru

Поступила в редакцию: 21.12.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Кочеткова И.А., Марюшина Т.О., Крюковская Г.М., Матвеева М.В.

## Значимость магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике судорожного синдрома у мелких домашних животных

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Судорожный синдром — один из наиболее встречаемых неврологических признаков у мелких домашних животных, поэтому интерпретация данных клинических проявлений является актуальной. Множеству заболеваний могут предшествовать генерализованные эпилептические припадки. Последовательная тактика обследования животных с наличием в анамнезе абсансов, миоклонических и клонико-тонических пароксизмов позволяет правильно провести дифференциальную диагностику и установить верный диагноз каждому пациенту. Наиболее часто эпилептогенные очаги, отвечающие за непроизвольную двигательную активность у кошек и собак, говорят о вовлечении в патологический процесс церебральных тканей. Только магнитно-резонансная томография позволяет точно оценить целостность паренхимы и оболочек головного мозга, а также структур, прилежащих к нему. С помощью данного метода визуальной диагностики можно определить объем и локализацию пораженного участка. В статье представлены описание и МРТ-исследования кошек и собак с неврологической симптоматикой в виде спонтанных пароксизмов. В публикации показаны значимость и необходимость проведения магнитно-резонансной томографии при резко возникших двигательных нарушениях у животных. Определена корреляция между судорожным синдромом и неврологическим диагнозом у обследованных животных в соответствии с видовыми, породными и возрастными особенностями. Выявлена закономерность развития структурных изменений в головном мозге и его оболочках с сопутствующим судорожным синдромом. Приведены анамнестические данные и данные неврологического осмотра, позволяющие на ранних стадиях определить предполагаемый диагноз. Авторами представлены снимки МРТ собак и кошек с судорожным синдромом и последующим установленным неврологическим диагнозом во всех возможных (сагиттальных, аксиальных, корональных) плоскостях.

**Цель работы** — обоснование применения магнитно-резонансной томографии как метода визуальной диагностики при дифференциации судорожного синдрома у животных.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, судорожный синдром, эпилепсия, менингоэнцефалит, головной мозг, пароксизм, иктус

**Для цитирования:** Кочеткова И.А., Марюшина Т.О., Крюковская Г.М., Матвеева М.В. Значимость магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике судорожного синдрома у мелких домашних животных. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 54–60.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-54-60>

## The importance of magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of seizures in small pets

### ABSTRACT

**Relevance.** Convulsive syndrome is one of the most common neurological signs in small pets, so the interpretation of these clinical manifestations is relevant. Generalized epileptic seizures can precede many diseases. Consistent examination tactics for animals with a history of absences, myoclonic and clonic-tonic paroxysms allow for the correct differential diagnosis and correct diagnosis of this patient. Most often, epileptogenic foci responsible for involuntary motor activity in cats and dogs indicate the involvement of cerebral tissues in the pathological process. Only magnetic resonance imaging makes it possible to accurately assess the integrity of the parenchyma and membranes of the brain, as well as the structures adjacent to it. Using this method of visual diagnosis, it is possible to assess the volume and localization of the affected area. The article presents a description and an MRI examination of cats and dogs with neurological symptoms in the form of spontaneous paroxysms. The publication shows the importance and necessity of magnetic resonance imaging in cases of severe motor disorders in animals. The correlation between convulsive syndrome and neurological diagnosis in the examined animals was determined, in accordance with species, breed and age characteristics. The pattern of development of structural changes in the brain and its membranes with concomitant convulsive syndrome has been revealed. Anamnestic data and neurological examination data are presented, which make it possible to determine the intended diagnosis at an early stage. The authors present MRI images of dogs and cats, in all possible (sagittal, axial, coronal) planes, with convulsive syndrome and subsequent established neurological diagnosis.

**The purpose of the work** is to substantiate the use of magnetic resonance imaging as a visual diagnostic method for the differentiation of convulsive syndrome in animals.

**Key words:** magnetic resonance imaging, convulsive syndrome, epilepsy, meningoencephalitis, brain, paroxysm, ictus

**For citation:** Kochetkova I.A., Maryushina T.O., Kryukovskaya G.M., Matveeva M.V. The importance of magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of seizures in small pets. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 54–60 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-54-60>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-54-60

Irina A. Kochetkova<sup>1</sup> ✉

Tatiana O. Maryushina<sup>1</sup>

Galina M. Kryukovskaya<sup>1</sup>

Margarita V. Matveeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

<sup>2</sup>Limited Liability Company "Russian Feeds", Moscow, Russia

✉ kochetckowaira@yandex.ru

Received by the editorial office: 21.12.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

©Kochetkova I.A., Maryushina T.O., Kryukovskaya G.M., Matveeva M.V.

## Введение/Introduction

В последние годы ветеринарные специалисты встречаются с увеличивающимся количеством собак и кошек с признаками неврологических нарушений. Одним из таких нарушений является судорожный синдром, который часто обусловлен дисфункциями метаболического характера, патологиями минерального обмена, осложнением инфекционных и паразитарных болезней [1–3]. Очевидными причинами судорог могут стать неопластические процессы, острые нарушения мозгового кровообращения, черепно-мозговые травмы и аномалии развития головного мозга [1, 4].

Приступ судорожного синдрома из-за патологий, перечисленных выше, будет считаться спровоцированным и являться следствием вторичной (симптоматической) эпилепсии. В свою очередь, эпилепсия с идиопатическим началом будет носить приступ спонтанного, то есть пароксизмального, характера [4]. Такая полиэтиологичность судорожного синдрома определяет необходимость проведения дополнительных методов обследования животного, одним из которых является магнитно-резонансная томография (МРТ).

На данный момент МРТ — единственный доступный метод визуализации центральной нервной системы у животных. Это малоинвазивная процедура, которая дает возможность диагностировать патологии головного мозга и прилежащих к нему структур. С помощью МРТ можно получить информацию о размере и топографии патологического очага, индуцирующего гиперсинхронную активность нейронов, ведущую к судорогам у собак и кошек, что делает этот метод незаменимым в установке неврологического диагноза [5].

Патогенетической основой судорожного синдрома служит неспецифическая реакция организма животного на внешние и (или) внутренние раздражители, характеризующаяся внезапными приступами непроизвольных мышечных сокращений. Он протекает с развитием парциальных (или генерализованных) судорог клонического (тонического, миотонического или сочетанного) характера с потерей или без потери сознания [6].

На появление судорог может влиять спонтанная генерализованная или очаговая нестабильность мембран нейронов коры полушарий большого мозга, приводящая к возникновению пароксизмального деполяризационного сдвига на их мембране и нарушению баланса возбуждающих (тормозящих) нейромедиаторных механизмов [7].

Судорожные состояния различного генеза часто возникают у собак и кошек любых пород и возраста. Инцидентность судорог в течение жизни варьируется от 0,5 до 5,7% у собак и от 0,5 до 1,0% у кошек [8]. Отдельное место среди проявлений

судорожного синдрома занимают спонтанные приступы идиопатической эпилепсии. Врожденная эпилепсия, как у собак, так и у кошек, часто имеет схожие данные анамнеза и клинические признаки с другими заболеваниями головного мозга, которые могут проявляться в виде пароксизмального иктуса [8, 9].

Магнитно-резонансная томография позволяет дифференцировать судорожный синдром, вызванный истинной эпилепсией от вышеперечисленных нозологических единиц, что имеет высокую диагностическую ценность и значимость этого метода для дальнейшей стратегии лечения животного [10, 11].

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились с 1 марта по 1 октября 2024 года на кафедре ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», на базе ветеринарных клиник «ВетТал» и «ВЦСТ» — Центра ветеринарной МРТ-диагностики животных (г. Москва).

Объекты исследования — 36 собак и 8 кошек обоих полов разных пород в возрасте от 6 месяцев до 14 лет (15 гериатрических пациентов в возрасте от 8 до 14 лет, 18 пациентов среднего возраста — от 4 до 7 лет, а также 11 молодых животных — от 6 месяцев до 3 лет), поступившие для проведения МРТ-диагностики с целью верификации судорожного синдрома.

Перед проведением МРТ все животные<sup>1</sup> подвергались физикальному и неврологическому осмотру. С целью минимизации анестезиологических рисков проводили ЭХО-кардиографию, контролировали клинический и биохимический профиль крови. Все манипуляции проводили максимально безопасно для животных<sup>2</sup>.

Для получения сыворотки кровь центрифугировали на центрифуге «Армед 80-2» (Россия) со скоростью 3000 об/мин в течение 10 мин. Исследования сыворотки крови проводили на биохимическом анализаторе HTI Biohaem SAC (Китай) с использованием реактивов производства ЗАО «Диакон-ДС» (Россия).

Магнитно-резонансные исследования проводили на томографе напряженностью магнитного поля 1,5 Тл (MAGNETOM Aera, Германия), диаметром туннеля 70 см, длиной системы 145 см, полем обзора во всех направлениях 50 x 50 x 45 см (до 205 см по z-оси с опцией Tim Whole Body), РЧ-системой Tim [204 x 48], [204 x 64], градиентной системой XJ-engine (33 мТл/м @ 125 Тл/м/с).

Все исследования головного мозга у животных проводились с внутривенным введением парамагнитного контрастирующего агента-гадовиста (BAYER, AG (Германия) или ООО «НТФФ «ПОЛИСАН»» (Россия).

<sup>1</sup> Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS No. 123) [рус., англ.]. Страсбург. 18.03.1986.

<sup>2</sup> Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Анестезиологическое сопровождение проводили в два этапа. На первом этапе для быстрого седативного эффекта животному вводился внутривенно пропофол (Fresenius Kabi, Австрия ГмбХ, Хафнерштрассе, 36, 8055 Грац, Австрия) в дозировке 6–8 мг/кг, затем проводились интубация трахеи и подключение к наркозно-дыхательному аппарату («Полинаркон-12», Россия), куда подавался изофлуран (1,5–1,8% в смеси с кислородом — для поддержания газовой анестезии).

Обработку статистических данных проводили в ПО «Google Таблицы» (США).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

В течение 6 месяцев было проведено МРТ-обследование головного мозга с контрастированием 36 собак и 8 кошек, направленных для уточнения генеза судорожного синдрома. Владельцы фиксировали у своих животных симптомы двигательных нарушений (клоническая, тоническая, клонико-тоническая, атоническая, миотоническая судорога). В отдельных случаях отмечались сопутствующие нарушения автономной нервной системы (мидриаз, миоз, анизокория, рвота, слюнотечение, непроизвольная дефекация и мочеиспускание), сенсорные нарушения (потеря слуха, зрения), измененный уровень сознания и повторяющиеся стереотипные движения (вылизывание, жевание, дрожь, почесывание) (рис. 1).

Стоит отметить, что неврологическая симптоматика носила разрозненный характер. Наиболее частыми проявлениями были двигательные нарушения и нарушения автономной нервной системы, которые регистрировали как у собак, так и у кошек.

Определенная породная предрасположенность к развитию иктуса была отмечена среди собак. Так, из 36 собак, имеющих в анамнезе эпилепсию различного генеза, были 28 представителей декоративных и карликовых пород (77,7%).

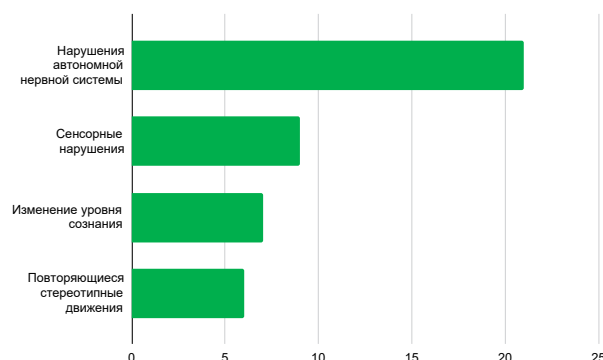
Среди обследованных кошек встречались метисы, скоттиш-фолды и представители британской породы. Однако в силу небольшой выборки это не дает основания выявить особую уязвимость данных пород к двигательным нарушениям (рис. 2).

При анализе МР-снимков у животных с двигательными нарушениями прослеживается ряд заболеваний, ассоциированных с возрастом. Из 15 кошек и собак от 8 до 14 лет в подавляющем большинстве были зарегистрированы нарушения мозгового кровообращения (у 33,3%) (рис. 3) и неопластические процессы (у 40,0%) (рис. 4), которые стали причиной спровоцированного судорожного синдрома.

В области грушевидной доли коры больших полушарий (слева) определяется гиперинтенсивный по аксиальным T2-ВИ (А), корональным T2-FLAIR (С) гиперинтенсивный по аксиальным T2-немо (В) очаг с умеренным перифокальным отеком, без масс-эффекта и незначительным

**Рис. 1.** Сопутствующие клинические симптомы при судорожном синдроме у исследуемых животных

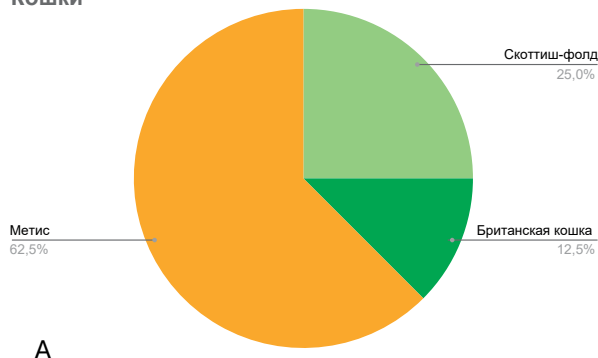
**Fig. 1.** Concomitant clinical symptoms of convulsive syndrome in the studied animals



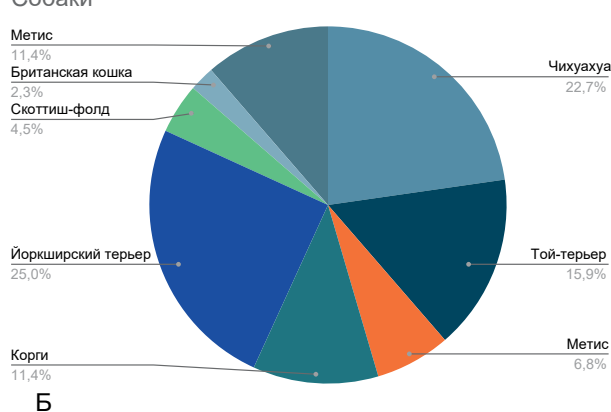
**Рис. 2.** Количество и породы собак и кошек, обследуемых при помощи МРТ (А — кошки, Б — собаки)

**Fig. 2.** The number and breeds of dogs and cats examined by MRI (A — cats, B — dogs)

### Кошки



### Собаки



гетерогенным накоплением контрастирующего агента (D). МР-признаки церебрального кровоизлияния.

Изменения в неврологическом осмотре перед проведением МРТ-диагностики у данного пациента (кота породы скоттиш-фолд, 10 лет) указаны в таблице 1.

В области теменной и затылочной долей коры больших полушарий (слева) отмечается неоднородный гиперинтенсивный по сагиттальным T2-ВИ (А) и аксиальным T2-FLAIR (В) очаг с



Рис. 3. МР-томограмма головного мозга кота породы скоттиш фолд, 10 лет (А-аксиальный срез T2-ВИ, Б-аксиальный срез T2-Немо, В-корональный срез T2-FLAIR, Г- корональный срез T1-ВИ (постконтрастное изображение))

Fig. 3. MR-tomography of the brain of a 10-year-old cat, scottish fold (A-axial slice T2-WI, B-axial slice T2-Hemo, C-coronal slice T2-FLAIR, D-coronal slice T1-WI (post-contrast image))

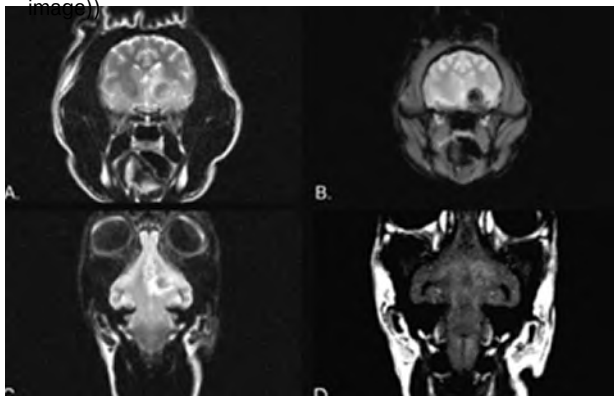
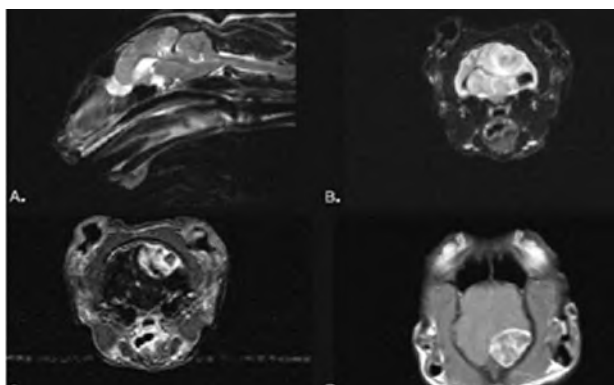


Рис. 4. МР-томограмма головного мозга кота, ♂ метис, 13 лет (А — сагиттальный срез T2-ВИ, Б — аксиальный срез T2-FLAIR, В — аксиальный срез T1-ВИ постконтрастное изображение (вычеты), Г — корональный срез T1-ВИ (постконтрастное изображение))

Fig. 4. MR-tomography of the brain of a 13-year-old, ♂ half-breed cat (A — sagittal slice T2-WI, B — axial slice T2-FLAIR, C — axial slice T1-WI (post-contrast image (deductions), D — coronal slice T1-WI (post-contrast image))



умеренным перитуморальным отеком, выраженным масс-эффектом и гетерогенным накоплением контрастирующего агента (С, D). МР-признаки характерны для экстрааксиального новообразования. МР-признаки транстенториальной грыжи мозга и грыжи мозжечка.

Изменения в неврологическом осмотре перед проведением МРТ-диагностики у данного пациента (кота метиса, 13 лет) указаны в таблице 2.

У собак среднего возраста (от 3 до 7 лет) при проведении МРТ в 33,3% диагностировали асептический воспалительный процесс (рис. 5) [12–14], в то время как у кошек данной возрастной группы воспалительный процесс был преимущественно инфекционного генеза (у 16,6%), что подтверждено лабораторной диагностикой.

В области среднего мозга, моста, краниальной части продолговатого мозга (преимущественно слева), теменной и затылочных долей коры больших полушарий (справа и слева), а также от

Таблица 1. Основные изменения в неврологическом осмотре кота породы скоттиш-фолд перед проведением магнитно-резонансной томографии

Table 1. The main changes in the neurological examination of a Scottish Fold cat before magnetic resonance imaging

Рефлекс	Сторона	
Корнеальный рефлекс	R сохранен	L сохранен
Пальпебральный рефлекс	R сохранен	L сохранен
Патологический нистагм	R горизонтальный	L горизонтальный
Страбизм	R норма	L норма
Реакция угрозы	R сохранена	L сохранена
Размер зрачка	R миоз	L миоз
Анизокория	OD =	OS
Зрачковый рефлекс прямая реакция	R снижен	L снижен
Зрачковый рефлекс перекрестная реакция	R снижен	L снижен

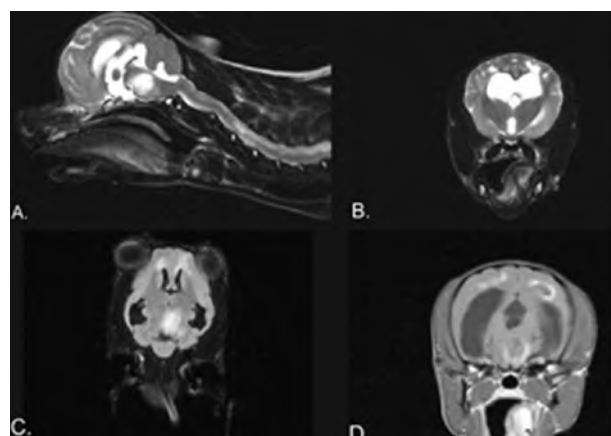
Таблица 2. Основные изменения в неврологическом осмотре кота (метиса 13 лет) перед проведением магнитно-резонансной томографии

Table 2. The main changes in the neurological examination of a 13-year-old half-breed cat before magnetic resonance imaging

Рефлекс	Сторона	
Корнеальный рефлекс	R снижен	L снижен
Пальпебральный рефлекс	R снижен	L снижен
Патологический нистагм	R отсутствует	L отсутствует
Страбизм	R норма	L норма
Реакция угрозы	R снижена	L снижена
Размер зрачка	R мидриаз	L мидриаз
Анизокория	OD >	OS
Зрачковый рефлекс прямая реакция	R отсутствует	L снижен
Зрачковый рефлекс перекрестная реакция	R отсутствует	L снижен

Рис. 5. МР-томограмма головного мозга собаки породы чихуахуа, ♀ 4 года (А — сагиттальный срез T2-ВИ, Б — аксиальный срез T2-ВИ, В — корональный срез T2-FLAIR, Г — аксиальный срез T1-ВИ (постконтрастное изображение))

Fig. 5. MR-tomography of the brain of a 4-year-old, ♀ chihuahua dog (A — sagittal slice T2-WI, B — axial slice T2-WI, C — coronal slice T2-FLAIR, D — axial section of T1-WI (post-contrast image))



дорсальной части паренхимы спинного мозга на уровне тел позвонков С3–С4 визуализируются гиперинтенсивные по сагиттальным и аксиальным T2-ВИ (А, Б) и корональным T2-FLAIR (В) множественные очаги без масс-эффекта и с выраженным

кольцевидным накоплением контрастирующего агента (Г). МР-признаки характерны для энцефаломиелита (наиболее вероятен АМЭМ (асептический менингоэнцефаломиелит)).

Изменения в неврологическом осмотре перед проведением МРТ-диагностики у данного пациента (собаки породы чихуахуа, ♀ 4 года) указаны в таблице 3.

У 11,2% животных этой возрастной группы было зарегистрировано наличие цитотоксического отека паренхимы головного мозга, который образовался вследствие перенесенного эпистатуса. Такие изменения носили симметричный характер поражения как неокортекса (рис. 6), так и зон лимбической системы.

В области лобных и теменных долей коры больших полушарий головного мозга визуализируются симметричные билатеральные поражения, гиперинтенсивные по сагиттальным и аксиальным T2-ВИ (А, Б) и корональным T2-FLAIR (В), без значимого масс-эффекта и с незначительным гетерогенным накоплением контрастирующего агента (Г). МР-признаки характерны для постиктальных (постсудорожных) изменений.

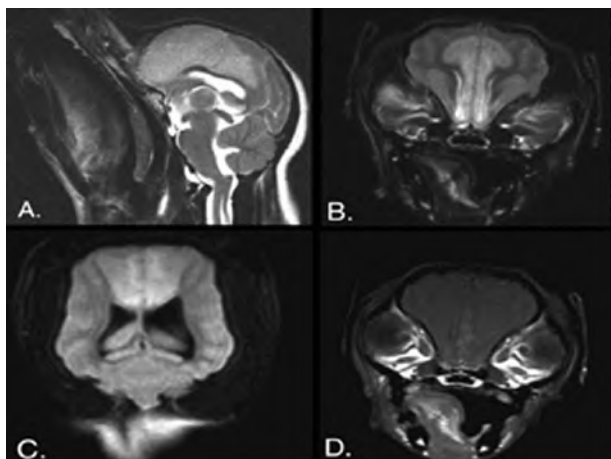
Изменения в неврологическом осмотре перед проведением МРТ-диагностики у данного пациента (собаки породы чихуахуа, ♀ 5 лет) указаны в таблице 4.

Из группы молодых животных (в возрасте от 6 месяцев до 3 лет) у 4 пациентов (36,3%), как кошек, так и собак, обнаружили структурные аномалии развития головного мозга (рис. 7), а также у 3 пациентов (27,2%) были найдены черепно-мозговые травмы.

Визуализируются: грыжевание каудо-вентральной части мозжечка в просвет большого затылочного отверстия на 0,35 см; гиперинтенсивный по сагиттальным T2-ВИ (А) и гипоинтенсивный по сагиттальным T1-ВИ (Б) очаг в спинном мозге

**Рис. 6.** МР-томограмма головного мозга собаки породы чихуахуа, ♀ 5 лет (А — сагиттальный срез T2-ВИ, Б — аксиальный срез T2-ВИ, В — корональный срез T2-FLAIR, Г — аксиальный срез T1-ВИ (постконтрастное изображение))

**Fig. 6.** MR tomogram of the brain of a Chihuahua dog, ♀ 5 years old (A — sagittal section T2-VI, B — axial section T2-VI, C — coronal section T2-FLAIR, D — axial section T1-VI (post-contrast image))



**Таблица 3.** Основные изменения в неврологическом осмотре собаки породы чихуахуа (4 года) перед проведением магнитно-резонансной томографии, ♀  
**Table 3.** The main changes in the neurological examination of a Chihuahua dog (4 years old) before magnetic resonance imaging, ♀

Рефлекс	Сторона	
Корнеальный рефлекс	R снижен	L снижен
Пальпебральный рефлекс	R сохранен	L сохранен
Патологический нистагм	R отсутствует	L отсутствует
Страбизм	R норма	L норма
Реакция угрозы	R снижена	L снижена
Размер зрачка	R норма	L норма
Анизокория	OD = OS	
Зрачковый рефлекс прямая реакция	R снижен	L норма
Зрачковый рефлекс перекрестная реакция	R снижен	L норма

**Таблица 4.** Основные изменения в неврологическом осмотре собаки породы чихуахуа (5 лет) перед проведением магнитно-резонансной томографии, ♀  
**Table 4.** The main changes in the neurological examination of Chihuahua dogs (5 years old) before magnetic resonance imaging, ♀

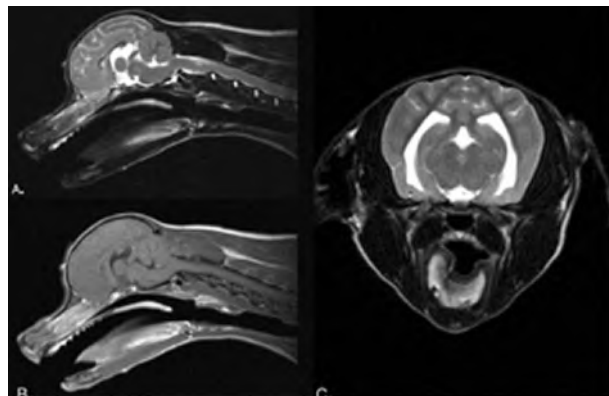
Рефлекс	Сторона	
Корнеальный рефлекс	R снижен	L снижен
Пальпебральный рефлекс	R снижен	L снижен
Патологический нистагм	R отсутствует	L отсутствует
Страбизм	R норма	L норма
Реакция угрозы	R снижена	L снижена
Размер зрачка	R мидриаз	L мидриаз
Анизокория	OD = OS	
Зрачковый рефлекс прямая реакция	R снижен	L снижен
Зрачковый рефлекс перекрестная реакция	R снижен	L снижен

в области тела позвонка B2 (сирингомиелия); дилатация латеральных, третьего и четвертого желудочков мозга. Данные паттерны характерны для Киари подобной мальформации.

Изменения в неврологическом осмотре перед проведением МРТ-диагностики у данного пациента (собаки породы русский той-терьер, ♂ 2 года) указаны в таблице 5.

**Рис. 7.** МР-томограмма головного мозга собаки породы русский той-терьер, ♂ 2 года (А — сагиттальный срез T2-ВИ, Б — сагиттальный срез T1-ВИ (постконтрастное изображение), В — аксиальный срез T2-ВИ)

**Fig. 7.** MR-tomography of the brain of a 2-year-old dog, ♂ russian toy terrier (A — sagittal slice T2-WI, B — sagittal slice T1-WI (post-contrast image), C — axial slice T2-WI)



**Таблица 5. Основные изменения в неврологическом осмотре собаки породы русский той-терьер (♂ 2 года) перед проведением магнитно-резонансной томографии**  
**Table 5. The main changes in the neurological examination of a Russian Toy Terrier dog (♂ 2 years old) before magnetic resonance imaging**

Рефлекс	Сторона	
Корнеальный рефлекс	R сохранен	L сохранен
Пальпебральный рефлекс	R сохранен	L сохранен
Патологический нистагм	R отсутствует	L отсутствует
Страбизм	R норма	L норма
Реакция угрозы	R сохранена	L сохранена
Размер зрачка	R норма	L норма
Анизокория	OD =	OS
Зрачковый рефлекс прямая реакция	R норма	L норма
Зрачковый рефлекс перекрестная реакция	R норма	L норма

### Выводы/Conclusion

Из 15 кошек и собак в возрасте от 8 до 14 лет при магнитно-резонансном исследовании у 6 были обнаружены неоплазии головного мозга (40,0%), у 5 — острое нарушение мозгового кровообращения (33,3%). У 18 собак и кошек среднего возраста от 3 до 7 лет в паренхиме (оболочках) и прилегающих к мозговым тканям структурах был обнаружен воспалительный процесс. У кошек, наиболее вероятно, было воспаление септического характера (16,6%), в то время как у собак подразумевали

(в связи с отсутствием патологически гнойных очагов в околоносовых пазухах и барабанных буллах) аутоиммунное начало заболевания (33,3%).

У 11,2% пациентов данной возрастной группы были найдены изменения, характерные для пост-судорожного процесса. Были обнаружены аномалии развития структур головного мозга у 4 (36,3%) и черепно-мозговые травмы у 3 (27,2%) молодых животных возрастом от 6 месяцев до 3 лет из 11 пациентов этого возрастного диапазона. У 66% обследованных животных различных возрастов и пород были диагностированы патологии головного мозга различной этиологии, обуславливающие появление судорог.

Таким образом, выявленная при магнитно-резонансной томографии полиэтиологичность судорожного синдрома дает основание утверждать, что пароксизм может быть вызван не только нестабильностью мембран нейронов коры больших полушарий, макро- и микроэлементарным дисбалансом, но и проявляться вторично относительно основной патологии, развивающейся в головном мозге животного.

Из этого следует, что МРТ — важнейший метод диагностики при появлении двигательных нарушений у животных, необходимый для правильной дифференциации спонтанных и спровоцированных эпилептических приступов.

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. Крупинова Ю.А., Зеленкова-Захарчук Т.А., Ковалева Е.В., Ашурбекова Ш.Т., Еремкина А.К., Мокрышева Н.Г. Дифференциальная диагностика судорожного синдрома, представленного в структуре диссоциативного (двигательного конверсионного) расстройства и хронического послеоперационного гипопаратиреоза, с описанием клинического случая. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2021; 13(3): 82–87. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-3-82-87>
2. Van Meervenne S.A.E., Volk H.A., Matiassek K., Van Ham L.M.L. The influence of sex hormones on seizures in dogs and humans. *The veterinary Journal*. 2014; 201(1): 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.008>
3. Packer R.M.A., Volk H.A. Epilepsy beyond seizures: a review of the impact of epilepsy and its comorbidities on health-related quality of life in dogs. *Veterinary Record*. 2015; 177(12): 306–315. <https://doi.org/10.1136/vr.103360>
4. Рудакова И.Г., Котов С.В., Белова Ю.А. Эпилепсия. Основы диагностики и терапии. *Альманах клинической медицины*. 2004; (7): 303–315. <https://www.elibrary.ru/hzddoh>
5. Bertoglio D., Verhaeghe J., Dedeurwaerdere S., Gröhn O. Neuroimaging in animal models of epilepsy. *Neuroscience*. 2017; 358: 277–299. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.06.062>
6. Chawner E., Ukai M., Sears W., James F. Frequency of non-generalized tonic clonic seizures in a referral population of dogs. *The Veterinary Journal*. 2023; 295: 105986. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2023.105986>
7. Москалева П.В., Шнайдер Н.А., Петрова М.М., Насырова Р.Ф. Судорожный синдром. Часть 1. *Сибирское медицинское обозрение*. 2021; (4): 98–105. <https://doi.org/10.20333/25000136-2021-4-98-105>
8. Яникина М.А. Эпилепсия у собак. *Вестник науки*. 2021; (5–1): 227–232. <https://www.elibrary.ru/ymjnty>

### REFERENCES

1. Krupinova Yu.A., Zelenkova-Zakharchuk T.A., Kovaleva E.V., Ashurbekova Sh.T., Eremkina A.K., Mokrysheva N.G. Differential diagnosis of convulsions in the structure of dissociative (conversion motor) disorder and chronic postoperative hypoparathyroidism: case report and literature review. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2021; 13(3): 82–87 (in Russian). <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-3-82-87>
2. Van Meervenne S.A.E., Volk H.A., Matiassek K., Van Ham L.M.L. The influence of sex hormones on seizures in dogs and humans. *The veterinary Journal*. 2014; 201(1): 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.008>
3. Packer R.M.A., Volk H.A. Epilepsy beyond seizures: a review of the impact of epilepsy and its comorbidities on health-related quality of life in dogs. *Veterinary Record*. 2015; 177(12): 306–315. <https://doi.org/10.1136/vr.103360>
4. Rudakova I.G., Kotov S.V., Belova Yu.A. Epilepsy. Basics of diagnosis and therapy. *Almanac of Clinical Medicine*. 2004; (7): 303–315 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hzddoh>
5. Bertoglio D., Verhaeghe J., Dedeurwaerdere S., Gröhn O. Neuroimaging in animal models of epilepsy. *Neuroscience*. 2017; 358: 277–299. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.06.062>
6. Chawner E., Ukai M., Sears W., James F. Frequency of non-generalized tonic clonic seizures in a referral population of dogs. *The Veterinary Journal*. 2023; 295: 105986. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2023.105986>
7. Moskaleva P.V., Shnayder N.A., Petrova M.M., Nasyrova R.F. Convulsive syndrome. Part 1. *Siberian Medical Review*. 2021; (4): 98–105 (in Russian). <https://doi.org/10.20333/25000136-2021-4-98-105>
8. Yanikina M.A. Epilepsy in dogs. *Vestnik nauki*. 2021; (5–1): 227–232 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ymjnty>



9. Stafstrom C.E., Carmant L. Seizures and Epilepsy: An Overview for Neuroscientists. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. 2015; 5(6): a022426.  
<https://doi.org/10.1101/cshperspect.a022426>
10. Charalambous M., Muñana K., Patterson E.P., Platt S.R., Volk H.A. ACVIM Consensus Statement on the management of status epilepticus and cluster seizures in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024; 38(1): 19–40.  
<https://doi.org/10.1111/jvim.16928>
11. Golubovic S.B., Rossmeisl Jr. J.H. Status epilepticus in dogs and cats, part 2: treatment, monitoring, and prognosis. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2017; 27(3): 288–300.  
<https://doi.org/10.1111/vec.12604>
12. Донкова Н.В., Радченко О.В. МРТ-диагностика головного и спинного мозга у животных. *Вестник КрасГАУ*. 2010; (10): 140–145.  
<https://www.elibrary.ru/naxemh>
13. Young B. Encephalitis/Meningoencephalitis. Wilfried M. (ed.). *Diagnostic MRI in Dogs and Cats*. Boca Raton: CRC Press. 2018; 187–210.
14. Hecht S. Brain Neoplasia. Wilfried M. (ed.). *Diagnostic MRI in Dogs and Cats*. Boca Raton: CRC Press. 2018; 211–240.

## ОБ АВТОРАХ

**Ирина Александровна Кочеткова<sup>1</sup>**

аспирант

kochetckowaira@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0004-6751-7490>**Татьяна Олеговна Марюшина<sup>1</sup>**

кандидат ветеринарных наук, доцент

mariushina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5247-5804>**Галина Михайловна Крюковская<sup>1</sup>**

кандидат ветеринарных наук, доцент

kryukovskayagm@mgupp.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3478-0431>**Маргарита Владимировна Матвеева<sup>2</sup>**

кандидат ветеринарных наук, ведущий ветеринарный врач

margofree@yandex.ru

<sup>1</sup>Российский университет биотехнологий (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, Москва, 125080, Россия<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Русские корма», Волоколамское шоссе, 1, Москва, 125080, Россия

9. Stafstrom C.E., Carmant L. Seizures and Epilepsy: An Overview for Neuroscientists. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. 2015; 5(6): a022426.

<https://doi.org/10.1101/cshperspect.a022426>

10. Charalambous M., Muñana K., Patterson E.P., Platt S.R., Volk H.A. ACVIM Consensus Statement on the management of status epilepticus and cluster seizures in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024; 38(1): 19–40.

<https://doi.org/10.1111/jvim.16928>

11. Golubovic S.B., Rossmeisl Jr. J.H. Status epilepticus in dogs and cats, part 2: treatment, monitoring, and prognosis. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2017; 27(3): 288–300.

<https://doi.org/10.1111/vec.12604>

12. Donkova N.V., Radchenko O.V. MRT-diagnostics of animal cerebrum and spinal cord lesions. *Bulletin of KrasGAU*. 2010; (10): 140–145 (in Russian).

<https://www.elibrary.ru/naxemh>

13. Young B. Encephalitis/Meningoencephalitis. Wilfried M. (ed.). *Diagnostic MRI in Dogs and Cats*. Boca Raton: CRC Press. 2018; 187–210.

14. Hecht S. Brain Neoplasia. Wilfried M. (ed.). *Diagnostic MRI in Dogs and Cats*. Boca Raton: CRC Press. 2018; 211–240.

## ABOUT THE AUTHORS

**Irina Alexandrovna Kochetkova<sup>1</sup>**

Postgraduate Student

kochetckowaira@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0004-6751-7490>**Tatiana Olegovna Maryushina<sup>1</sup>**

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor

mariushina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5247-5804>**Galina Mikhailovna Kryukovskaya<sup>1</sup>**

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor

kryukovskayagm@mgupp.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3478-0431>**Margarita Vladimirovna Matveeva<sup>2</sup>**

Candidate of Veterinary Sciences, Leading Veterinarian

margofree@yandex.ru

<sup>1</sup>Russian University of Biotechnology (ROSBIOTECH), 11 Volokolamskoye shosse, Moscow, 125080, Russia<sup>2</sup>Limited Liability Company “Russian Feeds”, 1 Volokolamskoye shosse, Moscow, 125080, Russia

УДК 619:616.578.242

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-61-66

А.Г. Галеева<sup>1,2</sup> ✉А.Р. Ахунова<sup>1</sup>Н.И. Хаммадов<sup>1</sup>Д.А. Сорокина<sup>1</sup>А.И. Яруллин<sup>1</sup>А.М. Хафизова<sup>1</sup>Ришат С. Мухаммадиев<sup>1</sup>Ринат С. Мухаммадиев<sup>1</sup>И.Г. Каримуллина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, Казань, Россия

✉ antonina-95@yandex.ru

Поступила в редакцию: 28.10.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Галеева А.Г., Ахунова А.Р., Хаммадов Н.И., Сорокина Д.А., Яруллин А.И., Хафизова А.М., Мухаммадиев Ришат С., Мухаммадиев Ринат С., Каримуллина И.Г.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-61-66

Antonina G. Galeeva<sup>1,2</sup> ✉Alsu R. Akhunova<sup>1</sup>Nail I. Khammatov<sup>1</sup>Diana A. Sorokina<sup>1</sup>Ainur I. Yarullin<sup>1</sup>Alsu M. Khafizova<sup>1</sup>Rishat S. Mukhammadiyev<sup>1</sup>Rinat S. Mukhammadiyev<sup>1</sup>Ilsiyar G. Karimullina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Kazan state academy of veterinary medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia

✉ antonina-95@yandex.ru

Received by the editorial office: 28.10.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Galeeva A.G., Akhunova A.R., Khammatov N.I., Sorokina D.A., Yarullin A.I., Khafizova A.M., Mukhammadiyev Rishat S., Mukhammadiyev Rinat S., Karimullina I.G.

# Идентификация вариантов вируса вирусной диареи крупного рогатого скота — контаминантов производственных клеточных линий

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Контаминация вирусом ВД КРС остается постоянной угрозой качеству биологических продуктов. Наиболее распространенным фактором контаминации являются эмбриональные бычьи сыворотки — основной фактор поддержки роста при культивировании клеточных линий, применение которых делает риск распространения вируса ВД КРС практически неизбежным.

**Цель исследования** — идентификация вариантов вируса вирусной диареи крупного рогатого скота — контаминантов производственных клеточных линий.

**Методы.** Использовались клеточные линии MDBK, BHK-21/13-02, PK-15, Vero и производственные штаммы вируса ВД КРС NADL, BK-1. Для амплификации целевых участков вирусного генома применяли олигонуклеотидные праймеры, фланкирующие высококонсервативную нетранслируемую область 5'UTR длиной 289 п. н. Сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей, установленных методом секвенирования, проводился с применением стандартных методов молекулярной филогенетики.

**Результаты.** Факт хронической инфекции нецитопатогенным вирусом ВД КРС был подтвержден в отношении клеточных линий MDBK, BHK-21/13-02, PK-15. По результатам секвенирования контаминирующие варианты вируса были идентифицированы как представители субгенотипа 1a. Филогенетический анализ выявил их значительное сходство между собой и рядом штаммов, выделенных от персистентно инфицированных лам, альпак и косуль с идентичностью 96,8–99,2%. Представленные данные демонстрируют необходимость постоянного проведения подобных скринингов, что позволит повысить качество технологического сырья, используемого для производства биологических продуктов, а также усовершенствовать существующие средства серологической диагностики инфекций, вызываемых представителями рода *Pestivirus*.

**Ключевые слова:** вирусная диарея, крупный рогатый скот, контаминация культур клеток, секвенирование по Сэнгеру, 5'-UTR, классическая чума свиней

**Для цитирования:** Галеева А.Г. и др. Идентификация вариантов вируса вирусной диареи крупного рогатого скота — контаминантов производственных клеточных линий. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 61–66.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-61-66>

# Identification of bovine viral diarrhea virus variants — contaminants of industrial cell lines

## ABSTRACT

**Relevance.** Contamination with bovine BVDV virus remains a threat to the quality of biological products. The most common factor of contamination is fetal bovine serum, the main factor supporting growth when cultivating cell lines, the use of which makes the risk of spreading the bovine BVDV virus almost inevitable.

**The aim of the study** was to identify variants of bovine viral diarrhea virus, which are contaminants of production cell lines.

**Methods.** The cell lines MDBK, BHK-21/13-02, PK-15, Vero and the production strains of the bovine HD virus NADL, VK-1 were used. To amplify the target regions of the viral genome, oligonucleotide primers flanking the highly conserved untranslated region 5'UTR with a length of 289 bp were used. Comparative analysis of nucleotide sequences determined by sequencing was carried out using standard methods of molecular phylogenetics.

**Results.** The fact of chronic infection with non-cytopathogenic bovine BVDV virus was confirmed in relation to the cell lines MDBK, BHK-21/13-02 and PK-15. Based on sequencing results, the contaminating virus variants were identified as representatives of subgenotype 1a. Phylogenetic analysis revealed their significant similarity between themselves and a number of strains isolated from persistently infected llamas, alpacas and roe deer with an identity of 96.8–99.2%. The presented data demonstrate the need for ongoing such screenings, which will improve the quality of technological raw materials used for the production of biological products, as well as improve existing means of serological diagnosis of infections caused by representatives of the *Pestivirus* genus.

**Key words:** bovine viral diarrhea, cell culture contamination, Sanger sequencing, 5'-UTR, classical swine fever

**For citation:** Galeeva A.G. et al. Identification of bovine viral diarrhea virus variants — contaminants of production cell lines. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 61–66 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-61-66>

## Введение/Introduction

Вирус вирусной диареи крупного рогатого скота (ВД КРС), являясь возбудителем множества симптомов комплексов у КРС, включая диарею, геморрагический синдром, репродуктивные и респираторные расстройства, персистирующие инфекции и заболевания слизистых оболочек, приводит к значительным экономическим потерям для мировой животноводческой отрасли [1, 2]. Этот одноцепочечный РНК-содержащий вирус, содержащий одну открытую рамку считывания (ORF), фланкированную 5'- и 3'-нетранслируемыми областями, в настоящее время классифицируется на 3 генотипа: BVDV-1 (*Pestivirus A*), BVDV-2 (*Pestivirus B*) и BVDV-3 (*Pestivirus H*, или HoBi-подобный вирус) [3].

BVDV-1 в настоящее время содержит не менее 22 подтипов (1a–1v), а BVDV-2 — не менее 4 подтипов (2a–2d) [4]. Обнаруживаемые изоляты вируса ВД КРС демонстрируют высокую генетическую изменчивость, в первую очередь из-за рекомбинации РНК, затрудняющей диагностику ВД и снижающей эффективность вакцинопрофилактики [5].

Контаминация вирусом ВД КРС остается постоянной угрозой качеству биологических продуктов [6]. Наиболее распространенным фактором контаминации являются эмбриональные бычьи сыворотки — основной фактор поддержки роста при культивировании клеточных линий, применение которых делает риск распространения вируса ВД КРС практически неизбежным [7].

Длительное культивирование производственных клеточных линий (ПКЛ) с использованием вирусосодержащих сывороток без их надлежащего тестирования на контаминацию приводит к производственным потерям и некорректной интерпретации данных в исследованиях механизмов взаимодействия вируса с клеткой [8–10]. В свою очередь, загрязнение вакцин живым вирусом может привести к иммуносупрессии у поголовья и последующему развитию оппортунистических инфекций [11].

Таким образом, постоянный скрининг эмбриональных сывороток и ПКЛ на предмет контаминации вирусом ВД КРС имеет решающее значение для обеспечения безопасности вакцин, используемых в популяциях КРС. Определенную сложность при этом представляют нецитопатогенные (НЦП) варианты вируса, репродуцирующиеся в клетках без морфологических изменений [8].

*Цель исследования* — идентификация вариантов вируса ВД КРС — контаминантов ПКЛ, применяемых в Федеральном центре токсикологической, радиационной и биологической безопасности «ФЦТРБ-ВНИВИ».

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены с мая по июнь 2024 г. на базе лаборатории вирусных антропозоонозов и лаборатории молекулярно-генетического анализа ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ».

**Таблица 1. Характеристики используемых в работе производственных ПКЛ и штаммов вируса ВД КРС**  
**Table 1. Characteristics of industrial cell lines and BVDV strains used in the work**

Наименование образца	Характеристика
<b>Производственные клеточные линии</b>	
MDBK (клетки почки крупного рогатого скота)	Получена из ФКП «Щёлковский биокомбинат» в 2004 г. Применяется для культивирования герпесвирусов, вируса ВД КРС; культивируется на средах 0,5% ГЛА, ИГЛА, MEM + 199 (3:1) с 10% ФБС; кариотип: модальный класс хромосом 42, интервал изменчивости 31–80. Стерильна в отношении бактерий, грибов и микоплазм
ВНК-21/13-02 (клетки почки новорожденного сирийского хомячка, перевиваемая монослойная сублиния)	Получена из ФКП «Щёлковский биокомбинат» в 2004 г. Применяется для культивирования вирусов ящура, бешенства, герпесвирусов; культивируется на среде 0,5% ГЛА, ИГЛА, MEM + 199 (3:1) с 10% ФБС; кариотип: модальный класс хромосом 44, интервал изменчивости 31–98. Стерильна в отношении бактерий, грибов и микоплазм
РК-15 (клетки почки эмбриона свиньи)	Получена из ФГБУ «ВНИИЗЖ» в 2007 г. Применяется для культивирования коронавирусов, вирусов ВД КРС, КЧС, реовируса I типа; культивируется на среде «Игла MEM» с 10% ФБС; кариотип: модальный класс хромосом 46–50, интервал изменчивости 36–75. Стерильна в отношении бактерий, грибов и микоплазм
Vero (клетки почки африканской зеленой мартышки)	Получена из ФКП «Щёлковский биокомбинат» в 2004 г. Применяется для культивирования вируса бешенства, герпесвирусов; культивируется на среде «Игла MEM» с 10% ФБС; кариотип: модальный класс хромосом 54–55, интервал изменчивости 49–110. Стерильна в отношении бактерий, грибов и микоплазм
<b>Штаммы вируса ВД КРС</b>	
NADL GenBank ID AJ133739.1	Коллекция ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», получен из ЦВЛ МСХ Великобритании в 1979 г. Репродуцируется на ПКЛ легкого эмбриона коровы (ЛЭК), титр 5,5 Ig ТЦД <sub>50</sub> /см <sup>3</sup> , стерил в отношении бактерий, грибов и вирус-контаминантов.
BK-1	Коллекция ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», получен из ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН в 1988 г. Репродуцируется на ПКЛ MDBK, титр 4,5 Ig ТЦД <sub>50</sub> /см <sup>3</sup> , стерил в отношении бактерий, грибов и вирус-контаминантов

Характеристики образцов исследуемого материала представлены в таблице 1.

## ОТ-ПЦР и определение нуклеотидных последовательностей изолятов

Суммарную РНК выделяли из клеточных суспензий в объеме 0,1 см<sup>3</sup> с помощью набора реагентов «РИБО-сорб» (ФБУН «ЦНИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора, Россия) согласно инструкции производителя. Для амплификации целевых участков вирусного генома применяли олигонуклеотидные праймеры, фланкирующие фрагмент высококонсервативной нетранслируемой области 5'UTR длиной 289 п. н. (Fr BVDV-UTR 5'-ATGCCCATAGTAGGACTAGC-3', Rp BVDV-UTR 5'-CTCCATGTGCCATGTACAG-3') [1].

Состав реакционной смеси для ОТ-ПЦР из расчета на одну пробу объемом 20 мкл был следующим: 2 мкл 10x Taq-Turbo буфера (2,5 mM Mg<sup>2+</sup>), 3 mM смеси dNTP, 1,0 единица Taq ДНК-полимеразы, 5 мкМ прямого и обратного праймеров, 0,2 мкл



MMLV-ревертазы (ЗАО «Евроген», Россия), 15 нг ДНК-матрицы, ddH<sub>2</sub>O — до 20 мкл.

ОТ-ПЦР проводили на амплификаторе C1000 с оптическим блоком CFX96 (Bio-Rad, США) согласно следующей программе: 1 — обратная транскрипция при 37 °С в течение 60 мин.; 2 — денатурация ДНК при 95 °С в течение 5 мин.; 3 — 35 циклов, состоящих из: 30 с при 94 °С, 30 с при 54 °С, 25 с при 72 °С; 4 — элонгация при 72 °С в течение 10 мин. Наличие целевых продуктов амплификации контролировали методом электрофореза в 1,7%-ном агарозном геле в присутствии бромистого этидия с последующей визуализацией в УФ-свете.

Ферментативно очищенные продукты ПЦР с расчетной длиной 289 п. н. секвенировали по Сэнгеру на аутсорсе (ЗАО «Евроген», Россия) на автоматическом секвенаторе 3500xL Genetic Analyzer (Applied Biosystems, США) с использованием праймеров для амплификации. Гомологичные нуклеотидные последовательности области 5'UTR определяли методом множественного выравнивания с последовательностями штаммов и изолятов вируса ВД КРС 1 и 2 генотипов, депонированными в базе данных Национального центра биотехнологической информации (Genbank, NCBI, США), применяя программное обеспечение MEGA 11.0 (Mega Software, США).

Эволюционные дистанции между последовательностями рассчитывали методом максимального правдоподобия согласно двухпараметрической модели Kimura. Топологию филограм оценивали на основании анализа 1000 псевдореplik; различия между кластерами считали достоверными, если индекс поддержки в узлах составлял не менее 70.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Известно, что процесс выделения вируса ВД КРС на культурах клеток является длительным, трудоемким и неэкономичным, требуя определенных условий отбора, хранения и транспортировки проб; зачастую он осложняется контаминацией большинства линий, применяемых в диагностических лабораториях, НЦП вариантами вируса [12].

Несмотря на то что вирусывыделение является «золотым стандартом» диагностики ВД КРС в различных клинических проявлениях, более распространенным стало использование молекулярно-генетических методов, не требующих наличия инфекционного вируса для получения положительного результата [13]. В настоящем исследовании геном возбудителя ВД КРС был обнаружен в большинстве клеточных образцов (табл. 2), что подтверждалось электрофоретически наличием соответствующих ПЦР-продуктов (рис. 1), при этом присутствие контаминантов в ПКЛ не сопровождалось видимыми морфологическими изменениями клеточного монослоя. Это подтверждает факт хронической инфекции данных ПКЛ вирусом ВД КРС нецитопатогенного типа.

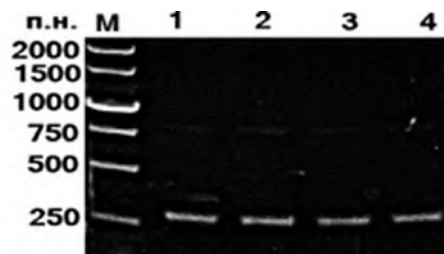
**Таблица 2. Результаты индикации генома ЦП и НЦП вариантов вируса ВД КРС методом ОТ-ПЦР в образцах производственных ПКЛ и сывороток**

**Table 1. Results of genome indication of CP and NCP variants of the BVDV virus by the RT-PCR method in samples of industrial cell lines and serum**

Образец	Результат тестирования ОТ-ПЦР	Наличие ЦПД при вирусывыделении
ПКЛ MDBK (пассажная линия 1)	+	—
ПКЛ MDBK (пассажная линия 2)	+	—
ПКЛ ВНК-21	+	—
ПКЛ РК-15	+	—
ПКЛ Vero	—	—
Бычья эмбриональная сыворотка (HyClone, Австралия)	—	—
Бычья эмбриональная сыворотка (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»)	—	—
Производственный штамм NADL	+	—
Производственный штамм ВК-1	+	+

**Рис. 1. Электрофореграмма продуктов амплификации вариантов вируса ВД КРС — контаминантов ПКЛ, треки: М — маркер длин ДНК 1 kb DNA ladder (ЗАО «Евроген», Россия), 1 — ПКЛ MDBK (пассажная линия 1), 2 — ПКЛ MDBK (пассажная линия 2), 3 — ПКЛ ВНК-21, 4 — ПКЛ РК-15**

**Fig. 1. Electrophoregram of amplification products of BVDV variants, tracks: M — DNA length marker “1 kb DNA ladder” (ZAO “Evrogen”, Russia), 1 — MDBK (passage line 1), 2 — MDBK (passage line 2), 3 — BHK-21, 4 — PK-15**



Обнаруженные контаминанты были условно обозначены как MDBK/1, MDBK/2, ВНК-21/1, РК-15/1. Не менее важным этапом скрининга ПКЛ является сравнительный анализ молекулярно-генетической структуры сторонних вариантов вируса, позволяющий отследить их распространение и усовершенствовать методы индикации.

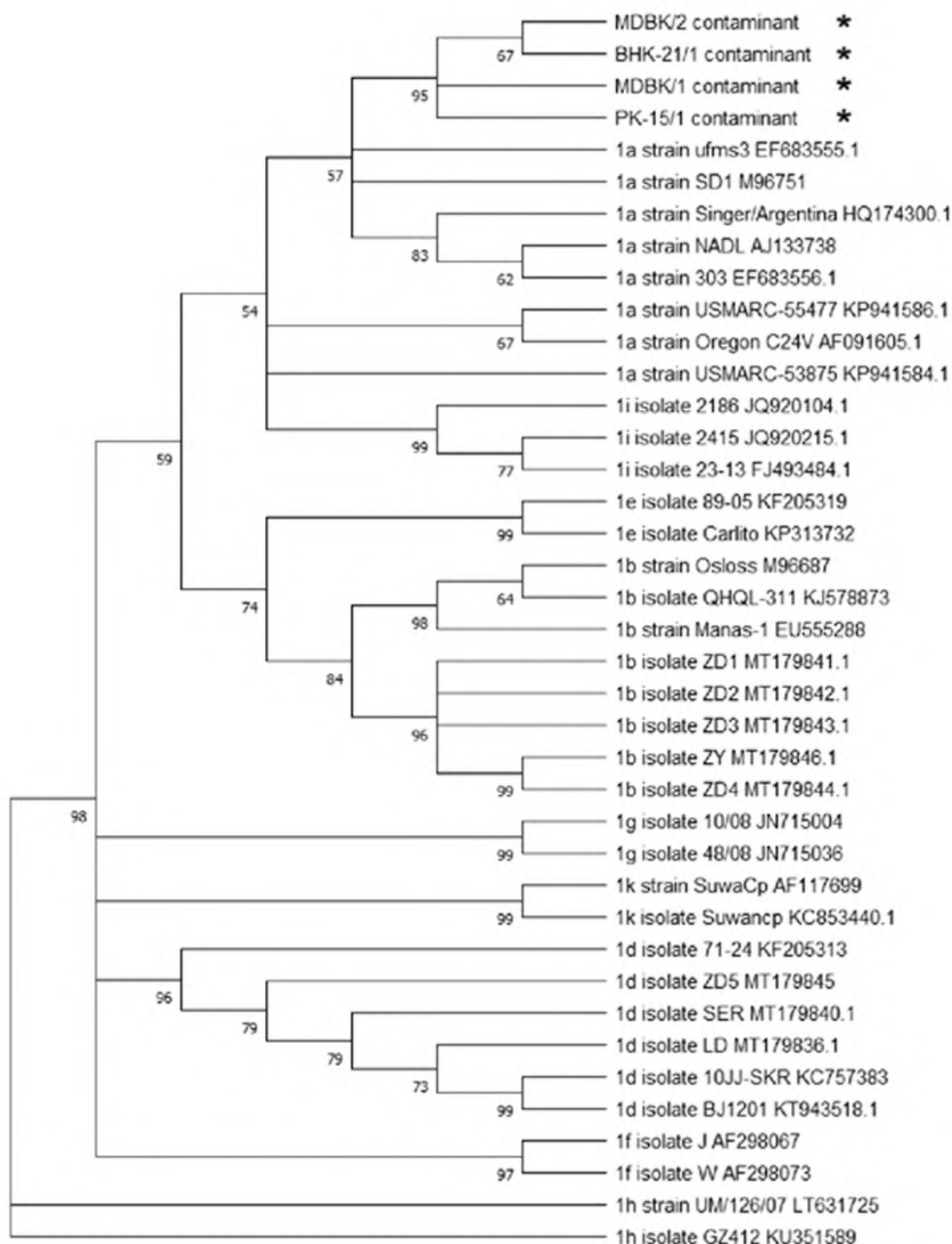
Проведенный филогенетический анализ позволил установить принадлежность всех вариантов вируса к субгенотипу 1a (рис. 2).

Таким образом, было установлено значительное сходство выявленных контаминантов между собой (96,8–99,2% идентичности). В качестве ближайших гомологов были идентифицированы штаммы CN888 (ID AY671977) и LL795 (ID GU987133.1), выделенные от лам и альпак предковой популяции в чилийском Альтиплано в 2013 г. [14], а также изолят Deer (AB040132.1), выделенный от серонегативной косули в Германии в 1991 г. [15].

Особую проблему представляет контаминация вирусом ВД КРС клеток свиного происхождения,

**Рис. 2.** Филодендрограмма, отображающая генетическую близость исследуемых контаминантов и известных прототипных штаммов вируса ВД КРС 1 генотипа. Топология древа восстановлена методом maximum likelihood, матрица генетических расстояний рассчитана методом минимальной эволюции. Указаны индексы статистической поддержки узлов (бутстрэп-тест для 1000 реплик)

**Fig. 1.** Philodendrogram showing the genetic proximity of the studied contaminants and known prototype strains of the BVDV, genotype 1. The tree topology was reconstructed by the maximum likelihood method, the genetic distance matrix was calculated by the minimum evolution method. The indices of statistical support of nodes are indicated (bootstrap test for 1000 replicas)



используемых для производства биологических продуктов и проведения диагностических тестов в отношении вируса классической чумы свиней (КЧС) — другого экономически значимого представителя рода *Pestivirus*.

Гомология данных возбудителей и их тесная серологическая связь зачастую приводят к перекрестным реакциям сывороток и моноклональных антител [16]. Учитывая способность вируса

ВД КРС инфицировать свиней, а также его серопревалентность в популяциях свиней, невакцинированных от КЧС [17], это может приводить к диагностическим ошибкам. Так, во время вспышки КЧС в Нидерландах в 1997 г. дифференциация антител была значительно затруднена из-за получения ложноположительных результатов в ИФА [18].

Современные данные свидетельствуют о том, что в процессах интернализации вирусов КЧС

и ВД КРС задействован общий рецептор — бычий кластер дифференцировки CD46, демонстрирующий порядка 55% идентичности [19]. В связи с этим идентификация актуальных контаминирующих вариантов вируса ВД КРС может быть информативной для внесения изменений в структуру рекомбинантных диагностических антигенов вируса КЧС, что позволит достоверно дифференцировать антитела, специфичные для разных представителей рода *Pestivirus*.

### Выводы/Conclusions

В ходе скрининга основных производственных клеточных линий (преимущественно бычьего и свиного происхождения) был выявлен факт

контаминации некоторых из них нецитопатогенным вирусом ВД КРС.

При секвенировании 5'-нетранслируемой области генома все обнаруженные варианты вируса были идентифицированы как представители субгенотипа 1a. Представленные данные демонстрируют необходимость постоянного проведения подобных скринингов клеточных линий и реактивов, используемых при их культивировании, что позволит обеспечить контроль качества технологического сырья при производстве биологических продуктов, а также усовершенствовать существующие средства серологической диагностики инфекций, вызываемых другими представителями рода *Pestivirus*.

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

- Hou P., Xu Y., Wang H., He H. Detection of bovine viral diarrhea virus genotype 1 in aerosol by a real time RT-PCR assay. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 114. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02330-6>
- Wang Y., Pang F. Diagnosis of bovine viral diarrhea virus: an overview of currently available methods. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 15: 1370050. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1370050>
- de Oliveira P.S.B., Silva Júnior J.V.J., Weiblen R., Flores E.F. Subtyping bovine viral diarrhea virus (BVDV): Which viral gene to choose?. *Infection, Genetics and Evolution*. 2021; 92: 104891. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2021.104891>
- Хафизова А.М. и др. Вирусная диарея — болезнь слизистых крупного рогатого скота: анализ эпизоотической ситуации и противоэпизоотических мероприятий. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2024; 258: 214–221. <https://www.elibrary.ru/dbwgnw>
- Abd El Fadeel M.R., Soliman E.M., Allam A.M., ElKersh M.F., Abd El-Baky R.M., Mustafa A. Efficacy and durability of bovine virus diarrhea (BVD) virus killed vaccine adjuvanted with monolaurin. *PLoS ONE*. 2022; 17(7): e0269031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269031>
- Gómez-Romero N., Velázquez-Salinas L., Ridpath J.F., Verdugo-Rodríguez A., Basurto-Alcántara F.J. Detection and genotyping of bovine viral diarrhea virus found contaminating commercial veterinary vaccines, cell lines, and fetal bovine serum lots originating in Mexico. *Archives of Virology*. 2021; 166(7): 1999–2003. <https://doi.org/10.1007/s00705-021-05089-9>
- Gauvin G., Nims R. Gamma-Irradiation of Serum for the Inactivation of Adventitious Contaminants. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 2010; 64(5): 432–435.
- Урываев Л.В. и др. О контаминации клеточных культур вирусом диареи — болезни слизистых оболочек крупного рогатого скота (BVDV). *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2012; 153(1): 88–93. <https://www.elibrary.ru/ooictr>
- Готов А.Г., Глотова Т.И., Котенева С.В. О контаминации импортируемой фетальной сыворотки крови крупного рогатого скота пестивирусами как факторе распространения вирусной диареи в условиях глобализации: мини-обзор. *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(2): 248–257. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.2.248rus>
- Алексеевкова С.В., Юров Г.К., Гальнбек Т.В., Калита И.А., Юров К.П. Проверка клеточных культур на контаминацию вирусом диареи крупного рогатого скота — необходимое условие производства биологических препаратов. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2013; (1): 15–18. <https://www.elibrary.ru/pyednf>
- Pastoret P.-P. Human and animal vaccine contaminations. *Biologicals*. 2010; 38(3): 332–334. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2010.02.015>

### REFERENCES

- Hou P., Xu Y., Wang H., He H. Detection of bovine viral diarrhea virus genotype 1 in aerosol by a real time RT-PCR assay. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 114. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02330-6>
- Wang Y., Pang F. Diagnosis of bovine viral diarrhea virus: an overview of currently available methods. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 15: 1370050. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1370050>
- de Oliveira P.S.B., Silva Júnior J.V.J., Weiblen R., Flores E.F. Subtyping bovine viral diarrhea virus (BVDV): Which viral gene to choose?. *Infection, Genetics and Evolution*. 2021; 92: 104891. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2021.104891>
- Khafizova A.M. et al. Viral diarrhea is a disease of the mucous membranes of cattle: an analysis of the epizootic situation and antiepidemic measures. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2024; 258: 214–221 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/dbwgnw>
- Abd El Fadeel M.R., Soliman E.M., Allam A.M., ElKersh M.F., Abd El-Baky R.M., Mustafa A. Efficacy and durability of bovine virus diarrhea (BVD) virus killed vaccine adjuvanted with monolaurin. *PLoS ONE*. 2022; 17(7): e0269031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269031>
- Gómez-Romero N., Velázquez-Salinas L., Ridpath J.F., Verdugo-Rodríguez A., Basurto-Alcántara F.J. Detection and genotyping of bovine viral diarrhea virus found contaminating commercial veterinary vaccines, cell lines, and fetal bovine serum lots originating in Mexico. *Archives of Virology*. 2021; 166(7): 1999–2003. <https://doi.org/10.1007/s00705-021-05089-9>
- Gauvin G., Nims R. Gamma-Irradiation of Serum for the Inactivation of Adventitious Contaminants. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 2010; 64(5): 432–435.
- Uryvaev L.V. et al. About the contamination of cell cultures with the virus of diarrhea — diseases of the mucous membranes of cattle (BVDV). *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2012; 153(1): 77–81. <https://doi.org/10.1007/s10517-012-1648-1>
- Glotov A.G., Glotova T.I., Koteneva S.V. On contamination of imported fetal blood serum of cattle with pestiviruses as a factor in the spread of viral diarrhea in the context of globalization: a mini-review. *Agricultural Biology*. 2018; 53(2): 248–257. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.2.248eng>
- Alekseenkova S.V., Yurov G.K., Galn'bek T.V., Kalita K.I.A., Yurov K.P. Testing of cell cultures for contamination with the bovine diarrhea virus is a necessary condition for the production of biological preparations. *Russian veterinary journal. Productive animals*. 2013; (1): 15–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pyednf>
- Pastoret P.-P. Human and animal vaccine contaminations. *Biologicals*. 2010; 38(3): 332–334. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2010.02.015>



12. Семенова О.В., Глотова Т.И., Глотов А.Г., Неведченко А.В. Частота выявления посредством ОТ-ПЦР и выделения в культуре клеток вируса диареи крупного рогатого скота в Сибири. *Российский ветеринарный журнал*. 2017; (1): 24–27. <https://www.elibrary.ru/xyqwb>
13. Spetter M.J. *et al.* Detection methods and characterization of bovine viral diarrhea virus in aborted fetuses and neonatal calves over a 22-year period. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2020; 51(4): 2077–2086. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00296-z>
14. Aguirre I.M., Fuentes R., Celedón M.O. Genotypic characterization of Chilean llama (*Lama glama*) and alpaca (*Vicugna pacos*) pestivirus isolates. *Veterinary Microbiology*. 2014; 168(2–4): 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.11.031>
15. Harasawa R., Giangaspero M., Ibata G., Paton D.J. Giraffe Strain of Pestivirus: Its Taxonomic Status Based on the 5'-Untranslated Region. *Microbiology and Immunology*. 2000; 44(11): 915–921. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2000.tb02583.x>
16. Lamothe-Reyes Y., Figueroa M., Sánchez O. Host cell factors involved in classical swine fever virus entry. *Veterinary Research*. 2023; 54: 115. <https://doi.org/10.1186/s13567-023-01238-x>
17. Choe S. *et al.* Prevalence of Bovine Viral Diarrhea Virus Infections in Pigs on Jeju Island, South Korea, from 2009–2019 and Experimental Infection of Pigs with BVDV Strains Isolated from Cattle. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(3): 146. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030146>
18. Van Rijn P.A. A common neutralizing epitope on envelope glycoprotein E2 of different pestiviruses: Implications for improvement of vaccines and diagnostics for classical swine fever (CSF)? *Veterinary Microbiology*. 2007; 125(1–2): 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.05.001>
19. Schmitz-Dräger B.J. *et al.* Molecular Markers for Bladder Cancer Screening, Early Diagnosis, and Surveillance: The WHO/ICUD Consensus. *Urologia Internationalis*. 2015; 94(1): 1–24. <https://doi.org/10.1159/000369357>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Антонина Глебовна Галеева<sup>1,2</sup>

кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник  
antonina-95@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2650-6459>

##### Алсу Рузалева Ахунва<sup>1</sup>

младший научный сотрудник  
aahunova@inbox.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-0211-3334>

##### Наиль Ильдарович Хаммадов<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник  
nikhammadov@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5669-1486>

##### Диана Анатольевна Сорокина<sup>1</sup>

младший научный сотрудник  
diana-sorokina2013@mail.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-5339-5175>

##### Айнур Ильнурович Ярুলлин<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник  
abii@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1717-0498>

##### Алсу Магфуровна Хафизова<sup>1</sup>

младший научный сотрудник  
alsukhafizova@yandex.ru  
<https://orcid.org/0009-0008-2380-0701>

##### Ришат Салаватович Мухаммадиев<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
tashir9891@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7812-9168>

##### Ринат Салаватович Мухаммадиев<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, научный сотрудник  
tanirtashir@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>

##### Ильсияр Габделгазизовна Каримуллина<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
89047699225@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6771-3457>

<sup>1</sup>Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Научный городок — 2, Казань, 420075, Россия

<sup>2</sup>Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, ул. Сибирский тракт, 35, Казань, 420029, Россия

12. Semenova O.V., Glotova T.I., Glotov A.G., Nefedchenko A.V. Frequency detection by RT-PCR and BVDV isolation in cell culture in Siberia. *Russian veterinary journal*. 2017; (1): 24–27 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xyqwb>

13. Spetter M.J. *et al.* Detection methods and characterization of bovine viral diarrhea virus in aborted fetuses and neonatal calves over a 22-year period. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2020; 51(4): 2077–2086. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00296-z>

14. Aguirre I.M., Fuentes R., Celedón M.O. Genotypic characterization of Chilean llama (*Lama glama*) and alpaca (*Vicugna pacos*) pestivirus isolates. *Veterinary Microbiology*. 2014; 168(2–4): 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.11.031>

15. Harasawa R., Giangaspero M., Ibata G., Paton D.J. Giraffe Strain of Pestivirus: Its Taxonomic Status Based on the 5'-Untranslated Region. *Microbiology and Immunology*. 2000; 44(11): 915–921. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2000.tb02583.x>

16. Lamothe-Reyes Y., Figueroa M., Sánchez O. Host cell factors involved in classical swine fever virus entry. *Veterinary Research*. 2023; 54: 115. <https://doi.org/10.1186/s13567-023-01238-x>

17. Choe S. *et al.* Prevalence of Bovine Viral Diarrhea Virus Infections in Pigs on Jeju Island, South Korea, from 2009–2019 and Experimental Infection of Pigs with BVDV Strains Isolated from Cattle. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(3): 146. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030146>

18. Van Rijn P.A. A common neutralizing epitope on envelope glycoprotein E2 of different pestiviruses: Implications for improvement of vaccines and diagnostics for classical swine fever (CSF)? *Veterinary Microbiology*. 2007; 125(1–2): 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.05.001>

19. Schmitz-Dräger B.J. *et al.* Molecular Markers for Bladder Cancer Screening, Early Diagnosis, and Surveillance: The WHO/ICUD Consensus. *Urologia Internationalis*. 2015; 94(1): 1–24. <https://doi.org/10.1159/000369357>

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Antonina Glebova Galeeva<sup>1,2</sup>

Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher  
antonina-95@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2650-6459>

##### Alsu Ruzaleva Akhunova<sup>1</sup>

Junior Researcher  
aahunova@inbox.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-0211-3334>

##### Nail Ildarovich Khammatov<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher  
nikhammadov@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5669-1486>

##### Diana Anatolyevna Sorokina<sup>1</sup>

Junior Researcher  
diana-sorokina2013@mail.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-5339-5175>

##### Ainur Ilnurovich Yarullin<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher  
abii@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1717-0498>

##### Alsu Magfurova Khafizova<sup>1</sup>

Junior Researcher  
alsukhafizova@yandex.ru  
<https://orcid.org/0009-0008-2380-0701>

##### Rishat Salavatovich Mukhammadiev<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher  
tashir9891@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7812-9168>

##### Rinat Salavatovich Mukhammadiev<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences, Researcher  
tanirtashir@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>

##### Ilsiyar Gabelgazizovna Karimullina<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher  
89047699225@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-6771-3457>

<sup>1</sup>Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchny gorodok — 2, Kazan, 420075, Russia

<sup>2</sup>Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, 35 Sibirsky trakt Str., Kazan, 420029, Russia

УДК 636.597.034/619

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-67-72

Л.Ю. Топурия<sup>1</sup> ✉

Г.М. Топурия<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

<sup>2</sup>Оренбургский государственный медицинский университет Минздрава России, Оренбург, Россия

✉ golaso@rambler.ru

Поступила в редакцию: 28.10.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Топурия Л.Ю., Топурия Г.М.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-67-72

Larisa Yu. Topuria<sup>1</sup> ✉

Gocha M. Topuria<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Orenburg State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Orenburg, Russia

✉ golaso@rambler.ru

Received by the editorial office: 28.10.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Topuria L.Yu., Topuria G.M.

## Переваримость питательных веществ корма и состояние обмена веществ у утят при применении «Иммунофлора»

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Для повышения продуктивного потенциала сельскохозяйственной птицы большое значение имеет совершенствование имеющихся технологий кормления и содержания. Улучшение биологической полноценности рационов возможно при использовании кормовых добавок и препаратов натурального происхождения. К ним относятся пробиотики, оказывающие на организм большой спектр положительного воздействия за счет улучшения обмена веществ, коррекции иммунного статуса и микробиоценоза желудочно-кишечного тракта.

**Методы.** Для проведения опытов из суточных утят кросса «Благоварский» были сформированы четыре группы — по 50 голов в каждой. Утятам опытных групп дополнительно скармливали «Иммунофлор»: птице I опытной группы в дозе 0,5 кг на 1 т корма, II и III группы — 0,7 кг и 1,0 кг соответственно. У трех утят из каждой подопытной группы в возрасте 45 дней оценивали переваримость питательных веществ корма, баланс азота, кальция, фосфора, а также химический состав корма и помета по зоотехническим методам анализа. В указанный период отбирали пробы крови для биохимических исследований.

**Результаты.** Включение в рацион птицы пробиотического препарата в дозах 0,5 кг, 0,7 кг и 1,0 кг на 1 т корма способствовало увеличению переваримости сырого протеина на 0,84–0,88%, сырого жира на 1,64–1,72%, сырой клетчатки на 0,12–0,17%, БЭВ на 0,46–0,77%. Утки из контрольной группы уступали сверстникам из опытной группы по использованию азота на 0,51–0,99%, кальция на 0,76–1,80%, фосфора на 1,62–2,08%, что положительно сказалось на состоянии белкового и минерального обмена веществ у птицы, которой скармливали пробиотик. Наблюдалось повышение в крови количества общего белка, кальция и фосфора.

**Ключевые слова:** утки, пробиотик, переваримость, обмен веществ, кальций, фосфор, белок, азот

**Для цитирования:** Топурия Л.Ю., Топурия Г.М. Переваримость питательных веществ корма и состояние обмена веществ у утят при применении «Иммунофлора». *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 67–72.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-67-72>

## Digestibility of feed nutrients and metabolic status in ducklings using “Immunoflor”

### ABSTRACT

**Relevance.** To improve the productive potential of poultry, it is of great importance to improve the existing feeding and keeping technologies. Improvement of the biological completeness of diets is possible with the use of feed additives and preparations of natural origin. These include probiotics, which have a wide range of positive effects on the body due to improved metabolism, correction of immune status and microbiocenosis of the gastrointestinal tract.

**Methods.** To conduct experiments from the daily ducklings of the “Blagovarsky” cross, four groups of 50 heads each were formed. The ducklings of the experimental groups were additionally fed with “Immunoflor”: poultry of the I experimental group at a dose of 0.5 kg per ton of feed, II and III groups — 0.7 kg and 1.0 kg, respectively. Three ducklings from each experimental group at the age of 45 days were evaluated for digestibility of feed nutrients, balance of nitrogen, calcium, phosphorus, as well as the chemical composition of feed and droppings according to zootechnical analysis methods. During this period, blood samples were taken for biochemical studies.

**Results.** Inclusion of a probiotic drug in the poultry diet at doses of 0.5 kg, 0.7 kg and 1.0 kg per ton of feed contributed to an increase in the digestibility of raw protein by 0.84–0.88%, raw fat by 1.64–1.72%, raw fiber by 0.12–0.17%, BEV by 0.46–0.77%. Ducks from the control group were inferior to peers from the experimental group in the use of nitrogen by 0.51–0.99%, calcium by 0.76–1.80%, phosphorus by 1.62–2.08%, which had a positive effect on the state of protein and mineral metabolism in the bird fed probiotic. There was an increase in the amount of total protein, calcium and phosphorus in the blood.

**Key words:** ducks, probiotic, digestibility, metabolism, calcium, phosphorus, protein, nitrogen

**For citation:** Topuria L.Yu., Topuria G.M. Digestibility of feed nutrients and metabolic status in ducklings using “Immunoflor”. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 67–72 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-67-72>

## Введение/Introduction

Для дальнейшего развития промышленного птицеводства следует широко внедрять научно обоснованные технологии содержания и кормления. При интенсивном производстве мяса организм сельскохозяйственной птицы подвергается отрицательному воздействию факторов биологической и техногенной природы, что является основной причиной низкой продуктивности из-за ухудшения обмена веществ и снижения естественной резистентности [1–3].

Современной тенденцией птицеводства является создание комфортных условий на всех этапах производства. Актуальное направление сегодняшней науки и практики — исследования в области кормления, что обусловлено возросшими потребностями в повышении продуктивности птицы и запретом использования антимикробных средств в качестве стимуляторов роста [4–6].

В последние годы растет интерес к кормовым добавкам и препаратам природного происхождения, которые оказывают позитивное влияние на продуктивный потенциал, качество и безопасность полученной продукции, способствуют полному использованию организмом животных и птиц питательных веществ корма, снижают заболеваемость. Биологически активными препаратами, перспективными для использования в различных отраслях животноводства, являются растительные средства, гуминовые соединения, хитозан, препараты из крови и тканей животных, пребиотики [7–12].

Продуктивные качества животных напрямую связаны с физиологическим состоянием, которое зависит от функционирования пищеварительной системы, состава симбиотной микрофлоры кишечника. Для улучшения микробного биоценоза широко применяют пробиотические препараты [13–15].

Механизм действия пробиотиков заключается с многогранным воздействием на организм [16–19]. Имеются данные об их иммуностимулирующей активности, выраженным лечебно-профилактическим действием при многих патологиях, антагонистических свойствах по отношению к условно-патогенной микрофлоре, высокой способности вырабатывать ферменты и витамины, способствующие лучшему усвоению компонентов корма [20–23].

**Цель исследования** — изучить влияние пробиотика «Иммунофлор» на переваримость питательных веществ рациона и обмен веществ у утят.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для проведения опытов из суточных утят кросса «Благоварский» были сформированы четыре группы — по 50 голов в каждой. Представители контрольной группы выращивались на стандартном рационе, сбалансированном по питательным веществам<sup>1</sup>. Содержание и основной рацион уток всех подопытных групп были идентичными. Утятам опытных групп дополнительно скармливали «Иммунофлор»: птице I опытной группы в дозе 0,5 кг на 1 т корма, II и III группы — 0,7 кг и 1,0 кг соответственно.

У трех утят из каждой подопытной группы в возрасте 45 дней оценивали переваримость питательных веществ корма<sup>2</sup>, баланс азота, кальция, фосфора, а также химический состав корма и помета по зоотехническим методам анализа<sup>3</sup>.

В указанный период отбирали пробы крови для биохимических исследований. Определяли количество общего белка, кальция и фосфора на анализаторе Stat Fax1904 (США).

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, используемых для научных целей<sup>4</sup>, и принципов обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ<sup>5</sup>.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы SPSS 22<sup>6</sup>.

«Иммунофлор» — пробиотик, в состав которого входят *Baccillus subtilis*, *Baccillus licheni formis*, *Bifidobacterium globusum*, *Enterococcus faecium*, *Saccharomyces cerevisiae* («Новые технологии», Россия).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности и поддержания сельскохозяйственной птице необходимо определенное количество питательных веществ.

Коэффициенты переваримости являются важными характеристиками по эффективности использования нутриентных компонентов корма организмом. Переваримость представляет собой способность питательных веществ рациона быть доступными для организма под воздействием пищеварительных соков и ферментов.

Под влиянием «Иммунофлора» у утят опытных групп наблюдалось повышение переваримости питательных веществ. Так, максимальное

<sup>1</sup> Мясное птицеводство / под общ. ред. В. И. Фисинина. СПб.; М.; Краснодар : Лань. 2007; 415.

<sup>2</sup> Имангулов М.А. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 2000; 34.

<sup>3</sup> Дулепинских Л.Н., Сычева Л.В. Зоотехнический анализ кормов. Пермь: Прокрость. 2022; 91.

<sup>4</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>5</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>6</sup> <https://spss.softonic.ru/>



значение коэффициента переваримости сырого протеина было установлено у птицы II опытной группы, которая получала пробиотик в дозе 0,7 кг/т корма, разница с контролем составила 0,88%. Представители I и III опытных групп превосходили сверстников из контроля по данному показателю на 0,84% и 0,86% соответственно. Переваримость сырого жира была выше у птицы опытных групп и превосходила контрольное значение на 1,64%, 1,70% и 1,72% соответственно. Коэффициент переваримости сырой клетчатки у уток из контрольной группы составил  $25,11 \pm 0,51\%$  и был ниже на 0,12%, чем в I опытной группе, на 0,17% — чем во II, на 0,14% — чем в III.

Превосходство по коэффициенту переваримости безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) было на стороне птицы, которая получала пробиотический препарат при разнице с контролем 0,46%, 0,77%, 0,62% соответственно (табл. 1).

Азотистый обмен является основным показателем состояния белкового метаболизма. Следует отметить, что баланс азота, кальция и фосфора у утят всех подопытных групп был положительным. Потребление азота у птицы контрольной и опытных групп было одинаковым. Однако максимальное значение выделенного с пометом азота было установлено у уток контрольной группы —  $2,58 \pm 0,09$  г, что на 2,0% больше, чем у представителей I опытной группы, на 2,7% и 1,6%, соответственно, чем у уток II и III группы. У последних в теле откладывалось больше азота по сравнению с контролем на 0,99%, 0,40% и 1,19%.

Использование азота утятами опытных групп увеличилось на 0,51–0,99% (табл. 2).

Минеральные вещества в организме сельскохозяйственной птицы играют важную роль в поддержании гомеостаза организма: принимают активное участие в ферментативных процессах, создают внутри клеток осмотическое давление, являются составной частью ряда гормонов и ферментов, входят в состав тканевых структур. Кальций обеспечивает формирование костной ткани, влияет на гемостаз, проницаемость клеточных мембран. В свою очередь, фосфор является важным элементом в нормальном функционировании сердечной и скелетной мускулатуры, головного мозга, поддержании в крови кислотно-щелочного равновесия.

Выделение кальция из организма уток опытных групп составило 2,51–2,54 г что было меньше, чем у представителей из группы контроля, на 2,0% в I группе, на 2,7% меньше, чем во II опытной группе, на 1,6% меньше, чем в III группе. У птицы II опытной группы удержано в теле максимальное количество кальция, что было на 4,85% ( $p < 0,05$ ) больше, чем в контроле. Утки I и III опытных групп по данному показателю превосходили контрольный уровень на 1,22% и 2,4% соответственно, что

Таблица 1. Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона, %

Table 1. Digestibility coefficients of dietary nutrients, %

Показатели	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Сырой протеин	$70,32 \pm 0,29$	$71,16 \pm 0,51$	$71,20 \pm 0,41$	$71,18 \pm 0,72$
Сырой жир	$71,48 \pm 0,68$	$73,12 \pm 1,14$	$73,18 \pm 1,27$	$73,20 \pm 1,46$
Сырая клетчатка	$25,11 \pm 0,51$	$25,23 \pm 0,39$	$25,28 \pm 0,26$	$25,25 \pm 0,34$
БЭВ	$76,08 \pm 0,77$	$76,54 \pm 0,27$	$76,85 \pm 0,42$	$76,70 \pm 0,39$

Таблица 2. Баланс азота

Table 2. Nitrogen balance

Показатели	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Принято с кормом, г	$6,85 \pm 0,21$	$6,87 \pm 0,18$	$6,83 \pm 0,16$	$6,84 \pm 0,20$
Выделено с пометом, г	$1,79 \pm 0,19$	$1,76 \pm 0,12$	$1,75 \pm 0,18$	$1,72 \pm 0,16$
Удержано в организме, г	$5,06 \pm 0,10$	$5,11 \pm 0,12$	$5,08 \pm 0,19$	$5,12 \pm 0,14$
Использовано организмом от принятого, %	$73,87 \pm 1,21$	$74,39 \pm 1,16$	$74,38 \pm 0,93$	$74,86 \pm 0,89$

Таблица 3. Баланс кальция в организме утят при использовании «Иммунофлора»

Table 3. Calcium balance in the body of ducklings when using «Immunoflor»

Показатели	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Принято с кормом, г	$4,23 \pm 0,11$	$4,20 \pm 0,16$	$4,24 \pm 0,13$	$4,23 \pm 0,19$
Выделено с пометом, г	$2,58 \pm 0,09$	$2,53 \pm 0,04$	$2,51 \pm 0,08$	$2,54 \pm 0,06$
Удержано в организме, г	$1,65 \pm 0,04$	$1,57 \pm 0,05$	$1,73 \pm 0,08^*$	$1,69 \pm 0,09$
Использовано организмом от принятого, %	$39,01 \pm 1,17$	$39,77 \pm 0,97$	$40,81 \pm 1,14$	$39,96 \pm 0,97$

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Таблица 4. Баланс фосфора в организме утят при использовании «Иммунофлора»

Table 4. Phosphorus balance in the body of ducklings when using «Immunoflor»

Показатели	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Принято с кормом, г	$3,04 \pm 0,18$	$3,08 \pm 0,12$	$3,03 \pm 0,15$	$3,09 \pm 0,17$
Выделено с пометом, г	$1,83 \pm 0,11$	$1,79 \pm 0,15$	$1,77 \pm 0,13$	$1,81 \pm 0,19$
Удержано в организме, г	$1,21 \pm 0,14$	$1,29 \pm 1,19^*$	$1,26 \pm 0,20^*$	$1,28 \pm 0,15^*$
Использовано организмом от принятого, %	$39,81 \pm 3,17$	$41,89 \pm 3,43^*$	$41,59 \pm 2,98$	$41,43 \pm 3,25$

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

положительно сказалось на использовании данного элемента.

Так, утята контрольной группы по коэффициенту использования кальция уступали уткам, которым скармливали пробиотический препарат, на 0,76%, 1,80%, и 0,95% соответственно (табл. 3).

При оценке среднесуточного баланса фосфора у птицы опытных групп установлены минимальные значения выделенного с пометом элемента (табл. 4). Разница с контролем составила 2,2%, 3,3% и 1,1%. Усвоено фосфора больше, чем у птицы из контроля, на 6,62% ( $p < 0,05$ ) в I опытной группе, на 4,14% ( $p < 0,05$ ) — во II, на 5,79% ( $p < 0,05$ ) — в III.

Показатель использования фосфора от принятого в контроле составил  $39,81 \pm 3,17\%$ , что на  $2,08\%$  ( $p < 0,05$ ) меньше, чем в I опытной группе, на  $1,62\text{--}1,75\%$  меньше, чем во II и III опытных группах.

Биохимический анализ крови показал следующие результаты.

Содержание общего белка в крови уток контрольной группы в период проведения балансовых опытов составило  $39,48 \pm 1,29$  г/л и уступало значениям представителей I опытной группы на  $8,5\%$  ( $p < 0,05$ ), II — на  $9,3\%$  ( $p < 0,05$ ), III — на  $8,7\%$  ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

**Рис. 2.** Содержание кальция в крови утят, ммоль/л

**Fig. 2.** Calcium content in duckling blood, mmol/l



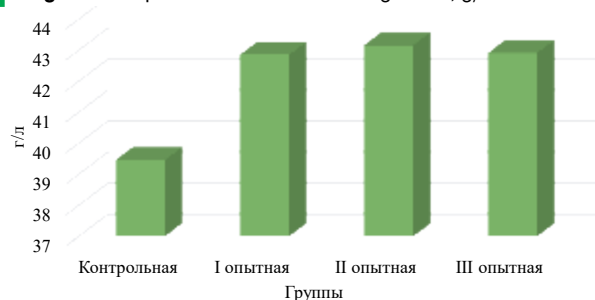
**Рис. 3.** Содержание фосфора в крови утят, ммоль/л

**Fig. 3.** Phosphorus content in duckling blood, mmol/l



**Рис. 1.** Содержание общего белка в крови утят, г/л

**Fig. 1.** Total protein content in duckling blood, g/l



Использование «Иммунофлора» в кормлении утят способствовало повышению в крови минеральных веществ. Так, количество кальция у них было выше, чем у контрольной птицы, на  $6,61\%$  ( $p < 0,05$ ),  $7,20\%$  ( $p < 0,05$ ) и  $6,20\%$  ( $p < 0,05$ ) соответственно (рис. 2).

Количественное содержание фосфора превысило показатель контрольных сверстников у птицы I опытной группы на  $9,3\%$  ( $p < 0,01$ ), II — на  $13,45\%$  ( $p < 0,01$ ), III — на  $11,12\%$  ( $p < 0,01$ ) (рис. 3).

## Выводы/Conclusions

Использование в кормлении утят пробиотического препарата «Иммунофлор» способствовало увеличению переваримости сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и БЭВ. Наблюдалось повышение отложения азота, кальция и фосфора в теле птицы.

Биохимический анализ крови показал улучшение белкового и минерального обмена веществ у уток опытных групп. Количество общего белка в крови возросло по сравнению с контролем на  $8,5\text{--}9,3\%$ , кальция — на  $6,20\text{--}7,20\%$ , фосфора — на  $9,3\text{--}13,45\%$ .

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. Бугаров В.С., Комоликова И.В., Бугаров А.В. Развитие животноводства и птицеводства России в условиях импортозамещения. Орел: Орловский государственный аграрный университет. 2024; 204. ISBN 978-5-93382-384-1 <https://elibrary.ru/hkdkbg>
2. Курская Ю.А., Еремеева Ю.Р. Современное состояние развития птицеводства в России. Проблемы и перспективы АПК и сельских территорий. Сборник материалов Международной научной конференции. Смоленск: Смоленская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 1: 269–272. <https://elibrary.ru/ebqagd>
3. Пашовкина Е.В. Комплексная система управления качеством продукции птицеводства. Формула менеджмента. 2023; (1): 30–34. <https://elibrary.ru/bsvyrc>
4. Гриценко С.А., Ребезов М.Б. Оценка прямолинейности связей между показателями онтогенеза и продуктивными качествами поголовья товарного стада птицы мясного кросса. Все о мясе. 2024; (3): 54–60. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
5. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Факториальная дисперсия показателей онтогенеза на продуктивные качества поголовья товарного стада птицы мясного кросса. Все о мясе. 2024; (4): 58–64. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>

## REFERENCES

1. Buyarov V.S., Komolikova I.V., Buyarov A.V. Development of animal husbandry and poultry farming in Russia in the context of import substitution. Ore: Ore State Agrarian University. 2024; 204 (in Russian). ISBN 978-5-93382-384-1 <https://elibrary.ru/hkdkbg>
2. Kurskaya Yu.A., Eremeeva Yu.R. Current state of poultry farming development in Russia. Problems and prospects of the agro-industrial complex and rural areas. Collection of materials from the International scientific conference. Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy. 2022; 1: 269–272 (in Russian). <https://elibrary.ru/ebqagd>
3. Pashovkina E.V. Integrated quality management system for poultry products. Formula menedzhmenta. 2023; (1): 30–34 (in Russian). <https://elibrary.ru/bsvyrc>
4. Gritsenko S.A., Rebezov M.B. Assessing the linearity of the relationships between ontogenesis indicators and the productive qualities of a commercial flock of meat cross poultry. Vse o myase. 2024; (3): 54–60 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-3-54-60>
5. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. Factorial dispersion of ontogenesis indicators on the productive qualities of a commercial herd of meat cross poultry. Vse o myase. 2024; (4): 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>

6. Попов В.С., Свazlyan Г.А., Грязнова О.А. Кормовые факторы и иммунометаболическая коррекция у животных. Курск: Курский федеральный аграрный научный центр. 2022; 190. ISBN 978-5-907407-70-1 <https://elibrary.ru/asaxbk>
7. Röhe I., Metzger F., Vahjen W., Brockmann G.A., Zentek J. Effect of feeding different levels of lignocellulose on performance, nutrient digestibility, excreta dry matter, and intestinal microbiota in slow growing broilers. *Poultry Science*. 2020; 99(10): 5018–5026. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.053>
8. Shanmugam S., Park J.H., Cho S., Kim I.H. Silymarin seed extract supplementation enhances the growth performance, meat quality, and nutrients digestibility, and reduces gas emission in broilers. *Animal Bioscience*. 2022; 35(8): 1215–1222. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0539>
9. Torki M., Mohebbifar A., Mohammadi H. Effects of supplementing hen diet with *Lavandula angustifolia* and/or *Mentha spicata* essential oils on production performance, egg quality and blood variables of laying hens. *Veterinary Medicine and Science*. 2021; 7(1): 184–193. <https://doi.org/10.1002/vms3.343>
10. Untea A.E., Panaite T.D., Dragomir C., Ropota M., Olteanu M., Varzaru I. Effect of dietary chromium supplementation on meat nutritional quality and antioxidant status from broilers fed with Camelina-meal-supplemented diets. *Animal*. 2019; 13(12): 2939–2947. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001162>
11. Cai Q. *et al.* Dietary Addition With *Clostridium butyricum* and Xylo-Oligosaccharides Improves Carcass Trait and Meat Quality of Huanjiang Mini-Pigs. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 748647. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.748647>
12. Egorov I.A., Egorova T.A., Yildirim E.A., Kalitkina K.A., Ilyina L.A., Frolov V.G. Effect of chitosan complexes on the bacterial community of cecum and productivity of broiler chickens. *BIO Web of Conferences*. 2022; 48: 03007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224803007>
13. Погосян Д.Г., Тюрденев Р.Н. Комплексная кормовая добавка для бройлерного откорма утят. *Аграрный вестник Урала*. 2021; (10): 65–74. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-65-74>
14. Хазиахметов Ф.С., Хабиров А.Ф., Ребезов М.Б. Влияние пробиотиков «Стимикс Зоостим» и «Нормосил» на обменные процессы и интенсивность роста телят. *Аграрная наука*. 2019; (4): 23–25. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-23-25>
15. Неверова О.П. и др. Влияние биотехнологической добавки на весовой рост цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2023; (11): 70–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-70-75>
16. Ребезов М.Б., Топурия Л.Ю., Фатеева О.О. Влияние пробиотиков на минеральный состав крови уток. *Перспективы развития отрасли и предприятий АПК: отечественный и международный опыт. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Омск: Омский государственный аграрный университет. 2020; 225–227. <https://elibrary.ru/nwxtrf>
17. Khaziakhmetov F. *et al.* Valuable Effect of Using Probiotics in Poultry Farming. *Annual Research & Review in Biology*. 2018; 25(1): 40070. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/40070>
18. Khabirov A. *et al.* Effect of Normosil Probiotic Supplementation on the Growth Performance and Blood Parameters of Broiler Chickens. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*. 2020; 54(4): 1046–1055. <https://doi.org/10.5530/ijper.54.4.199>
19. Sharipova A. *et al.* The Effects of a Probiotic Dietary Supplementation on the Livability and Weight Gain of Broilers. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 19(6): 37344. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/37344>
20. Kotarev V.I., Bolshakov V.N., Bryukhova I.V. Влияние кормовых добавок на микробное сообщество рубцовой жидкости телят. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2021; (1): 65–74. <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2021.1.65>
21. Требухов А.В., Деменева А.Е. Влияние пробиотика «Ветом 1.1» на физические и биохимические показатели цыплят. *Инновации и продовольственная безопасность*. 2023; (2): 49–56. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-40-2-49-56>
22. Ряднов А.А. и др. Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при введении в питьевую воду кормовой добавки. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023; (1): 353–360. <https://www.elibrary.ru/gnrcrd>
6. Popov V.S., Svaslyan G.A., Gryaznova O.A. Feed factors and immunometabolic correction in animals. Kursk: Federal Agricultural Kursk Research Center. 2022; 190 (in Russian). ISBN 978-5-907407-70-1 <https://elibrary.ru/asaxbk>
7. Röhe I., Metzger F., Vahjen W., Brockmann G.A., Zentek J. Effect of feeding different levels of lignocellulose on performance, nutrient digestibility, excreta dry matter, and intestinal microbiota in slow growing broilers. *Poultry Science*. 2020; 99(10): 5018–5026. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.053>
8. Shanmugam S., Park J.H., Cho S., Kim I.H. Silymarin seed extract supplementation enhances the growth performance, meat quality, and nutrients digestibility, and reduces gas emission in broilers. *Animal Bioscience*. 2022; 35(8): 1215–1222. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0539>
9. Torki M., Mohebbifar A., Mohammadi H. Effects of supplementing hen diet with *Lavandula angustifolia* and/or *Mentha spicata* essential oils on production performance, egg quality and blood variables of laying hens. *Veterinary Medicine and Science*. 2021; 7(1): 184–193. <https://doi.org/10.1002/vms3.343>
10. Untea A.E., Panaite T.D., Dragomir C., Ropota M., Olteanu M., Varzaru I. Effect of dietary chromium supplementation on meat nutritional quality and antioxidant status from broilers fed with Camelina-meal-supplemented diets. *Animal*. 2019; 13(12): 2939–2947. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001162>
11. Cai Q. *et al.* Dietary Addition With *Clostridium butyricum* and Xylo-Oligosaccharides Improves Carcass Trait and Meat Quality of Huanjiang Mini-Pigs. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 748647. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.748647>
12. Egorov I.A., Egorova T.A., Yildirim E.A., Kalitkina K.A., Ilyina L.A., Frolov V.G. Effect of chitosan complexes on the bacterial community of cecum and productivity of broiler chickens. *BIO Web of Conferences*. 2022; 48: 03007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224803007>
13. Pogosyan D.G., Tyurdenev R.N. Complex feed additive for broiler fattening of ducklings. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (10): 65–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-65-74>
14. Khaziakhmetov F.S., Khabirov A.F., Rebezov M.B. Influence of probiotics “Stimix Zoostim” and “Normosil” on exchange processes and intensity of growth of calves. *Agrarian science*. 2019; (4): 23–25 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-23-25>
15. Neverova O.P. *et al.* Influence of a biotechnological additive on the weight growth of broiler chickens. *Agrarian science*. 2023; (11): 70–75 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-70-75>
16. Rebezov M.B., Topuria L.Yu., Fateeva O.O. Effect of probiotics on mineral composition of duck blood. *Prospects for the development of the industry and enterprises of the agro-industrial complex: domestic and international experience. Collection of materials of the International scientific and practical conference*. Omsk: Omsk State Agrarian University. 2020; 225–227 (in Russian). <https://elibrary.ru/nwxtrf>
17. Khaziakhmetov F. *et al.* Valuable Effect of Using Probiotics in Poultry Farming. *Annual Research & Review in Biology*. 2018; 25(1): 40070. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/40070>
18. Khabirov A. *et al.* Effect of Normosil Probiotic Supplementation on the Growth Performance and Blood Parameters of Broiler Chickens. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*. 2020; 54(4): 1046–1055. <https://doi.org/10.5530/ijper.54.4.199>
19. Sharipova A. *et al.* The Effects of a Probiotic Dietary Supplementation on the Livability and Weight Gain of Broilers. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 19(6): 37344. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/37344>
20. Kotarev V.I., Bolshakov V.N., Bryukhova I.V. The effect of fodder additives on the microbial community of ruminal fluid in calves. *Bulletin of Veterinary pharmacology*. 2021; (1): 65–74 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2021.1.65>
21. Trebukhov A.V., Demeneva A.E. Effect of probiotic “Vetom 1.1” on physical and biochemical indicators of chickens. *Innovations and Food Safety*. 2023; (2): 49–56 (in Russian). <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-40-2-49-56>
22. Ryadnov A.A. *et al.* Morphological and biochemical indicators of the blood of broiler chickens when introducing a feed additive into drinking water. *Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2023; (1): 353–360 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gnrcrd>



23. Топурия Л.Ю., Топурия Г.М., Григорьева Е.В., Порваткин И.В., Ребезов М.Б. Применение пробиотиков в ветеринарной медицине и животноводстве. Оренбург: *Оренбургский государственный аграрный университет*. 2016; 189. ISBN 978-5-88838-954-6  
<https://elibrary.ru/vufwuv>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Лариса Юрьевна Топурия<sup>1</sup>

доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и фармакологии  
golaso@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7881-2602>

##### Гоча Мирианович Топурия<sup>2</sup>

доктор биологических наук, профессор кафедры нормальной физиологии  
golaso@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9485-5282>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, ул. Челюскинцев, 18, Оренбург, 460014, Россия

<sup>2</sup>Оренбургский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Советская, 6, Оренбург, 460014, Россия

23. Topuria L.Yu., Topuria G.M., Grigorieva E.V., Porvatkin I.V., Rebezov M.B. Use of probiotics in veterinary medicine and animal husbandry. Orenburg: *Orenburg State Agrarian University*. 2016; 189 (in Russian). ISBN 978-5-88838-954-6  
<https://elibrary.ru/vufwuv>

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Larisa Yurievna Topuria<sup>1</sup>

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Pharmacology  
golaso@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7881-2602>

##### Gocha Mirianovich Topuria

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Normal Physiology  
golaso@rambler.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9485-5282>

<sup>1</sup> Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Str., Orenburg, 460014, Russia

<sup>2</sup> Orenburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 6 Sovetskaya Str., Orenburg, 460014, Russia

# МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И САММИТ



**МЯСНАЯ & КУРИНЫЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ & КОРОЛЬ  
ИНДУСТРИЯ ХОЛОДА для АПК  
MAP Russia 2025**

## 27–29 МАЯ

### Москва, Россия



реклама



**Асти Групп**  
выставочная компания

**Организатор:**  
ООО «Выставочная компания Асти Групп»  
Тел. / WA Business: +7 (495) 797 6914  
E-mail: [info@meatindustry.ru](mailto:info@meatindustry.ru)  
[www.meatindustry.ru](http://www.meatindustry.ru)



УДК 636.2.033

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79

И.В. Миронова<sup>1, 2</sup>О.А. Завьялов<sup>2</sup>А.Н. Фролов<sup>2</sup>А.А. Слинкин<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup>Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия<sup>2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉ s-artemk@yandex.ru

Поступила в редакцию: 25.09.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Миронова И.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н., Слинкин А.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79

Irina V. Mironova<sup>1</sup>Oleg A. Zavyalov<sup>2</sup>Alexey N. Frolov<sup>2</sup>Artem A. Slinkin<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia<sup>2</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, Orenburg, Russia

✉ s-artemk@yandex.ru

Received by the editorial office: 25.09.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Mironova I.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Slinkin A.A.

# Исследование влияния гормонального статуса на продуктивные качества бычков герефордской породы КРС

## РЕЗЮМЕ

Повышение продуктивных качеств мясного скота является важным направлением развития животноводства в Российской Федерации. Гормональный статус сельскохозяйственных животных играет немаловажную роль в развитии их продуктивных и воспроизводительных качеств.

В настоящем исследовании приведены данные о продуктивных качествах бычков герефордской породы КРС в зависимости от их гормонального статуса. Для оценки гормонального статуса животных можно использовать их волосы. Содержание эстрадиола в волосах позволило разделить животных на группы, различные по концентрации данного гормона, и дать оценку продуктивным качествам бычков в разрезе такого деления. Каждая группа животных находилась под пристальным наблюдением. Контролировались живая масса и ее среднесуточный прирост. Установлено, что скорость роста живой массы бычков была выше у групп с высокими референтными значениями содержания гормона в волосах. После убоя были определены морфологический и химический состав туш подопытных животных. На основании многофакторного анализа определена информативность выщипа шерсти в качестве биосубстрата для оценки гормонального статуса мясных бычков.

**Ключевые слова:** гормональный статус, бычки герефордской породы, эстрадиол, продуктивные качества

**Для цитирования:** Миронова И.В., Завьялов О.А., Фролов А.Н., Слинкин А.А. Исследование влияния гормонального статуса на продуктивные качества бычков герефордской породы КРС. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 73–79.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79>

# Research of influence of hormonal status on productive qualities of bulls of Hereford cattle breed

## ABSTRACT

Improvement of productive qualities of beef cattle is an important direction of livestock breeding development in the Russian Federation. The hormonal status of farm animals plays an important role in the development of their productive and reproductive qualities.

The present study provides data on productive qualities of Hereford cattle steers depending on their hormonal status. To assess the hormonal status of animals, their hair can be used. The content of estradiol in hair allowed to divide animals into groups, different in concentration of this hormone and to give an estimation of productive qualities of bulls in the context of such division. Each group of animals was closely monitored. Live weight and its average daily gain were controlled. It was found that the growth rate of live weight of steers was higher in groups with high reference values of hormone content in hair. After slaughtering the morphological and chemical composition of carcasses of experimental animals was determined. On the basis of multivariate analysis the informativeness of hair as a biosubstrate for estimation of hormonal status of beef steers was determined.

**Key words:** hormonal status, Gerefod bulls, estradiol, productive qualities

**For citation:** Mironova I.V., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Slinkin A.A. Research of influence of hormonal status on productive qualities of bulls of Hereford cattle breed. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 73–79 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-73-79>

## Введение/Introduction

Дисбаланс гормонов представляет собой значительную проблему для животных в сельском хозяйстве, негативно влияя на их продуктивность и воспроизводительные способности. Одним из полезных биомаркеров для оценки гормонального состояния животных являются волосы [1].

Практика оценки гормонального статуса крупного рогатого скота по содержанию гормонов в волосе пока не получила широкого распространения в животноводстве. Анализ литературных данных показал, что практически весь материал, опубликованный в научных статьях как отечественных, так и зарубежных авторов, ограничивается отдельными исследованиями по оценке концентрации единственного гормона — кортизола — во взаимосвязи с уровнем стресса и физиологическими параметрами организма коров молочного направления продуктивности [2].

Результаты данной оценки показали связь уровня кортизола, оцененного по его концентрации в волосах со среднесуточным удоем, сроком стельности, уровнем соматических клеток в молоке, количеством отелов, уровнем кровности и технологией содержания [3].

В современной научной литературе ощущается значительный пробел в исследованиях, посвященных долгосрочному влиянию гормонального статуса животных на продуктивность и качество получаемого мяса. Данных о связи между гормональным статусом, определяемым по анализу волос, и показателями мясной продуктивности у бычков крайне мало. Имеются исследования, посвященные влиянию концентрации эстрадиола и вителлогенина в сыворотке крови кур на их яичную продуктивность [4].

Учитывая важность эндокринной системы в процессе реализации продуктивных качеств мясного скота, данное направление исследований представляет определенный интерес для дальнейшего изучения.

В отличие от анализа крови, исследование волос обладает рядом преимуществ: сбор образцов отличается простотой и не причиняет животным боли; образцы не требуют специализированного оборудования для хранения и транспортировки и могут сохраняться практически без ограничений во времени, сохраняя при этом свою информативность.

Эстрадиол — это мощный стероидный гормон, играющий важную роль в репродуктивной системе животных. Синтезируется в различных органах, включая яичники, плаценту во время беременности у женских особей, а также кору надпочечников, периферические ткани и даже семенники у быков-производителей. Он способствует увеличению выработки гормона роста [5].

Ростостимулирующие гормоны, к которым относится эстрадиол, являются ключевым звеном в производстве говядины в ряде стран. Например, в США к применению в мясном скотоводстве разрешены 6 гормонов: эстрадиол, тестостерон, прогестерон, тренболон ацетат, меленгестрол ацетат и зеранол. В РФ используют прогестерон, мегастерол ацетат, гравегормон, простагландин [6] при строгом технологическом контроле за их применением.

Таким образом, известно, что изучение роли эстрадиола в мясном скотоводстве играет важную роль, так как это может повлиять на мясную продуктивность скота и качество получаемого мясного сырья.

Научная новизна исследования заключается в создании новых подходов к повышению мясной продуктивности и качества мяса крупного рогатого скота. Это достигается через разработку и введение неинвазивной методики для оценки и мониторинга гормонального статуса [1, 7], основанной на анализе содержания гормонов в волосах животного.

*Цель работы* — исследование продуктивных показателей бычков герефордской породы в зависимости от содержания эстрадиола в образцах из волос.

Для достижения цели были поставлены задачи: отобрать пробы волосяного покрова в верхней части холки животных-аналогов по возрасту, кормлению и содержанию, определить концентрацию гормонов в образцах волос, сформировать группы в зависимости от содержания эстрадиола процентильным методом, провести оценку роста и развития, а также качества туш подопытных бычков.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнялись в 2024 году на базе ООО «Оренбив» (Оренбургская обл.). В них приводятся данные по оценке гормонального статуса бычков герефордской породы в возрасте 18 месяцев. У животных ( $n = 60$ ) были отобраны образцы волос с холки. В образцах волос определяли содержание эстрадиола.

Протокол исследования утвержден локальной этической комиссией Оренбургского государственного университета (г. Оренбург, Россия) (протокол от 17 мая 2024 г. № 832).

Все исследования на животных проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в п. 12 Хельсинкской декларации 1964 года и последующими поправками к ней<sup>1</sup>. Условия содержания и кормления трех групп животных были идентичными<sup>2</sup>.

Отбор проб образцов волос осуществлялся путем двукратного (с периодичностью 90 суток) выбривания участка верхней части холки размером

<sup>1</sup> Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации. Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта. Принята на 18-й Генеральной ассамблее ВМА. Хельсинки, Финляндия, июнь 1964 г. <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>

<sup>2</sup> Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Первов Н.Г. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М.: Знание. 2003; 456. ISBN: 5-94587-093-5



10 + 10 см. Для исследований отбирался вновь отросший волос, который соответствовал периоду отрастания 15–18 месяцев [1]. Очистка волос проведена по следующей схеме: замачивание в дистиллированной воде (3 ч. при  $t = 40\text{--}60^\circ\text{C}$ ); промывка 40%-ным раствором этилового спирта и бидистиллированной водой; обработка ультразвуком (частота 35 кГц, мощность 300 (450) Вт, амплитуда колебаний 10 мм) по два часа в каждой среде.

Измельчение волос проводилось на вибрационной мельнице IMC vMILL05 (My Ant, Китай) с размольной гарнитурой из нержавеющей стали. Медианное значение размера получившегося порошка из волос (d50) было равно 20 мкм.

В зависимости от содержания данного гормона процентильным методом бычки были разделены на три группы:

- ✓ I группа — до 25-го процентиля ( $n = 15$ );
- ✓ II группа — от 25-го до 75-го процентиля ( $n = 25$ );
- ✓ III группа — выше 75-го процентиля ( $n = 15$ ).

Выбор данных интервалов обусловлен литературными данными [2].

Определение концентрации гормонов в образцах волос проводили с помощью иммуноферментного анализа на микропланшетном анализаторе Infinite F200 PRO (Tecan, Австрия), используя набор для анализа эстрадиола (ООО «Ольвекс диагностика», Россия).

Экстрагирование гормонов из волос проводили по методике, ранее разработанной для людей и обезьян<sup>3</sup>, с использованием ротационного испарителя Constructional Vapor (КНР) и реагентов — изопропанола и метанола (класс ВЭЖХ).

Для оценки качества туш подопытных бычков проводили их убой в возрасте 18 месяцев по методике State Standard R 34120-2017 Cattle for slaughter. Beef and veal in carcasses, half carcasses, and quarters<sup>4</sup>.

Массовую долю влаги в мякоти туш определяли по ГОСТ 33319-2015<sup>5</sup> (г. Москва, 2018 г.), содержание триптофана — по ГОСТ Р 70149-2022<sup>6</sup>, оксипролина — по ГОСТ 23041-2015<sup>7</sup>, pH — по ГОСТ Р 51478-99<sup>8</sup>.

Среднюю пробу мяса-фарша (400 г), пробу (200 г) длиннейшей мышцы спины на уровне 9–11-го ребра брали из левой полутуши. Определение жира проводилось по ГОСТ 23042<sup>9</sup>, белка — по ГОСТ 25011<sup>10</sup>, золу — по ГОСТ 31727<sup>11</sup>. Энергетическую ценность (без учета гликогена) 1 кг мякоти и длиннейшей мышцы спины определяли по формуле В.А. Александрова (1951 г.), где количество

белка умножали на 4,1, жир — на 9,3, с последующим переводом в мегаджоули, умножая на 0,004187.

Показатель пищевой ценности рассчитывался как отношение массы мякоти к массе костей + масса хрящей и сухожилий. Определение качественных характеристик длиннейшей мышцы спины проводилось в ЦКП БСТ РАН<sup>12</sup>. При этом было задействовано следующее оборудование: весы лабораторные CE224-C («Сартогосм», Россия), весы электронные Pioneer PA413 (Ohaus Corporation, США), спектрометр атомно-абсорбционный «Квант-2АТ» (промышленная группа «Лаборант», Россия), хроматограф газовый «Кристалл 2000М» («Хроматэк», Россия), мясорубка «Аксион М 34.01» («Аксион», Россия), экстрактор «Сокслета» (ООО «ЭкогеосПром», Россия), весы для взвешивания животных ВТП-П-4-1 (Россия).

Оценка достоверности различий проведена с использованием Т-критерия Стьюдента. Уровень значимости ( $p$ ) принимался меньшим или равным 0,05. В таблицах приведены средние значения показателей и ошибки средних арифметических. Для обработки данных использовали пакет прикладных программ Statistica 10.0 (США).

Описанные методы исследования были реализованы с использованием приборной базы Центра коллективного пользования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Содержание эстрадиола в образцах волос бычков герефордской породы трех групп представлено в таблице 1.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что диапазон концентраций эстрадиола в волосе бычков 18 месяцев I группы находился в пределах от 3,3 до 4,0 нг/г, II — от 4,1 до 7,0 нг/г, III группы — от 7,1 до 8,3 нг/г.

На рисунке 1 представлены различия по концентрации эстрадиола в волосах животных исследуемых групп.

**Таблица 1. Фактическая концентрация эстрадиола по группам бычков, нг/г**

**Table 1. Actual estradiol concentration by bull group, ng/g**

Показатель	Группа		
	I	II	III
Концентрация эстрадиола в волосе, нг/г	3,65 ± 0,28 (интервал 3,3–4,0)	5,66 ± 0,93 (интервал 4,1–7,0)	7,85 ± 0,33 (интервал 7,1–8,3)

<sup>3</sup> Meyer J., Novak M., Hamel A., Rosenberg K. Extraction and analysis of cortisol from human and monkey hair. J Vis Exp. 2014; (83): e50882. DOI: 10.3791/50882. PMID: 24513702, PMCID: PMC4089402

<sup>4</sup> State Standard Cattle for Slaughter. Beef and Veal in Carcasses, Half Carcasses, and Quarters. Standartinform. 2018.

<sup>5</sup> ГОСТ 33319-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги.

<sup>6</sup> ГОСТ Р 70149-2022 Мясо и мясные продукты. Определение массовой доли триптофана спектрофотометрическим методом.

<sup>7</sup> ГОСТ 23041-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения оксипролина.

<sup>8</sup> ГОСТ Р 51478-99 Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH).

<sup>9</sup> ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.

<sup>10</sup> ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.

<sup>11</sup> ГОСТ 31727-2012 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы.

<sup>12</sup> <http://цкп-бст.рф>

По данным (рис. 1) видно, что разница в диапазонах концентраций составляет порядка 1,00–1,3 нг/г.

Данные о живой массе и среднесуточному приросту подопытных бычков в зависимости от концентрации эстрадиола в волосе представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2, наибольший прирост живой массы, а также среднесуточный прирост были у животных III группы с наибольшими интервалами концентрации гормона в волосах. Живая масса новорожденных бычков в группах-аналогов была одинаковой, однако по мере взросления и набора массы различия между группами стали очевидными. Так, в возрасте 8 месяцев разница между живой массой животных III и I групп составила 9,9 кг, или 4,51%, а между животными II и I групп — 6,2 кг, или 2,82%. В возрасте 18 месяцев эта разница составляла уже 449 кг и 24,6 кг, или 9,33% и 5,11% соответственно.

Среднесуточный прирост за весь период (18 месяцев) был на 83 кг, или на 9,86%, выше у животных III группы по сравнению с I, на 45 кг, или 5,35%, по сравнению со II. Максимальный прирост живой массы бычки показали в последние 3 месяца перед убоем. Разница между I и II группой составила 205 кг, или 30,78%.

Среднее значение живой массы за весь период эксперимента у животных II группы было на 9,56 кг, или на 3,4%, выше, чем у животных I группы, у аналогов III группы — на 19,06 кг, или на 6,43%, выше, чем у животных II группы, на 9,50 кг, или на 3,1%, соответственно. В возрасте 1–15 месяцев бычки III группы с концентрацией эстрадиола в волосах от 7,1 до 8,3 нг/г показывали среднесуточный прирост 1087 г/сут.

Таким образом, определена концентрация гормонов в волосе бычков, характеризующихся высокой интенсивностью весового роста в период доразвивания и откорма.

Абсолютная и относительная скорость роста подопытных животных представлены в таблице 3.

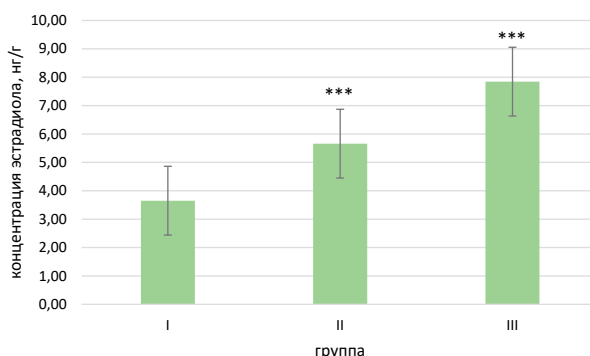
Абсолютный прирост живой массы у животных I группы составил 181,56 кг, у животных II группы — 191,4 кг, у III — 199,56 кг. Разница между значениями II и I группы составляла 5,42%, между III и II — 4,26%, между III и I — 9,91%. Относительный прирост живой массы был выше на 1,5% и на 0,80% у животных III и II групп по сравнению с I. Интерпретация данных, представленных в таблице 3, свидетельствует о возрастании как абсолютной, так и относительной скорости роста живой массы бычков групп с высокими значениями содержания эстрадиола в волосах.

Был проведен контрольный убой бычков в возрасте 18 месяцев. Данные результатов убоя приведены в таблице 4.

Живая масса перед убоем у животных III группы составила  $516,01 \pm 5,91$  кг, что на 46,90 кг больше, чем у животных I группы, и на 21,98 кг больше, чем у животных II группы. Разница в убойной массе составила 34,42 кг и 16,69 кг соответственно.

**Рис. 1.** Концентрация эстрадиола в волосах животных исследуемых групп

**Fig. 1.** Estradiol concentration in the hair of animals of the studied groups



**Таблица 2.** Живая масса и среднесуточный прирост подопытных бычков в зависимости от концентрации эстрадиола в волосе

**Table 2.** Live weight and average daily gain of experimental steers depending on estradiol concentration in hair

Возраст, мес.	Группа		
	I	II	III
<b>Живая масса, кг</b>			
Новорожденные	27,30 ± 0,42	27,30 ± 0,58	27,20 ± 0,38
8	219,30 ± 2,08	225,50 ± 2,75	229,20 ± 3,08**
12	334,60 ± 3,18	343,10 ± 4,08	349,00 ± 4,78'
15	420,60 ± 4,78	429,10 ± 5,96	446,80 ± 6,24**
18	481,20 ± 5,84	505,80 ± 6,72**	526,10 ± 6,76***
<b>Среднесуточный прирост, г</b>			
0–8	803,00 ± 17,26	829,00 ± 17,85	845,00 ± 18,44
8–12	961,00 ± 15,08	980,00 ± 17,48	998,00 ± 19,14
12–15	956,00 ± 18,62	956,00 ± 21,62	1087,00 ± 23,26***
15–18	666,00 ± 16,54	843,00 ± 17,76***	871,00 ± 18,27***
0–18	841,00 ± 17,24	886,00 ± 18,72	924,00 ± 20,03**

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

**Таблица 3.** Абсолютная и относительная скорость роста подопытных бычков в зависимости от уровня эстрадиола в волосе, кг

**Table 3.** Absolute and relative growth rate of experimental steers depending on the level of estradiol in hair, kg

Возрастной период, мес.	Группа		
	I	II	III
<b>Абсолютный прирост живой массы, кг</b>			
0–8	192,00 ± 2,48	198,20 ± 3,13	202,00 ± 3,46'
8–12	115,30 ± 2,98	117,60 ± 4,02	119,80 ± 4,52
12–15	86,00 ± 3,14	86,00 ± 4,07	97,80 ± 4,16'
15–18	60,60 ± 2,61	76,70 ± 2,54***	79,30 ± 3,28***
0–18	453,90 ± 5,08	478,50 ± 5,74**	498,90 ± 6,46***
<b>Относительный прирост, %</b>			
0–8	155,70 ± 0,82	156,80 ± 0,94	157,60 ± 1,00
8–12	41,60 ± 0,68	41,40 ± 0,90	41,40 ± 0,86
12–15	22,80 ± 0,82	22,30 ± 1,18	24,60 ± 1,24
15–18	13,40 ± 0,48	16,40 ± 0,60***	16,30 ± 0,52***
0–18	178,50 ± 0,44	179,50 ± 0,52	180,30 ± 0,56'

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

Показатели выхода туши, массы внутреннего жира-сырца, а также выхода жира-сырца были примерно одинаковыми у животных трех групп, однако заметна тенденция возрастания обозначенных показателей по мере повышения концентрации эстрадиола. Как правило, убойный выход специализированных мясных пород крупного рогатого скота достигает 60–70%. Полученные данные соответствуют указанным значениям. Убойный выход у животных III группы был на 2,07% выше, чем у животных I группы, и на 1,09% выше, чем у сверстников II группы.

Был определен морфологический состав туш подопытных животных. Данные представлены в таблице 5.

По морфологическому составу туш молодняка крупного рогатого скота можно судить о мясности туш (съедобных и несъедобных частях) [8, 9]. Анализируя данные таблицы 5, отметим, что ряд показателей морфологического состава туш имел очень близкие значения (например, % мышечной ткани от массы мякоти или выход костей). Однако масса охлажденной туши и масса мякоти увеличились у животных II и III групп по сравнению со сверстниками I группы. Масса мякоти животных III группы была выше на 11,90 кг, или на 5,32%, чем у животных II группы, на 24,51 кг (11,62%), чем у животных I группы, соответственно. Выход мякоти был примерно на одном уровне у животных трех групп.

По количеству мышечной ткани животные с высокими значениями эстрадиола превосходили животных с более низкими показателями содержания данного гормона. Разница между III и I группами — 9,74%.

Показатели химического состава мякоти туш приведены в таблице 6.

Отметим, что энергетическая ценность связана с содержанием жира в мякоти туш животных. Показатель жира, в том числе синтезированного в мякоти, был выше в тушах животных II и III групп на 12,49%, на 28,39%, чем у животных I группы. Показатели сухого вещества, протеина и золы находились на одном уровне.

Энергетическая ценность мякоти туши животных II группы была выше на 132,80 МДж, чем у животных I группы, у животных III группы — на 300,20 МДж, или на 8,72% и 19,71% соответственно.

Проведен анализ проб длиннейшей мышцы спины исследуемых бычков.

**Таблица 4. Результаты контрольного убоя подопытных бычков герефордской породы**

**Table 4. Results of control slaughter of experimental bulls of the Hereford breed**

Показатель	Группа		
	I	II	III
Предубойная живая масса, кг	469,11 ± 5,62	494,03 ± 5,94**	516,01 ± 5,91***
Масса туши, кг	267,58 ± 3,48	283,87 ± 3,24**	299,13 ± 3,38***
Выход туши, %	57,04 ± 0,41	57,46 ± 0,37	57,97 ± 0,40
Масса внутреннего жира-сырца, кг	12,48 ± 0,24	13,92 ± 0,25***	15,35 ± 0,255***
Выход внутреннего жира-сырца, %	2,66 ± 0,16	2,82 ± 0,16	2,97 ± 0,15
Убойная масса, кг	280,06 ± 3,04	297,79 ± 3,12***	314,48 ± 2,96***
Убойный выход, %	59,70 ± 0,40	60,28 ± 0,28	60,94 ± 0,34*

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

**Таблица 5. Морфологический состав туш подопытных бычков**

**Table 5. Morphological composition of carcasses of experimental steers**

Показатель	Группа		
	I	II	III
Масса охлажденной туши, кг	263,61 ± 3,52	279,97 ± 3,26***	295,28 ± 3,24***
Масса мякоти, кг	210,89 ± 2,54	223,50 ± 2,69***	235,40 ± 2,51***
Выход мякоти, %	80,00 ± 0,31	79,83 ± 0,29	79,72 ± 0,28
Мышечная ткань, кг	189,50 ± 1,74	199,45 ± 1,92***	207,95 ± 1,92
Мышечная ткань, % от массы мякоти	89,86 ± 0,36	89,24 ± 0,35	88,34 ± 0,34
Масса костей, кг	43,55 ± 0,36	46,84 ± 0,38***	49,84 ± 0,34***
Выход костей, %	16,52 ± 0,21	16,73 ± 0,24	16,88 ± 0,18
Масса сухожилий и связок, кг	9,17 ± 0,15	9,63 ± 0,19	10,04 ± 0,16***
Выход сухожилий и связок, %	3,48 ± 0,21	3,44 ± 0,23	3,40 ± 0,23
Индекс мясности	4,84 ± 0,15	4,77 ± 0,16	4,72 ± 0,15***
Показатель пищевой ценности	4,00 ± 0,13	3,96 ± 0,12	3,93 ± 0,14**

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

**Таблица 6. Химический состав и энергетическая ценность мякоти туш (по фаршу) подопытных животных**

**Table 6. Chemical composition and energy value of carcass flesh (minced meat) of experimental animals**

Показатель	Группа		
	I	II	III
Сухое вещество, %	30,24 ± 0,58	30,53 ± 0,61	31,38 ± 0,60
Протеин, %	19,08 ± 0,31	18,76 ± 0,34	18,68 ± 0,33
Жир, %	10,14 ± 0,13	10,76 ± 0,17**	11,66 ± 0,14***
Зола, %	1,02 ± 0,06	1,01 ± 0,06	1,04 ± 0,09
Синтезировано в мякоти, кг:			
протеина	40,24 ± 1,38	41,93 ± 1,26	43,97 ± 1,29
жира	21,38 ± 0,60	24,05 ± 0,56**	27,45 ± 0,59***
Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж	7,22 ± 0,15	7,41 ± 0,16	7,75 ± 0,15
Энергетическая ценность мякоти туши, МДж	1523,30 ± 15,32	1656,10 ± 15,88***	1823,50 ± 15,44***

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .



Определен уровень содержания аминокислот триптофана и оксипролина. Данные о содержании вышеуказанных аминокислот, а также протеина, сухого вещества, жира, минеральных веществ (зола) и влагоемкости туш, приведены в таблице 7.

Показатели сухого вещества, жира, протеина, золы находились на одном уровне у животных трех групп. Значения pH и влагоемкости туш были схожими. По содержанию триптофана (мг/%) мышцы бычков I группы превосходили аналогичный показатель на 2,91% и на 5,38% в мышцах спины бычков, соответственно, II и III групп.

### Выводы/Conclusions

В ходе исследования были выполнены поставленные задачи: отобраны пробы волосяного покрова у животных-аналогов по возрасту, кормлению и содержанию, определены концентрации гормонов в образцах волос, на основании содержания гормонов сформированы группы животных, проведена оценка их продуктивных (мясных) качеств.

Впервые оценена информативность волос как биоматериала для анализа гормонального статуса мясных бычков. Расчет коэффициентов корреляции показал, что концентрация эстрадиола в волосе положительно взаимосвязана с величиной среднесуточных приростов ( $r = 0,81$ ), предубойной ( $r = 0,69$ ) и убойной массой ( $r = 0,71$ ), массой мякоти ( $r = 0,65$ ) и костей ( $r = 0,77$ ), а также с содержанием жира в тушах ( $r = 0,63$ ) и мякоти ( $r = 0,74$ ), при этом отрицательные корреляции

Таблица 7. Химический состав и биологическая ценность длиннейшей мышцы спины бычков

Table 7. Chemical composition and biological value of long back muscle of steers

Показатель	Группа		
	I	II	III
Сухое вещество, %	24,09 ± 0,20	23,76 ± 0,24	23,80 ± 0,21
Протеин, %	21,66 ± 0,17	21,19 ± 0,20	20,84 ± 0,18**
Жир, %	1,42 ± 0,09	1,56 ± 0,09	1,96 ± 0,10***
Зола, %	1,01 ± 0,05	1,01 ± 0,06	1,00 ± 0,06
Энергетическая ценность 1 кг, МДж	4,27 ± 0,11	4,24 ± 0,10	4,34 ± 0,122
Триптофан, мг/%	392,54 ± 8,32	381,44 ± 7,82	372,96 ± 8,04
Оксипролин, мг/%	54,70 ± 0,54	55,02 ± 0,56	54,82 ± 0,48
pH	5,64 ± 0,101	5,66 ± 0,10	5,72 ± 0,10
Влагоемкость, %	56,06 ± 0,54	55,86 ± 0,51	55,54 ± 0,58

Примечание: \* при  $p \leq 0,05$ , \*\* при  $p \leq 0,01$ , \*\*\* при  $p \leq 0,001$ .

отмечались по отношению к уровню протеина в длиннейшей мышце спины ( $r = 0,75$ ).

Повышенная концентрация гормона связана с увеличением массы охлажденной туши и массы мякоти после убоя животных. В перспективе — установление референтных интервалов концентраций гормонов в волосе КРС, которые будут характеризоваться высокой интенсивностью весового роста.

На основании исследований будут разработаны кормовые добавки, включающие комплекс микроэлементов в сочетании с фитобиотическими препаратами, а также рекомендации по коррекции уровня гормонов для повышения продуктивности и качества мяса, получаемого от мясного скота.

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 24-16-00093. <https://rscf.ru/project/24-16-00093/>

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Miroshnikov S. *et al.* Method of Sampling Beef Cattle Hair for Assessment of Elemental Profile. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015; 14(9): 632–636. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>
2. Baier F., Grandin T., Engle T., Edwards-Callaway L. Evaluation of Hair Characteristics and Animal Age on the Impact of Hair Cortisol Concentration in Feedlot Steers. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6: 323. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00323>
3. Ghassemi Nejad J., Lee B.-H., Kim J.-Y., Chemere B., Sung K.-I., Lee H.-G. Effect of alpine grazing on plasma and hair cortisol, serotonin, and DHEA in dairy cows and its welfare impact. *Domestic Animal Endocrinology*. 2021; 75: 106581. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106581>
4. Перинек О.Ю., Ширяев Г.В. Влияние концентрации эстрадиола и вителлогена в сыворотке крови кур мясо-яичной породы на яичную продуктивность. *Генетика и разведение животных*. 2021; (4): 114–120. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-114-120>
5. Советкин С.В., Юдин С.М. Биологически активные препараты для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. *Ветеринария*. 2011; (1): 57–58. <https://elibrary.ru/ncxeen>
6. Чернышева В.В., Чернышева И.В. Опасные загрязнители в сырье для производства сырокопченых колбас. *Наука и образование: современные тренды*. 2014; (5): 252–264. <https://elibrary.ru/udrnc1>

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

### FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation under Project No. 24-16-00093. <https://rscf.ru/project/24-16-00093/>

### REFERENCES

1. Miroshnikov S. *et al.* Method of Sampling Beef Cattle Hair for Assessment of Elemental Profile. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015; 14(9): 632–636. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>
2. Baier F., Grandin T., Engle T., Edwards-Callaway L. Evaluation of Hair Characteristics and Animal Age on the Impact of Hair Cortisol Concentration in Feedlot Steers. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6: 323. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00323>
3. Ghassemi Nejad J., Lee B.-H., Kim J.-Y., Chemere B., Sung K.-I., Lee H.-G. Effect of alpine grazing on plasma and hair cortisol, serotonin, and DHEA in dairy cows and its welfare impact. *Domestic Animal Endocrinology*. 2021; 75: 106581. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106581>
4. Perinek O., Shiryayev G. Effect of the concentration of estradiol and vitellogenin in the blood serum of meat and egg breed chickens on egg productivity. *Genetics and breeding of animals*. 2021; (4): 114–120 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-4-114-120>
5. Sovetkin S.V., Yudin S.M. Biologically active preparations for animal productivity increase. *Veterinary medicine*. 2011; (1): 57–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/ncxeen>
6. Chernysheva V.V., Chernysheva I.V. Hazardous contaminants in raw materials for the production of raw smoked sausages. *Nauka i obrazovaniye: sovremennyye trendy*. 2014; (5): 252–264 (in Russian). <https://elibrary.ru/udrnc1>

7. Hwang K.-Y., Schwartz B.S., Lee B.-K., Strickland P.T., Todd A.C., Bressler J.P. Associations of Lead Exposure and Dose Measures with Erythrocyte Protein Kinase C Activity in 212 Current Korean Lead Workers. *Toxicological Sciences*. 2001; 62(2): 280–288. <https://doi.org/10.1093/toxsci/62.2.280>
8. Отаров А.И., Улибашев М.Б. Морфологический состав полутуш и отрубов бычков разного происхождения. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2023; (4): 51–59. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-222-4-51-59>
9. Седых Т.А. Возрастные изменения отдельных естественно-анатомических частей туш бычков герефордской породы. *Успехи современного естествознания*. 2015; (9–2): 336–338. <https://elibrary.ru/vbsaat>
10. Miroshnikov S. et al. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos taurus*). *Biological Trace Element Research*. 2017; 180(1): 56–62. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
11. Басонов О.А., Гиноян Р.В., Миткина С.Ю. Особенности роста и развития бычков герефордской породы разного генотипа. *Аграрный научный журнал*. 2024; (7): 65–70. <https://elibrary.ru/qodyvo>
12. Осадчук Л.В. и др. Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2017; (2): 52–61. <https://elibrary.ru/yuaayl>
13. Толочка В.В., Гармаев Б.Д., Гармаев Д.Ц., Косилов В.И., Никонова Е.А., Рахимжанова И.А. Влияние породной принадлежности бычков на сортовой состав мясной продукции. *Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2023; (2): 94–100. [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2023\\_2\\_12](https://doi.org/10.52754/16948696_2023_2_12)
14. Абилова И.М., Бактыгалиева А.Т., Насыров С.Н., Дускулов В.М. Химический состав мяса и сырых жиров молодняка лучших представителей казахской белоголовой породы. *Наука и образование*. 2023; (1–1): 115–121 (на англ. яз.). <https://elibrary.ru/qbjnhq>
15. Zhao X.-J., Wang X.-Y., Wang J.-H., Wang Z.-Y., Wang L., Wang Z.-H. Oxidative Stress and Imbalance of Mineral Metabolism Contribute to Lameness in Dairy Cows. *Biological Trace Element Research*. 2015; 164(1): 43–49. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0207-1>
16. Немцева Е.Ю., Воронова И.В., Игнатова Н.Л. Особенности роста и развития молодняка герефордской породы. *Аграрная наука*. 2022; (11): 60–64. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-60-64>
17. Виль Л.Г., Никитина М.М., Блинова Н.С. Эффективность выращивания герефордского скота Андриановского типа при круглогодичном пастбищном содержании. *Аграрная наука*. 2023; (1): 44–48. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48>
18. Никонова Е.А., Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И., Савчук С.В. Особенности обмена питательных веществ в организме чистопородного и помесного молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2022; (5): 40–44. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-40-44>
7. Hwang K.-Y., Schwartz B.S., Lee B.-K., Strickland P.T., Todd A.C., Bressler J.P. Associations of Lead Exposure and Dose Measures with Erythrocyte Protein Kinase C Activity in 212 Current Korean Lead Workers. *Toxicological Sciences*. 2001; 62(2): 280–288. <https://doi.org/10.1093/toxsci/62.2.280>
8. Otarov A.I., Ulmbashev M.B. Morphological composition of sides and cuts of steers of different origins. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2023; (4): 51–59 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-222-4-51-59>
9. Sedykh T.A. Ages changes certain naturally-anatomic parts of carcasses of bull Hereford. *Advances in current natural sciences*. 2015; (9–2): 336–338 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbsaat>
10. Miroshnikov S. et al. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos taurus*). *Biological Trace Element Research*. 2017; 180(1): 56–62. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0991-5>
11. Basonov O.A., Ginoyan R.V., Mitkina S.Yu. Features of growth and development of Hereford bulls of different genotypes. *Agrarian scientific journal*. 2024; (7): 65–70 (in Russian). <https://elibrary.ru/qodyvo>
12. Osadchuk L.V. et al. Hormonal and metabolic state of Holstein bulls in environmental and climate conditions of Kemerovo Region. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2017; (2): 52–61 (in Russian). <https://elibrary.ru/yuaayl>
13. Tolochka V.V., Garmayev B.D., Garmayev D.Ts., Kosilov V.I., Nikonova E.A., Rakhimzhanova I.A. The influence of the breed affiliation of bulls on the varietal composition of meat products. *Journal of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary and zootechnics*. 2023; (2): 94–100 (in Russian). [https://doi.org/10.52754/16948696\\_2023\\_2\\_12](https://doi.org/10.52754/16948696_2023_2_12)
14. Abirova I.M., Baktygalieva A.T., Nasyrov S.N., Duskulov V.M. Chemical composition of meat and raw fats of young best of the Kazakh white head breed. *Science and Education*. 2023; (1–1): 115–121. <https://elibrary.ru/qbjnhq>
15. Zhao X.-J., Wang X.-Y., Wang J.-H., Wang Z.-Y., Wang L., Wang Z.-H. Oxidative Stress and Imbalance of Mineral Metabolism Contribute to Lameness in Dairy Cows. *Biological Trace Element Research*. 2015; 164(1): 43–49. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0207-1>
16. Nemtseva E.Yu., Voronova I.V., Ignatieva N.L. Features of growth and development of young cattle of Hereford breed of different origin. *Agrarian science*. 2022; (11): 60–64 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-60-64>
17. Wil L.G., Nikitina M.M., Blinova N.S. The efficiency of growing Hereford cattle of the Andrianov type with year-round grazing. *Agrarian science*. 2023; (1): 44–48 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48>
18. Nikonova E.A., Yuldashbaev Yu.A., Kosilov V.I., Savchuk S.V. Peculiarities of nutrient metabolism in the body of a purebreed and mixed young cattle. *Agrarian science*. 2022; (5): 40–44 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-40-44>

## ОБ АВТОРАХ

### Ирина Валерьевна Миронова<sup>1,2</sup>

доктор биологических наук, профессор  
• заведующая кафедрой технологии и химии мясных и молочных продуктов;  
• старший научный сотрудник отдела животноводства  
[mironova\\_irina-v@mail.ru](mailto:mironova_irina-v@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-5948-9563>

### Олег Александрович Завьялов<sup>2</sup>

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник  
[oleg-zavyalov83@mail.ru](mailto:oleg-zavyalov83@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

### Алексей Николаевич Фролов<sup>2</sup>

доктор биологических наук  
[forleh@mail.ru](mailto:forleh@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

### Артём Андреевич Слинкин<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, доцент кафедры  
[s-artemk@yandex.ru](mailto:s-artemk@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0009-0007-1717-3177>

<sup>1</sup>Башкирский государственный аграрный университет, ул. 50-летия Октября, 34, Уфа, 450001, Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

### Irina Valeryevna Mironova<sup>1,2</sup>

Doctor of Biological Sciences; Professor  
• Head of the Department of Meat and Dairy Products Technology and Chemistry;  
• Senior Researcher at the Livestock  
[mironova\\_irina-v@mail.ru](mailto:mironova_irina-v@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-5948-9563>

### Oleg Alexandrovich Zavyalov<sup>2</sup>

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher  
[oleg-zavyalov83@mail.ru](mailto:oleg-zavyalov83@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>

### Alexey Nikolaevich Frolov<sup>2</sup>

Doctor of Biological Sciences  
[forleh@mail.ru](mailto:forleh@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

### Artyom Andreevich Slinkin<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences; Associate Professor of the Department  
[s-artemk@yandex.ru](mailto:s-artemk@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0009-0007-1717-3177>

<sup>1</sup>Bashkir State Agrarian University, 34 50-letiya Oktyabrya Str., Ufa, 450001, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9<sup>th</sup> Str., Orenburg, 460000, Russia

Л.Ю. Топурия<sup>1</sup>Г.М. Топурия<sup>2</sup> ✉<sup>1</sup> Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия<sup>2</sup> Оренбургский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Оренбург, Россия

✉ golaso@rambler.ru

Поступила в редакцию: 17.09.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Топурия Л.Ю., Топурия Г.М.

Larisa Yu. Topuria<sup>1</sup>Gocha M. Topuria<sup>2</sup> ✉<sup>1</sup> Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia<sup>2</sup> Orenburg State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Orenburg, Russia

✉ golaso@rambler.ru

Received by the editorial office: 17.09.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Topuria L.Yu., Topuria G.M.

# Влияние гуминового препарата на мясную продуктивность и развитие внутренних органов у утят

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Современное птицеводство — интенсивно развивающаяся подотрасль животноводства, вносит большой вклад в продовольственную безопасность государства. Кормовые добавки, в первую очередь натурального происхождения, являются неотъемлемой частью рациона сельскохозяйственной птицы. Большую перспективу для применения в животноводстве имеют препараты гуминовой природы.

**Методы.** Для изучения эффективности использования гувитана-С в кормлении уток были сформированы три группы суточных утят. Птица контрольной группы получала основной рацион. Утятам I опытной группы дополнительно скармливали гуминовую кормовую добавку в количестве 100,0 мл/кг корма, птице II опытной группы — в дозе 150 мл на протяжении 56 дней. По окончании выращивания произвели убой уток с последующей оценкой мясной продуктивности и развития внутренних органов.

**Результаты.** Включение в рацион утят гувитана-С способствовало повышению мясной продуктивности птицы опытных групп. Масса потрошенной тушки увеличилась на 11,94–15,11% и 11,34–15,37% соответственно, масса мышечной ткани возросла на 13,35–17,38%. Кроме того, получено больше кожи с подкожным жиром и внутреннего жира. Наблюдалось лучшее развитие внутренних органов и кишечника у утят. Количество тушек I сорта составило 93,48–94,63% при 86,82% в контроле.

**Ключевые слова:** утки, мясо, жир, мясная продуктивность, предубойная масса, внутренние органы

**Для цитирования:** Топурия Л.Ю., Топурия Г.М. Влияние гуминового препарата на мясную продуктивность и развитие внутренних органов у утят. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 80–86.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-80-86>

# Impact of humic drug on meat productivity and development of internal organs in ducklings

## ABSTRACT

**Relevance.** Modern poultry farming is an intensively developing sub-sector of animal husbandry, making a great contribution to the food security of the state. Feed additives, primarily of natural origin, are an integral part of the poultry diet. Humic preparations have great prospects for use in animal husbandry.

**Methods.** To study the effectiveness of using Guvitan-C in feeding ducks, three groups of day-old ducklings were formed. The bird of the control group received the main diet. Ducklings of the I experimental group were additionally fed a humic feed additive in the amount of 100.0 ml/kg of feed, poultry of the II experimental group were fed at a dose of 150 ml for 56 days. At the end of cultivation, ducks were slaughtered, after which meat productivity and the development of internal organs were evaluated.

**Results.** The inclusion of Guvitan-C in the diet of ducklings contributed to an increase in the meat productivity of poultry of the experimental groups. The mass of the gutted carcass increased by 11.94–15.11% and 11.34–15.37%, respectively, the mass of muscle tissue increased by 13.35–17.38%. In addition, it turns out more skin with subcutaneous fat and internal fat. Ducklings had better development of internal organs and intestines. The number of carcasses of the first grade was 93.48–94.63% with 86.82% in the control.

**Key words:** ducks, meat, fat, meat production, pre-slaughter mass, internal organs

**For citation:** Topuria L.Yu., Topuria G.M. Impact of humic drug on meat productivity and development of internal organs in ducklings. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 80–86 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-80-86>



## Введение/Introduction

Увеличение производства птицеводческой продукции является важным условием удовлетворения населения страны в качественных пищевых продуктах [1–4]. В последние годы в Российской Федерации производство птицы находится на уровне 5 млн т в убойном весе и занимает 45,0% от общего объема производства скота и птицы. В то же время наблюдается динамический рост экспорта мяса птицы [5–7].

Эффективность отрасли птицеводства характеризуется уровнем продуктивности сельскохозяйственной птицы, которая напрямую зависит от условий содержания и биологической полноценности кормовых средств [8–12]. Важными задачами современной науки и практики являются разработка и внедрение в технологию кормления животных экологически безопасных, биологически активных препаратов, стимулирующих продуктивный потенциал [13–18].

Для снижения отрицательного воздействия стрессовых факторов в птицеводстве всё чаще применяются различные биологически активные добавки [19–23].

Перспективным направлением для животноводства и ветеринарной медицины может быть использование фармакологических препаратов и кормовых добавок на основе гуминовых кислот [24–27].

Гуминовые вещества — сложные смеси высокомолекулярных органических соединений природного происхождения. Они образуются в результате разложения животных и растительных остатков под влиянием бактерий в абиотических условиях [28, 29].

Гуматы представляют собой соли гуминовой кислоты. В их состав входят микроэлементы, ульминовая и фульвокислота. Безвредны для теплокровных животных, не обладают аллергенностью, анафилактическим, тератогенным и эмбриотическим действием. Гуматы оказывают положительное действие на продуктивные качества сельскохозяйственных животных и птиц за счет улучшения обмена веществ, повышения усвояемости питательных веществ корма [30–32]. Они снижают обсемененность кишечника условно-патогенной и патогенной микрофлорой, улучшают процессы пищеварения. Кроме того, препараты гуминовой природы обладают иммунобиологической активностью, стимулируя клеточный и гуморальный иммунитет [33–37].

*Цель исследований* — изучение мясной продуктивности уток при включении в рацион гуминового препарата гувитан-С.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Опыты проводились на утках кросса «Благоварский». Из суточного молодняка уток были сформированы три группы (по 100 голов в каждой). Утятам I опытной группы в корм добавляли гувитан-С в дозе 100,0 мл на 1 кг корма, II опытной группы — 150,0 мл. Птица контрольной группы получала стандартный рацион.

Содержание и кормление уток всех подопытных групп — идентичное. Продолжительность экспериментов составила 56 дней.

По окончании выращивания утят был произведен убой подопытной птицы<sup>1</sup> [38].

С целью оценки мясной продуктивности утят была проведена анатомическая разделка 5 тушек из каждой группы<sup>2</sup>. Определяли следующие показатели: предубойную живую массу уток, выход и массу полупотрошенной и потрошенной тушки, а также кожи с подкожным жиром, мышц, внутреннего жира, массу внутренних органов, кишечника<sup>3</sup>. Оценивали сортность полученных тушек<sup>3</sup>.

Гувитан-С представляет собой препарат растительного происхождения, содержит в своем составе гуматомелановые и фульвокислоты, натриевые соли гуминовых кислот, заменимые и незаменимые аминокислоты, пептиды, полисахариды, минеральные вещества<sup>4</sup> (ООО «РАСС», г. Воронеж, Россия) [39].

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, используемых для научных целей<sup>5</sup>, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ<sup>6</sup>.

Материал обработан статистически с использованием программы SPSS 22<sup>7</sup>. Средства измерения, применяемые для исследований, поверены в установленном порядке.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Использование гуминового препарата в кормлении утят способствовало повышению предубойной массы по сравнению с контролем на 10,6% ( $p < 0,05$ ) у представителей I опытной группы и на

<sup>1</sup> Ребезов М.Б., Топурия Г.М., Стадникова С.В., Дюсембаев С.Т., Бакирова Л.С. Ветеринарно-санитарная экспертиза продукции животного происхождения. 2-е изд. (испр.). Алматы: Эпиграф. 2019; 268. <https://elibrary.ru/ozowjo>

<sup>2</sup> Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Зинина О.В., Ребезов Я.М., Оксусханова Э.К. Практикум по технологии мяса и мясных продуктов. Серия: Продукты питания животного происхождения. Семей: Государственный университет им. Шакарима г. Семей. 2016; 193. <https://elibrary.ru/wdcrsp>

<sup>3</sup> ГОСТ 31990-2012 Мясо уток (тушки и их части). Общие технические условия.

<sup>4</sup> <https://www.guvitan.ru/>

<sup>5</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>6</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>7</sup> <https://spss.softonic.ru/>

12,64% ( $p < 0,05$ ) у птицы II опытной группы. Масса полупотрошенной тушки утят из контрольной группы была минимальной и составила  $2311,11 \pm 4,95$  г, что на 11,34–15,37% ( $p < 0,05–0,01$ ) меньше, чем в группах уток, которым применяли гувитан-С.

Выход полупотрошенной тушки у представителей опытных групп увеличился на 0,54–1,97%. Такая же картина наблюдалась и при оценке потрошенной тушки, масса которой у уток I опытной группы превысила контрольный уровень на 11,94% ( $p < 0,05$ ), а у утят II группы — на 15,11% ( $p < 0,01$ ). По выходу потрошенной тушки птица опытных групп опережала контроль на 0,79% и 1,43% соответственно.

Важной характеристикой мясной продуктивности сельскохозяйственной птицы является количество мышечной ткани. Масса мышц в тушках утят опытных групп была максимальной (897,17–929,07 г) и превосходила массу мышц в контроле на 13,35–17,38% ( $p < 0,01$ ). Выход мышц увеличился на 0,69% и 1,17%.

Масса кожи с подкожной клетчаткой у птицы контрольной группы составила  $5,95,02 \pm 4,53$  г, что меньше, чем у представителей I опытной группы, на 11,71% ( $p < 0,05$ ) и на 14,04% ( $p < 0,05$ ), чем у утят II опытной группы. Выход кожи с подкожным жиром был меньше на 0,21–0,26%.

Под влиянием кормовой добавки в тушках утят наблюдалось повышение массы внутреннего жира на 8,74–9,47% на фоне снижения его выхода на 0,03–0,05% (табл. 1).

Рис. 1. Изменения длины кишечника птицы, см

Fig. 1. Changes in the length of the intestines of the bird, cm

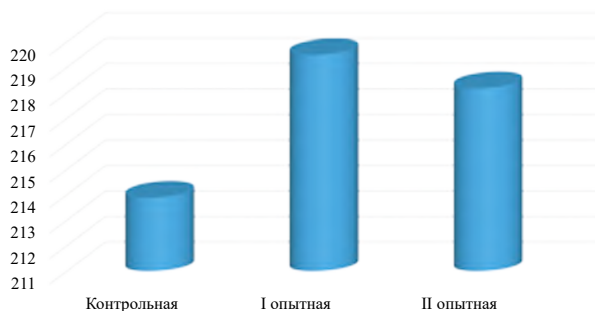


Рис. 2. Изменения длины тонкого кишечника птицы, см

Fig. 2. Changes in the length of the small intestine of the bird, cm

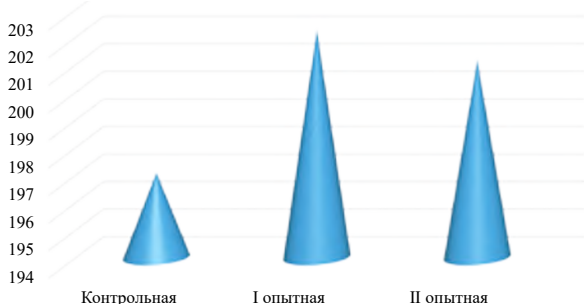


Таблица 1. Мясные качества утят

Table 1. Meat qualities of ducklings

Показатели	Группы		
	контрольная	I опытная	II опытная
Предубойная масса, г	2848,32 ± 68,32	315016 ± 75,48*	3208,11 ± 70,53*
Масса полупотрошенной тушки, г	2311,13 ± 4,95	2573,05 ± 440*	2666,26 ± 5,17**
Выход полупотрошенной тушки, %	81,14	81,68	83,11
Масса потрошенной тушки, г	1854,26 ± 7,12	2075,64 ± 3,75*	2134,36 ± 3,59**
Выход потрошенной тушки, %	65,10	65,89	66,53
Масса мышечной ткани, г	791,55 ± 6,21	897,17 ± 5,75**	929,07 ± 8,62**
Выход мышечной ткани, %	27,79	28,48	28,96
Масса кожи с подкожным жиром, г	595,02 ± 4,53	664,69 ± 5,17*	678,52 ± 5,38*
Выход кожи с подкожным жиром, %	20,89	21,10	21,15
Масса внутреннего жира, г	50,70 ± 0,51	55,13 ± 0,63	55,50 ± 0,42
Выход внутреннего жира, %	1,78	1,75	1,73

Примечание: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

Внутренние органы сельскохозяйственной птицы являются ценными субпродуктами, обладающими высоким пищевым качеством.

Включение в рацион уток гувитана-С способствовало увеличению массы сердца на 3,0% в I опытной группе и на 3,19% во II группе по сравнению с контролем. Масса мышечного желудка увеличилась на 0,33–0,87%, печени — на 0,19–1,28%, почек — на 0,14–0,20%.

У утят I опытной группы масса легких составила  $26,82 \pm 1,25$  г и на 0,57% была больше, чем у птицы из контрольной группы (табл. 2).

Максимальное значение длины и массы кишечника было установлено у утят I опытной группы. Так, длина всего кишечника у птицы контрольной группы была меньше, чем у уток, получавших гувитан-С, на 2,6% и 2,0% (рис. 1).

Аналогичная разница была и по длине тонкого кишечника (рис. 2).

Утята I опытной группы превосходили контрольную птицу по длине толстого кишечника на 2,4%, II опытной группы — на 1,2% (рис. 3).

Увеличение длины кишечника сказалось и на его массе.

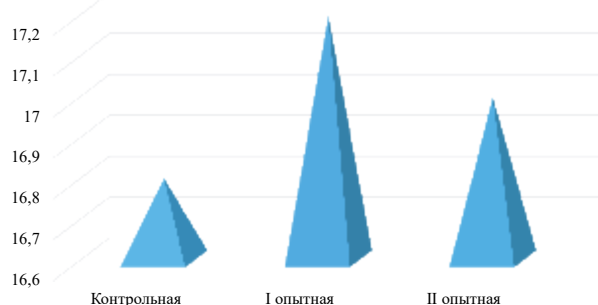
Таблица 2. Масса внутренних органов

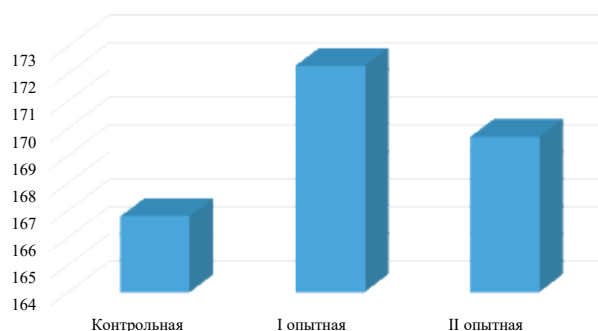
Table 2. Weight of internal organs

Показатели	Группы		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сердце, г	16,63 ± 1,09	17,14 ± 1,24	17,16 ± 1,12
Мышечный желудок, г	82,74 ± 2,13	83,01 ± 1,85	83,46 ± 1,37
Печень, г	98,19 ± 1,42	98,37 ± 1,08	99,44 ± 1,18
Почки, г	15,24 ± 1,61	15,27 ± 1,48	15,26 ± 1,57
Легкие, г	26,67 ± 1,19	26,82 ± 1,25	26,65 ± 1,20

Рис. 3. Изменения длины толстого кишечника птицы, см

Fig. 3. Changes in the length of the large intestine of the bird, cm



**Рис. 4.** Изменения массы кишечника птицы, г**Fig. 4.** Changes in the weight of the intestines of the bird, g

Утята опытных групп по данному показателю опережали представителей из контрольной группы на 3,2% и 1,7% соответственно (рис. 4).

В связи с разной сохранностью поголовья утят подопытных групп получено тушек после убоя опытных групп 92% и 93%, в контрольной группе — 91%. При визуальном осмотре тушек установлено, что запах у них характерен для свежего продукта, мышцы бледно-розового цвета, подкожный и внутренний жир желтый или светло-желтый.

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. Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Корелин В.П., Ребезов М.Б. Интенсификация производства мяса уток. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет. 2016; 132. ISBN 978-5-88838-953-9 <https://elibrary.ru/wbzknsn>
2. Зайцева Т.Н., Ребезов М.Б., Рябова В.Ф. Перспективы развития регионального рынка продуктами птицеводства. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 82-й Международной научно-технической конференции.* Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2024; 362. <https://elibrary.ru/xfnmat>
3. Федосеева Н.А., Дегтярева О.Н., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Анализ продуктивных качеств цесарок. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета.* 2022; (1): 116–122. <https://elibrary.ru/yrkjew>
4. Ребезов Я.М., Горелик О.В., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Химический состав мяса индеек разных породных групп. *Обеспечение технологического суверенитета АПК: подходы, проблемы, решения. Сборник статей Международной научно-методической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук.* Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2023; 193–195. <https://elibrary.ru/qnyotj>
5. Marinchenko T. Development of meat poultry farming in Russia within the framework of State programs. *E3S Web of Conferences.* 2023; 371: 03033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337103033>
6. Зюлин И.А., Дегтярь А.С. Развитие птицеводства: рост спроса и импортозамещение. *Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.* Персиановский: Донской государственный аграрный университет. 2024; 123–126. <https://elibrary.ru/kvmedd>
7. Roiter L., Vedenkina I., Roiter Ya., Akopyan A., Ereemeeva N. Niches in the market potential of poultry meat. *E3S Web of Conferences.* 2023; 389: 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903026>

**Таблица 3.** Характеристика тушек уток**Table 3.** Characteristics of duck carcasses

Показатели	Группы		
	контрольная	I опытная	II опытная
Всего тушек	91	92	93
Первый сорт	79	86	88
%	86,82	93,48	94,63
Второй сорт	12	6	5
%	13,18	6,52	5,37

В опытных группах по степени развития мышц и отложения подкожного жира в тушках птицы 93,48% и 94,63% тушек были отнесены к I сорту. В контрольной группе 86,82% тушек имели показатели упитанности для I сорта и 13,18% — для II сорта (табл. 3).

## Выводы/Conclusions

Использование гувитана-С в кормлении утят способствует улучшению мясной продуктивности за счет увеличения массы и выхода тушек птиц, получения больше съедобных частей. Установлено усиление развития внутренних органов и кишечника у птицы опытных групп. Лучшие результаты установлены при применении гувитана-С в дозе 150,0 мл/кг корма.

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. Topuriya G.M., Topuriya L.Yu., Korelin V.P., Rebezov M.B. Intensification of duck meat production. *Orenburg State Agrarian University.* 2016; 132 (in Russian). ISBN 978-5-88838-953-9 <https://elibrary.ru/wbzknsn>
2. Zaytseva T.N., Rebezov M.B., Ryabova V.F. Prospects for the development of the regional market for poultry products. *Actual problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 82<sup>nd</sup> International scientific and technical conference.* Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2024; 362 (in Russian). <https://elibrary.ru/xfnmat>
3. Fedoseeva N.A., Degtyareva O.N., Gorelik O.V., Rebezov M.B. Analysis of the productive qualities of guinea fow. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University.* 2022; (1): 116–122 (in Russian). <https://elibrary.ru/yrkjew>
4. Rebezov Ya.M., Gorelik O.V., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Chemical composition of meat of turkeys of different breed groups. *Ensuring technological sovereignty of the agro-industrial complex: approaches, problems, solutions. Collection of articles of the International scientific and methodological conference dedicated to the 300<sup>th</sup> anniversary of the Russian Academy of Sciences.* Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2023; 193–195 (in Russian). <https://elibrary.ru/qnyotj>
5. Marinchenko T. Development of meat poultry farming in Russia within the framework of State programs. *E3S Web of Conferences.* 2023; 371: 03033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337103033>
6. Zyulin I.A., Degtyar A.S. Poultry farming development: demand growth and import substitution. *Use of modern technologies in agriculture and food industry. Proceedings of the International scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists.* Persianovsky: Don State Agrarian University. 2024; 123–126 (in Russian). <https://elibrary.ru/kvmedd>
7. Roiter L., Vedenkina I., Roiter Ya., Akopyan A., Ereemeeva N. Niches in the market potential of poultry meat. *E3S Web of Conferences.* 2023; 389: 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903026>



8. Гриценко С.А., Белоокова О.В., Ребезов М.Б. Факториальная дисперсия показателей онтогенеза на продуктивные качества поголовья товарного стада птицы мясного кросса. *Всё о мясе*. 2024; (4): 58–64.  
<https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>
9. Маслова В.В. Конкурентоспособность отечественной продукции птицеводства на внешних рынках. *Экономика сельского хозяйства России*. 2021; (8): 54–60.  
<https://doi.org/10.32651/218-54>
10. Куркина Н.Р., Рузаев А.И. Формирование системы устойчивого экономического развития предприятий отрасли птицеводства. *Фундаментальные исследования*. 2023; (2): 37–41.  
<https://doi.org/10.17513/fr.43432>
11. Поляков М.В., Косулин И.В., Чебакова И.Р., Афанасьев М.Ю., Винникова Л.Б. Анализ состояния птицеводства в Российской Федерации. *Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. Материалы VII Международной научно-практической конференции*. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет. 2023; 312–316.  
<https://elibrary.ru/ykifuv>
12. Буйаров В.С., Комоликова И.В., Буйаров А.В., Меднова В.В. Достижения в современном птицеводстве: исследования и инновации. *Зоотехния*. 2023; (11): 32–36.  
<https://www.elibrary.ru/brxonv>
13. Косилов В.И., Полькина А.С., Герасименко В.В., Комарова Н.К., Ребезов М.Б. Влияние пробиотиков на продуктивные качества гусей родительского стада линдовской породы. *Пути интенсификации производства яиц и мяса птицы в условиях жаркого и сухого климата. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан и 30-летию образования Таджикской академии сельскохозяйственных наук*. Душамбе: ЭР-граф. 2020; 121–128.  
<https://elibrary.ru/wuysrm>
14. Котарев В.И., Лядова Л.В., Иванова Н.Н. Обмен минеральных веществ и продуктивные показатели цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки «Ликвипро». *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2019; (4): 27–36.  
<https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.4.27>
15. Погосян Д.Г., Тюрденев Р.Н. Комплексная кормовая добавка для бройлерного откорма утят. *Аграрный вестник Урала*. 2021; (10): 65–74.  
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-65-74>
16. Yang C.M. et al. Effect of chito-oligosaccharide on growth performance, intestinal barrier function, intestinal morphology and cecal microflora in weaned pigs. *Journal of Animal Science*. 2012; 90(8): 2671–2676.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2011-4699>
17. Shanmugam S., Park J.H., Cho S., Kim I.H. Silymarin seed extract supplementation enhances the growth performance, meat quality, and nutrients digestibility, and reduces gas emission in broilers. *Animal Bioscience*. 2022; 35(8): 1215–1222.  
<https://doi.org/10.5713/ab.21.0539>
18. Vlaicu P.A., Untea A.E., Turcu R.P., Saracila M., Panaite T.D., Cornescu G.M. Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Basil, Thyme and Sage Plant Additives and Their Functionality on Broiler Thigh Meat Quality. *Foods*. 2022; 11(8): 1105.  
<https://doi.org/10.3390/foods11081105>
19. Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Григорьева Е.В., Ребезов М.Б. Влияние пробиотиков на продуктивность цыплят-бройлеров. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014; (2): 143–145.  
<https://elibrary.ru/sfsctr>
20. Khaziakhmetov F.S. et al. Valuable Effect of Using Probiotics in Poultry Farming. *Annual Research & Review in Biology*. 2018; 25(1): 1–7.  
<https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/40070>
21. Ребезов М.Б., Топурия Л.Ю., Фатеева О.О. Влияние пробиотиков на минеральный состав крови уток. *Перспективы развития отрасли и предприятий АПК: отечественный и международный опыт. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. 2020; 225–227.  
<https://elibrary.ru/nwxtrf>
22. Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Кривошеева Ю.А., Ребезов М.Б. Состояние клеточных факторов защиты организма у уток. *Инновационные разработки по импортозамещению в агропродовольственном секторе. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Всероссийского НИИ мясного скотоводства*. Оренбург: Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. 2015; 229–231.  
<https://elibrary.ru/vlhkzf>
8. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B. Factorial dispersion of ontogenesis indicators on the productive qualities of the commercial flock of meat cross poultry. *Vsyo o myase*. 2024; (4): 58–64 (in Russian).  
<https://doi.org/10.21323/2071-2499-2024-4-58-64>
9. Maslova V.V. Competitiveness of domestic products poultry farming in foreign markets. *Economics of Agriculture of Russia*. 2021; (8): 54–60 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32651/218-54>
10. Kurkina N.R., Ruzaev A.I. Formation of a system of sustainable economic development of poultry farming enterprises. *Fundamental research*. 2023; (2): 37–41 (in Russian).  
<https://doi.org/10.17513/fr.43432>
11. Polyakov M.V., Kosulin I.V., Chebakova I.R., Afanas'yev M.Yu., Vinnikova L.B. Analysis of the state of poultry farming in the Russian Federation. *The ecological state of the natural environment and the scientific and practical aspects of modern agricultural technologies. Materials of the VII International scientific and practical conference*. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University. 2023; 312–316 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/ykifuv>
12. Buyarov V.S., Komolikhova I.V., Buyarov A.V., Mednova V.V. Advances in modern poultry production: research and innovation. *Zootekhnika*. 2023; (11): 32–36 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/brxonv>
13. Kosilov V.I., Polkina A.S., Gerasimenko V.V., Komarova N.K., Rebezov M.B. The influence of probiotics on the productive qualities of geese of the parent stock of the Lindovskaya breed. *Ways to intensify the production of eggs and poultry meat in hot and dry climates. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 30th anniversary of state independence of the Republic of Tajikistan and the 30th anniversary of the formation of the Tajik Academy of Agricultural Sciences*. Dushambe: ER-graf. 2020; 121–128 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/wuysrm>
14. Kotarev V.I., Lyadova L.V., Ivanova N.N. Mineral metabolism and productive indicators of broiler chick ens when using feed additive "Likvipro". *Bulletin of Veterinary pharmacology*. 2019; (4): 27–36 (in Russian).  
<https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.4.27>
15. Pogosyan D.G., Tyurdenev R.N. Complex feed additive for broiler fattening of ducklings. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (10): 65–74 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-65-74>
16. Yang C.M. et al. Effect of chito-oligosaccharide on growth performance, intestinal barrier function, intestinal morphology and cecal microflora in weaned pigs. *Journal of Animal Science*. 2012; 90(8): 2671–2676.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2011-4699>
17. Shanmugam S., Park J.H., Cho S., Kim I.H. Silymarin seed extract supplementation enhances the growth performance, meat quality, and nutrients digestibility, and reduces gas emission in broilers. *Animal Bioscience*. 2022; 35(8): 1215–1222.  
<https://doi.org/10.5713/ab.21.0539>
18. Vlaicu P.A., Untea A.E., Turcu R.P., Saracila M., Panaite T.D., Cornescu G.M. Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Basil, Thyme and Sage Plant Additives and Their Functionality on Broiler Thigh Meat Quality. *Foods*. 2022; 11(8): 1105.  
<https://doi.org/10.3390/foods11081105>
19. Topuria G.M., Topuria L.Yu., Grigorieva E.V., Rebezov M.B. Effect of probiotics on broiler-chickens productivity. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2014; (2): 143–145 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/sfsctr>
20. Khaziakhmetov F.S. et al. Valuable Effect of Using Probiotics in Poultry Farming. *Annual Research & Review in Biology*. 2018; 25(1): 1–7.  
<https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/40070>
21. Rebezov M.B., Topuria L.Yu., Fateeva O.O. Effect of probiotics on mineral composition of duck blood. *Prospects for the development of the industry and enterprises of the agro-industrial complex: domestic and International experience. Collection of materials from the International scientific and practical conference*. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. 2020; 225–227 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/nwxtrf>
22. Topuria G.M., Topuria L.Yu., Krivosheeva Yu.A., Rebezov M.B. The state of cellular factors of body defense in ducks. *Innovative developments in import substitution in the agro-food sector. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding*. Orenburg: All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding. 2015; 229–231 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/vlhkzf>

23. Погодаев В.А., Ребезов М.Б. Продуктивность и динамика метаболических процессов в организме молодняка индеек при использовании в рационе эубиотиков на основе бифидобактерий штамма *Bifidobacterium bifidum*. *Всё о мясе*. 2023; (3): 36–47. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-3-36-47>
24. Топурия Л.Ю., Топурия Г.М., Ребезов М.Б., Кривошеева Ю.А. Естественная резистентность утят под влиянием гуминового препарата. *Инновационные разработки по импортозамещению в агропродовольственном секторе. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Всероссийского НИИ мясного скотоводства*. Оренбург: Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. 2015; 83–86. <https://elibrary.ru/vlhjav>
25. Сахно А.С., Шумилин Ю.А. Применение гуминовых препаратов молодняку крупного рогатого скота. *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; 506–510. <https://www.elibrary.ru/fimwuw>
26. Никулин И.А., Самотин А.М., Корчагина О.С. Продуктивность и обмен веществ у индеек при использовании «Энергена». *Ветеринария*. 2013; (9): 57–58. <https://elibrary.ru/rbwscyn>
27. Грибанова Е.А., Каримова Р.Г., Павлова О.Н. Влияние гумата калия на систему ПОЛ-АО печени цыплят-бройлеров. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2015; (2): 68–72. <https://elibrary.ru/uacfkf>
28. Аринжанов А.Е., Мирошникова Е.П., Ребезов М.Б. Перспективы использования гуминовых веществ. *Синергия*. 2017; (1): 105–109. <https://elibrary.ru/yjbngv>
29. Никулин И.А., Самотин А.М., Ратных О.А. Гуматы калия и натрия при гепатозе крупного рогатого скота. Воронеж: Воронежский ГАУ. 2021; 157. ISBN 978-5-7267-1175-1 <https://elibrary.ru/lytmmy>
30. Смашной В.В., Якушкин И.В. Влияние кормовых добавок на основе гуминовых кислот при включении их в рацион цыплят-бройлеров. *Ветеринарно-санитарная экспертиза: проблемы и пути решения качества и безопасности продукции животного происхождения. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора, доктора ветеринарных наук А.П. Ермолаева для преподавателей, молодых ученых, обучающихся*. Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. 2024; 58–61. <https://elibrary.ru/enboqb>
31. Волкова О.А. Формирование мясной продуктивности цыплят-бройлеров при выпаивании им добавки на основе гуминовых кислот. *Материалы XXVIII Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области*. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет. 2024; 72–75. <https://elibrary.ru/ndvrxm>
32. Салаутин В.В., Дмитриев Н.О. Микроморфометрические показатели мышечного желудка бройлеров под влиянием гуминов. *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 РФ С.М. Сулейманова*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I. 2024; 49–51. <https://elibrary.ru/bpotxd>
33. Delannoy M., Schwarz J., Fournier A., Rychen G., Feidt C. Effects of Standard Humic Materials on Relative Bioavailability of NDL-PCBs in Juvenile Swine. *PLoS ONE*. 2014; 9(12): e115759. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115759>
34. Arafat R.Y., Khan S.H., Saima. Evaluation of humic acid as an aflatoxin binder in broiler chickens. *Annals of Animal Science*. 2017; 17(1): 241–255. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0050>
35. Gao Y. et al. Effects of fulvic acid on growth performance and intestinal health of juvenile loach *Paramisgurnus dabryanus* (Sauvage). *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 62: 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.01.008>
36. Johnsson M., Jonsson K.B., Andersson L., Jensen P., Wright D. Genetic Regulation of Bone Metabolism in the Chicken: Similarities and Differences to Mammalian Systems. *PLoS Genetics*. 2015; 11(5): e1005250. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005250>
23. Pogodaev V.A., Rebezov M.B. Productivity and dynamics of metabolic processes in the body of young turkeys when using eubiotics based on the *Bifidobacterium bifidum* strain in the diet. *Vsyo o myase*. 2023; (3): 36–47 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-3-36-47>
24. Topuria L.Yu., Topuria G.M., Rebezov M.B., Krivosheeva Yu.A. Natural resistance of ducklings under the influence of a humic preparation. *Innovative developments in import substitution in the agro-food sector. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding*. Orenburg: All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding. 2015; 83–86 (in Russian). <https://elibrary.ru/vlhjav>
25. Sahn A.S., Shumilin Yu.A. Application of humic preparations to young cattle. *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; 506–510 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fimwuw>
26. Nikulin I.A., Samotin A.M., Korchagina O.S. Efficiency and metabolism at turkeys by using of “Energen”. *Veterinary medicine*. 2013; (9): 57–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/rbwscyn>
27. Gribanova E.A., Karimova R.G., Pavlova O.N. The effect of potassium humate on the liver cavity system of broiler chickens. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2015; (2): 68–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/uacfkf>
28. Arinzhanov A.E., Miroshnikova E.P., Rebezov M.B. Prospects of using humic substances. *Sinergiya*. 2017; (1): 105–109 (in Russian). <https://elibrary.ru/yjbngv>
29. Nikulin I.A., Samotin A.M., Ratnykh O.A. Potassium and Sodium Humates in Cattle Hepatosis. *Voronezh: Voronezh State Agrarian University*. 2021; 157 (in Russian). ISBN 978-5-7267-1175-1 <https://elibrary.ru/lytmmy>
30. Smashnoy V.V., Yakushkin I.V. Effect of vitrovit feed additive on broiler chickens. *Veterinary and sanitary examination: problems and solutions for the quality and safety of animal products. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of professor, doctor of veterinary sciences A.P. Ermolaev for teachers, young scientists, students*. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. 2024; 58–61 (in Russian). <https://elibrary.ru/enboqb>
31. Volkova O.A. Formation of meat productivity of broiler chickens when feeding them an additive based on humic acids. *Proceedings of the XXVIII Regional conference of young scientists and researchers of the Volgograd region*. Volgograd: Volgograd State Agrarian University. 2024; 72–75 (in Russian). <https://elibrary.ru/ndvrxm>
32. Salautin V.V., Dmitriev N.O. Micromorphometric parameters of the muscular stomach of broilers under the influence of humic. *Modern problems and achievements of veterinary morphology and pathology in maintaining animal health. Materials of the National scientific and practical conference dedicated to the anniversary of the Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation S.M. Suleymanov*. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great. 2024; 49–51 (in Russian). <https://elibrary.ru/bpotxd>
33. Delannoy M., Schwarz J., Fournier A., Rychen G., Feidt C. Effects of Standard Humic Materials on Relative Bioavailability of NDL-PCBs in Juvenile Swine. *PLoS ONE*. 2014; 9(12): e115759. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115759>
34. Arafat R.Y., Khan S.H., Saima. Evaluation of humic acid as an aflatoxin binder in broiler chickens. *Annals of Animal Science*. 2017; 17(1): 241–255. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0050>
35. Gao Y. et al. Effects of fulvic acid on growth performance and intestinal health of juvenile loach *Paramisgurnus dabryanus* (Sauvage). *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 62: 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.01.008>
36. Johnsson M., Jonsson K.B., Andersson L., Jensen P., Wright D. Genetic Regulation of Bone Metabolism in the Chicken: Similarities and Differences to Mammalian Systems. *PLoS Genetics*. 2015; 11(5): e1005250. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005250>



37. Domínguez-Negrete A. *et al.* Effect of the Addition of Humic Substances as Growth Promoter in Broiler Chickens Under Two Feeding Regimens. *Animals*. 2019; 9(12): 1101. <https://doi.org/10.3390/ani9121101>

38. Ребезов М.Б., Трушина Л.Н., Топурия Г.М., Топурия Л.Ю. Ветеринарно-санитарная оценка мяса уток при применении биостимулятора. *Приоритетные направления регионального развития. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием*. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия. 2021; 478–481. <https://elibrary.ru/cetowe>

39. Донник И.В., Шкуратова И.А., Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Даниленко М.В. Влияние гувитана-С на содержание иммунокомпетентных клеток в крови свиней. *Аграрный вестник Урала*. 2015; (7): 29–31. <https://elibrary.ru/ulxhcb>

#### ОБ АВТОРАХ

##### Лариса Юрьевна Топурия<sup>1</sup>

доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы и фармакологии  
[golaso@rambler.ru](mailto:golaso@rambler.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-7881-2602>

##### Гоча Мирианович Топурия<sup>2</sup>

доктор биологических наук, профессор кафедры нормальной физиологии  
[golaso@rambler.ru](mailto:golaso@rambler.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-9485-5282>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, ул. Челюскинцев, 18, Оренбург, 460014, Россия

<sup>2</sup>Оренбургский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Советская, 6, Оренбург, 460014, Россия

37. Domínguez-Negrete A. *et al.* Effect of the Addition of Humic Substances as Growth Promoter in Broiler Chickens Under Two Feeding Regimens. *Animals*. 2019; 9(12): 1101. <https://doi.org/10.3390/ani9121101>

38. Rebezov M.B., Trushina L.N., Topuria G.M., Topuria L.Yu. Veterinary and sanitary evaluation of duck's meat in biostimulator application. *Priority areas of regional development. Collection of articles based on the materials of the II All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation*. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy. 2021; 478–481 (in Russian). <https://elibrary.ru/cetowe>

39. Donnik I.V., Shkuratova I.A., Topuria G.M., Topuria L.Yu., Danilenko M.V. Influence of guvitan-S on the maintenance of immunocompetent cages in blood of pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015; (7): 29–31 (in Russian). <https://elibrary.ru/ulxhcb>

#### ABOUT THE AUTHORS

##### Larisa Yurievna Topuria<sup>1</sup>

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Pharmacology  
[golaso@rambler.ru](mailto:golaso@rambler.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-7881-2602>

##### Gocha Mirianovich Topuria<sup>2</sup>

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Normal Physiology  
[golaso@rambler.ru](mailto:golaso@rambler.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-9485-5282>

<sup>1</sup>Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Str., Orenburg, 460014, Russia

<sup>2</sup>Orenburg State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 6 Sovetskaya Str., Orenburg, 460014, Russia

Россия/ Уфа

18-21 марта 2025

Агропромышленный форум



Агро  
35-Я ЮБИЛЕЙНАЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
Комплекс

По вопросам участия  
в выставке:  
+7 (347) 246-42-00  
[agro@bvkexpo.ru](mailto:agro@bvkexpo.ru)

По вопросам участия  
в форуме:  
+7 (347) 246-42-81  
[yudin@bvkexpo.ru](mailto:yudin@bvkexpo.ru)

Реклама. ООО «БВК», ИНН 0278179329





Е.А. Йылдырым<sup>1,2</sup> ✉Л.А. Ильина<sup>1,2</sup>Г.Ю. Лаптев<sup>1</sup>В.А. Филиппова<sup>1,2</sup>А.В. Дубровин<sup>1</sup>Д.Г. Тюрина<sup>1</sup>К.А. Соколова<sup>1,2</sup>В.А. Заикин<sup>1</sup>Е.С. Пономарева<sup>1</sup>И.А. Ключникова<sup>1,2</sup>В.И. Фисинин<sup>3</sup>И.А. Егоров<sup>3</sup>Т.А. Егорова<sup>3</sup>В.А. Манукян<sup>3</sup>Т.Н. Ленкова<sup>3</sup>О.Н. Дегтярева<sup>3</sup><sup>1</sup>ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург, Россия<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, Сергиев Посад, Россия

✉ deniz@biotrof.ru

Поступила в редакцию: 10.10.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Лаптев Г.Ю., Филиппова В.А., Дубровин А.В., Тюрина Д.Г., Соколова К.А., Заикин В.А., Пономарева Е.С., Ключникова И.А., Фисинин В.И., Егоров И.А., Егорова Т.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н., Дегтярева О.Н.

Research article



Open access

Elena A. Yildirim<sup>1,2</sup> ✉Larisa A. Ilyina<sup>1,2</sup>George Yu. Laptev<sup>1</sup>Valentina A. Filippova<sup>1,2</sup>Andrey V. Dubrovin<sup>1</sup>Darya G. Turina<sup>1</sup>Ksenia A. Sokolova<sup>1,2</sup>Vasily A. Zaikin<sup>1</sup>Ekaterina S. Ponomareva<sup>1</sup>Irina A. Klyuchnikova<sup>1,2</sup>Vladimir I. Fisinin<sup>3</sup>Ivan A. Egorov<sup>3</sup>Tatiana A. Egorova<sup>3</sup>Vardges A. Manukyan<sup>3</sup>Tatiana N. Lenkova<sup>3</sup>Olga N. Degtyareva<sup>3</sup><sup>1</sup>«БИОТРОФ+» Ltd, Saint-Petersburg, Russia<sup>2</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Saint Petersburg, Russia<sup>3</sup>All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming, Sergiev Posad, Russia

✉ deniz@biotrof.ru

Received by the editorial office: 10.10.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Yildirim E.A., Ilyina L.A., Laptev G.Yu., Filippova V.A., Dubrovin A.V., Turina D.G., Sokolova K.A., Zaikin V.A., Ponomareva E.S., Klyuchnikova I.A., Fisinin B.I., Egorov I.A., Egorova T.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N., Degtyareva O.N.

# Влияние различных форм лизина и метионина в рационе бройлеров на профиль транскрипции ключевых генов

## РЕЗЮМЕ

**Цель исследования** — оценить влияние комбикормов с пониженной (на 5%) питательностью по лизину, метионину и обменной энергии при включении в них лизина и метионина в различных формах при их взаимодействии с полом бройлеров на профиль транскрипции ключевых генов, регулирующих антиоксидантную защиту, иммунную систему, воспаление и апоптоз, продуктивность и барьерную функцию эпителия ЖКТ.

**Методы.** Эксперимент проводили в СГЦ «Загорское ЭПХ» в 2024 г. на мясной птице кросса «Смена 9» с суточного до 35-суточного возраста. Состав рациона контрольной группы I включал основной рацион (ОР) с применением монохлоргидрата лизина и DL-метионина, опытной II — ОР с применением сульфата лизина и гидроксиданалога метионина, опытной III — ОР с пониженными (на 5%) уровнями лизина в форме монохлоргидрата, DL-метионина и обменной энергии, опытной IV — ОР с пониженными (на 5%) уровнями сульфата лизина, гидроксиданалога метионина и обменной энергии. Анализ экспрессии генов проводили с помощью *Real-time PCR* с обратной транскрипцией.

**Результаты.** Живая масса петушков и курочек в опытных группах II и IV была несколько выше по сравнению с контролем I, тогда как в группе III — ниже. Изменение состава рациона у петушков и курочек оказало во многих случаях значительное влияние на экспрессию ряда ключевых генов. У петушков экспрессия *PTGS2* в опытных группах II–IV резко возрастала (от 4,9 до 52,0 раз) по сравнению с контролем I, тогда как у курочек возрастала лишь в 1,5–2,3 раза. Экспрессия мРНК гена *Muc2* у курочек снижалась в опытной группе II в 1,9 раза по сравнению с группой I, тогда как у петушков, напротив, повышалась в 3,1 раза.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, питательные вещества, аминокислоты, лизин, метионин, экспрессия генов, количественная ПЦР

**Для цитирования:** Йылдырым Е.А. и др. Влияние различных форм лизина и метионина в рационе бройлеров на профиль транскрипции ключевых генов. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 87–94.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-87-94>

# Effect of different forms of lysine and methionine in broiler diets on the key genes transcriptional profile

## ABSTRACT

**The aim of the study** was to evaluate the effect of compound feeds with reduced (by 5%) nutritional content of lysine, methionine and metabolic energy when lysine and methionine are included in them in various forms during their interaction with broiler sex on the transcription profile of key genes regulating antioxidant protection, the immune system, inflammation and apoptosis, productivity and barrier function of the gastrointestinal epithelium.

**Methods.** The experiment was carried out at the “Zagorskoye” in 2024 on a poultry meat of the “Smena 9” cross from 1 to 35 days of age.

**Results.** The live weight of rooster and hens in experimental groups II and IV was slightly higher compared to control I, whereas in group III it was lower. In many cases, changes in the composition of the diet of rooster and hens had a significant impact on the expression of a number of key genes. In roosters, *PTGS2* expression in experimental groups II–IV increased sharply (from 4.9 to 52.0 times) compared with control I, whereas in hens it increased only 1.5–2.3 times. The expression of the *Muc2* gene mRNA in hens decreased in experimental group II by 1.9 times compared with group I, whereas in roosters, on the contrary, it increased by 3.1 times.

**Key words:** broiler chickens, nutrients, amino acids, lysine, methionine, gene expression, quantitative PCR

**For citation:** Yildirim E.A. *et al.* The effect of various forms of lysine and methionine in the broiler diet on the transcription profile of key genes. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 87–94 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-87-94>

## Введение/Introduction

Важнейшим условием повышения экономической эффективности отраслей животноводства и птицеводства является наличие конкурентоспособной отечественной племенной базы. В отечественном селекционно-генетическом центре «Смена» была проведена многолетняя работа по созданию высокопродуктивного кросса бройлеров «Смена 9».

Основа раскрытия хорошего генетического потенциала животных и птиц — это научно обоснованное кормление. Протеин — важное в кормлении вещество, которое поддерживает продуктивность, способствует росту новых тканей, восстановлению поврежденных, служит источником энергии [1], играет решающую роль в оптимизации роста и развития птиц [2]. Поэтому крайне важным представляется совершенствование методов коррекции содержания протеина в рационе для удовлетворения всех потребностей сельскохозяйственной птицы. Избыточное содержание белка в организме животных и птиц будет выводиться в виде аммиака, и, наоборот, низкое количество белка отрицательно влияет на показатели роста [3].

Интересно, что различия по количеству и качеству белка в рационе могут отмечаться и между полами. Так, F.M. Hernandez *и соавт.* [4] показали, что рационы, содержащие пониженный уровень сырого протеина, в меньшей степени влияли на продуктивность самцов-бройлеров, нежели самок. Изменение содержания белка и одновременно энергии в рационе птиц в соответствии с их конкретными потребностями — это эффективная стратегия повышения продуктивности и снижения уровня стресса [5].

Содержание отдельных аминокислот в рационе должно точно соответствовать потребностям птицы [6]. Ввод в рацион кормовых кристаллических аминокислот предоставил возможность разработать экономически эффективные рационы с низким содержанием протеина при сохранении оптимального использования белка птицами.

Лизин — наиболее важная аминокислота в рационах бройлеров [7]. Монохлоргидрат лизина содержит минимум 78% лизина [8]. Сульфат лизина имеет минимальное содержание лизина — 46,8–51%.

Ряд исследований показали, что биоэффективность сульфата лизина по сравнению с монохлоргидратом лизина была аналогичной при использовании суточного привеса и конверсии корма в качестве критериев оценки [9]. Таким образом, несмотря на включение в рацион бройлеров сульфата лизина, учитывая его более низкую стоимость, может быть экономически целесообразно.

Стоит отметить, что в рацион бройлеров добавляют синтетический DL-метионин, содержащий около 99% действующего вещества,

или гидроксианалог метионина, содержащий 88% действующего вещества [10]. Гидроксианалог метионина не имеет в своей структуре аминогруппы, но имеет гидроксильную группу у асимметричного атома углерода, а DL-метионин обладает аминогруппой [11]. Данное различие в химической структуре приводит к существенным отличиям между гидроксианалогом метионина и DL-метионином в отношении всасывания, транспорта в организме и метаболизма в различных тканях [12].

Информация о биологической эффективности различных форм лизина и метионина является важным фактором для увеличения рентабельности производства, составления правильных рецептур кормов и увеличения продуктивности птиц [13]. Несмотря на то что в настоящее время проведено несколько метаанализов биологической эффективности данных соединений, результаты их значительно различаются [10].

Важно, что различия в составе питательных веществ и энергии в рационе могут оказать значительное влияние на экспрессию генов у птицы [14]. Представляет интерес дальнейшее изучение влияния кормления на транскриптом и последующее его влияние на фенотип птиц [15]. Синергия между генетическим потенциалом, потреблением питательных веществ и энергии определяет показатели роста бройлеров, в то же время реакция генов-кандидатов у бройлеров на подобного рода манипуляции с составом рационов может приоткрыть механизмы взаимодействия.

**Цель исследования** — оценить влияние комбикормов с пониженной (на 5%) питательностью по лизину, метионину и обменной энергии при включении в них лизина и метионина в различных формах при их взаимодействии с полом бройлеров на профиль транскрипции ключевых генов, регулирующих антиоксидантную защиту, иммунную систему, воспаление и апоптоз, продуктивность и барьерную функцию эпителия ЖКТ.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Эксперимент проводили в СГЦ «Загорское ЭПХ» (Московская обл., Сергиево-Посадский р-н, г. Сергиев Посад, Россия) в 2024 г. на мясной птице кросса «Смена 9» с суточного до 35-суточного возраста.

Птиц содержали в клеточных батареях (Big Dutchman, Германия) по 36 голов в группе (18 курочек и 18 петушков).

Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта на мясной птице кросса «Смена 9»  
Table 1. The scheme of the experiment on the meat poultry of the cross «Smena 9»

Группа	Состав рациона
Контрольная I	ОР с применением монохлоргидрата лизина и DL-метионина
Опытная II	ОР с применением сульфата лизина и гидроксианалога метионина
Опытная III	ОР с пониженными (на 5%) уровнями лизина в форме монохлоргидрата, DL-метионина и обменной энергии
Опытная IV	ОР с пониженными (на 5%) уровнями сульфата лизина, гидроксианалога метионина и обменной энергии

Нормы посадки, световой, температурный и влажностный режимы, фронт кормления и поения во все возрастные периоды соответствовали рекомендациям для кросса. ОР был сбалансирован по питательным веществам согласно руководству по работе с кроссом<sup>1</sup>.

При постановке опыта были соблюдены требования Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123, г. Страсбург, 1986<sup>2</sup>).

Условия содержания птиц соответствовали требованиям<sup>3</sup>.

Учитывали сохранность поголовья и живую массу бройлеров путем индивидуального взвешивания всего поголовья по группам.

Абдоминальный жир и убойный выход рассчитывали согласно общепринятым методикам<sup>4</sup>.

В конце эксперимента птицу декапитировали и проводили отбор тканей слепых отростков кишечника для анализа экспрессии генов. Анализ проводили с помощью Real-time PCR с обратной транскрипцией. РНК выделяли с использованием мини-набора Aurum™ Total RNA (Bio-Rad, Hercules, США). кДНК получали с использованием iScript™ Reverse Transcription Supermix (Bio-Rad, США).

Для анализа экспрессии мРНК были выбраны праймеры, которые представлены в таблице 2.

В качестве референсного контроля использовали праймеры на ген «домашнего хозяйства» — белка бета-актина (*ACTB*). При построении графиков, отражающих влияние комбикормов с нормальной и пониженной питательностью по обменной энергии, а также лизина и метионина в различных формах на экспрессию ключевых генов у петушков кросса «Смена 9» отрицательные значения на оси х означали понижение уровня экспрессии в опытных группах II–IV по сравнению с контрольной группой I, уровень экспрессии в которой условно принят за 1 (кратность отклонений представлена красным цветом), положительные значения — увеличение уровня экспрессии (кратность отклонений представлена синим цветом).

Реакцию амплификации проводили с использованием SsoAdvanced™ Universal SYBR® Green Supermix (Bio-Rad, США) с использованием амплификатора детектирующего «ДТлайт» («ДНК-Технология», Россия). Режим и условия амплификации были следующими: 5 мин. при 95 °С; 30 сек. при 95 °С, 30 сек. при 60 °С, 30 сек. при 70 °С (40 циклов).

Математическую и статистическую обработку результатов осуществляли методом многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA)

Таблица 2. Праймеры, использованные при изучении экспрессии генов у бройлеров кросса «Смена 9»  
Table 2. Primers used in the study of gene expression in broilers of the cross «Smena 9»

Ген, фермент	Последовательность праймеров (5'→3'), используемых для количественной ПЦР
<b>Гены антиоксидантной защиты</b>	
<i>SOD1</i> , супероксиддисмутаза 1	F CGGGCCAGTAAAGGTTACTGGAA, R: TGTGTCTCCAAATTCATGCACATG
<b>Гены иммунитета</b>	
<i>AvBD1</i> , β-дефензин 1	F CCGTTTCTGTCCACCGTCA R: CCTTTCCTAAATCCCTTC
<i>AvBD2</i> , β-дефензин 2	F GCACTCCAGGTTTCTCCA R: GCGTCCGACTTTTGATTA
<i>AvBD9</i> , птичий бета-дефензин 9	F AACACCGTCAGGCATCTTCACA, R: CGTCTCTTGGCTGTAAAGCTGGA
<i>AvBD10</i> , птичий бета-дефензин 9	F GCTCTTCGCTGTCTCTCTCT, R: CCAGAGATGGTGAAGGTG
<i>AvBD11</i> , птичий бета-дефензин 11	F AGTCTGCAATTCGTTAGAGGCG R: GGATGTGGTTTCCAAGGGTTTA
<b>Гены воспаления и апоптоза</b>	
<i>IL6</i> , интерлейкин 6	F AGGACGAGATGTGCAAGAAGTTC R: TTGGGCAGGTTGAGGTTGTT
<i>IL8L2 (IL8)</i> , интерлейкин 8	F GGAAGAGAGGTTGTCTTGGA R: TAACATGAGGCACCGATGTG
<i>PTGS2</i> , простагландин-эндопероксидаза	F TCGAGATCACACTTGATTGACA, R: TTTGTGCCTTGTGGGTGTCAG
<i>Casp6</i> , каспаза 6	F CAGAGGAGACAAGTGCCAGA, R: CCAGGAGCCGTTTACAGTTT
<b>Ген мясной продуктивности</b>	
<i>SGLT2</i> , натрий-глюкозного котранспортер 2-го типа	F ACCAAGTACTGCAAGGCGAA, R: TGAGGGTTCCTCTTCTGGCT
<b>Ген барьерной функции эпителия ЖКТ</b>	
<i>MUC2</i> , муцин 2	F CTGGCTCCTTGTGGCTCCTC R: AGCTGCATGACTGGAGACAAGT

в программах Microsoft Excel XP/2003, R-Studio v. 1.1.453<sup>5</sup> (США). Средние значения сравнивались с использованием теста достоверно значимой разницы Тьюки (HSD) и функции TukeyHSD в пакете R Stats Package (США).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основные зоотехнические показатели бройлеров кросса «Смена 9» представлены в таблице 3.

Сохранность поголовья за время выращивания составила 100% по всем группам.

Живая масса петушков и курочек в опытных группах II и IV была несколько выше по сравнению с контролем I ( $p \leq 0,05$ ), тогда как в группе III, напротив, несколько ниже ( $p \leq 0,05$ ). Это свидетельствует в пользу лучшей биологической активности сульфата лизина и гидроксипролина метионина по сравнению с комбинацией лизина в форме монохлоргидрата и DL-метионина на фоне ОР с пониженными (на 5%) уровнями лизина, метионина и обменной энергии.

<sup>1</sup> Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской родительской формой / Д.Н. Ефимов, А.В. Егорова, Ж.В. Емануйлова и др.; под ред. В.И. Фисинина и Д.Н. Ефимова. Сергиев Посад, 2021; 95.

<sup>2</sup> Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. \*Страсбург, 18 марта 1986 года. <https://base.garant.ru/4090914/>

<sup>3</sup> Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / под общей ред. В.И. Фисинина. ВНИТИП, Сергиев Посад, 2013.

<sup>4</sup> Методические рекомендации по проведению разделки тушек и органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы и морфологии яиц / разработ. В.С. Лукашенко, М.А. Лысенко, Т.А. Столяр и др. ВНИТИП. 2001.

<sup>5</sup> <https://rstudio.com>



Таблица 3. Зоотехнические показатели выращивания бройлеров «Смена 9»

Table 3. Zootechnical indicators of broiler growing "Smena 9"

Показатель	Группа			
	контрольная I	опытная II	опытная III	опытная IV
Живая масса в возрасте суток, г	43,30 ± 0,10	44,00 ± 0,12	43,50 ± 0,10	44,10 ± 0,11
Живая масса в возрасте 14 суток, г	510,0 ± 9,0	520,0 ± 7,7	497,0 ± 6,8	529,0 ± 8,1
Живая масса в возрасте 21 суток, г	920,0 ± 12,3	936,0 ± 13,2	893,0 ± 10,3*	952,0 ± 11,2
Живая масса курочек в возрасте 35 суток, г	2090,0 ± 19,2	2149,0 ± 17,6*	2044,0 ± 14,5*	2132,0 ± 12,5*
Живая масса петушков в возрасте 35 суток, г	2392,0 ± 20,4	2467,0 ± 21,3*	2359,0 ± 20,0	2462,0 ± 18,4*
Убойный выход, %	72,3	72,7	71,5	72,8
Абдоминальный жир, %	1,85	1,23*	1,40*	1,10*

Примечание: \*  $p \leq 0,05$  при сравнении опытных групп с контрольной I согласно критерию Стьюдента.

Ранее, напротив, показано, что DL-метионин обладает более высокой активностью в качестве источника метионина у бройлеров, чем гидроксианалог метионина на эквивалентной основе [10], тогда как в другом исследовании показано, что оба соединения обладают одинаковой активностью [16].

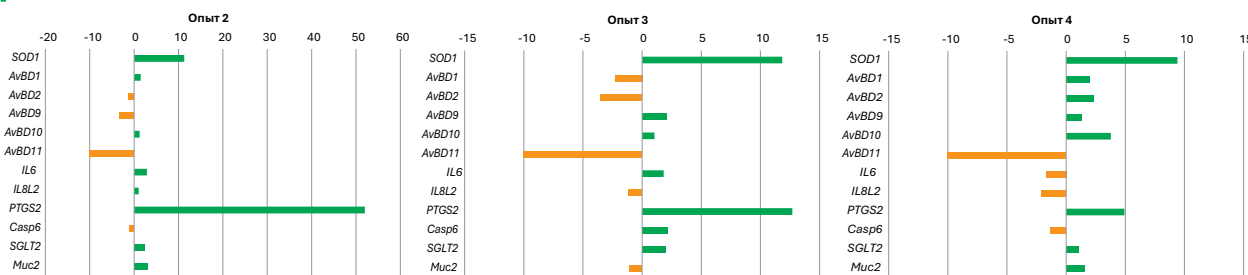
Ряд исследователей показали, что биоэффективность сульфата лизина по сравнению с монохлоргидратом лизина часто практически идентична [9]. Выход абдоминального жира в данном исследовании в опытных группах II–IV был ниже по сравнению с контролем I ( $p \leq 0,05$ ).

Влияние комбикормов с нормальной и пониженной питательностью по обменной энергии, а также лизина и метионина в различных формах на экспрессию ключевых генов у петушков кросса «Смена 9» представлено на рисунке 1, у курочек — на рисунке 2.

Отметим, что изменение состава рациона у петушков (рис. 1) и курочек (рис. 2) оказало во многих случаях значительное влияние ( $p \leq 0,05$ ) на экспрессию ряда ключевых генов, регулирующих антиоксидантную защиту, иммунную систему, воспаление, апоптоз, продуктивность и

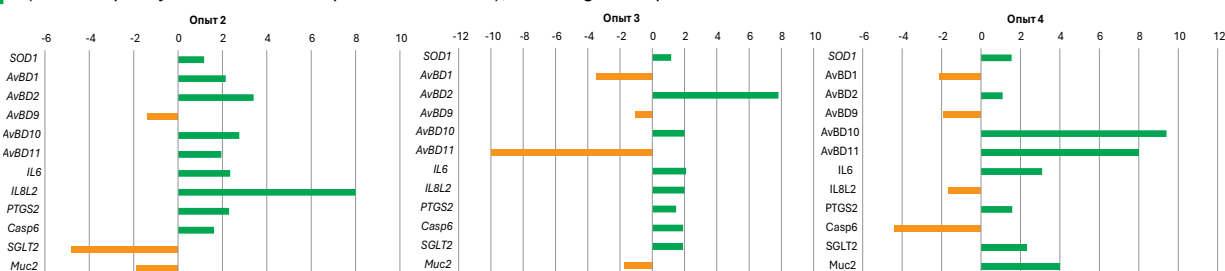
**Рис. 1.** Влияние комбикормов с нормальной и пониженной питательностью по обменной энергии, а также лизина и метионина в различных формах на экспрессию ключевых генов у петушков кросса «Смена 9»: отрицательные значения на оси x означают понижение уровня экспрессии в опытных группах II–IV по сравнению с контрольной группой I, уровень экспрессии в которой условно принят за 1 (кратность отклонений представлена красным цветом), положительные значения — увеличение уровня экспрессии (кратность отклонений представлена синим цветом), 0 — отсутствие экспрессии гена

**Fig. 1.** The effect of compound feeds with normal and reduced nutritional value in terms of metabolic energy, as well as lysine and methionine in various forms on the expression of key genes in roosters of the "Smena 9" cross: negative values on the x axis mean a decrease in the expression level in experimental groups II–IV compared with control group I, the expression level in which is conventionally taken as 1 (the multiplicity of deviations is represented in red), positive values — an increase in the level of expression (the multiplicity of deviations is represented in blue), 0 — no gene expression



**Рис. 2.** Влияние комбикормов с нормальной и пониженной питательностью по обменной энергии, а также лизина и метионина в различных формах на экспрессию ключевых генов у курочек кросса «Смена 9»: отрицательные значения на оси x означают понижение уровня экспрессии в опытных группах II–IV по сравнению с контрольной группой I, уровень экспрессии в которой условно принят за 1 (кратность отклонений представлена красным цветом), положительные значения — увеличение уровня экспрессии (кратность отклонений представлена синим цветом), 0 — отсутствие экспрессии гена

**Fig. 2.** The effect of compound feeds with normal and reduced nutritional value in terms of metabolic energy, as well as lysine and methionine in various forms on the expression of key genes in chickens of the "Smena 9" cross: negative values on the x axis mean a decrease in the expression level in experimental groups II–IV compared with control group I, the expression level in which is conventionally taken as 1 (the multiplicity of deviations is represented in red), positive values — an increase in the level of expression (the multiplicity of deviations is represented in blue), 0 — no gene expression



барьерную функцию эпителия ЖКТ. Эти данные говорят о том, что изменение рациона может приводить к изменению регуляции некоторых ключевых генов у птиц, что может указывать на физиологическую адаптацию.

Что касается изменения генов антиоксидантной защиты, то следует отметить, что домашняя птица, как и все аэробные живые организмы, способна вырабатывать активные формы кислорода для регуляции физиологических процессов организма, в норме поддерживая их уровень на низких значениях для стабилизации окислительно-восстановительного баланса [17].

Гипервыработка свободных радикалов, приводящая к окислительному стрессу, — основной фактор, вызывающий негативные последствия у животных и птиц. У птицы сформировались интегрированные системы антиоксидантной защиты, такие как SOD1 (супероксиддисмутаза 1). Супероксиддисмутаза 1 участвует в регуляции выработки свободных радикалов и поддержания баланса между антиоксидантами и прооксидантами [18]. У петушков экспрессия *SOD1* в опытных группах II–IV резко возрастала (от 9,4 до 11,8 раза) по сравнению с контролем I ( $p \leq 0,05$ ), тогда как у курочек не имела достоверных различий с контролем I в группах II и III и повышалась незначительно в группе IV ( $p \leq 0,05$ ).

Изменение состава рациона в опытных группах (что в большей степени касается групп петушков) могло «вмешаться» в окислительно-восстановительный баланс и привело к активации звена эндогенной антиоксидантной системы. F.M. Hernandez и соавт. [4] показали, что снижение сырого протеина в рационе бройлеров на 1,5% отрицательно сказалось на продуктивности петушков, но не курочек, в рационе которых сырой протеин можно было снизить до 3% без каких-либо последствий для продуктивности. При этом наблюдалась значительная взаимосвязь между уровнем сырого протеина и полом в отношении экспрессии генов *CAT2*, *PEPT2* и *ASCT11*. Возможно, у курочек имеются иные компенсаторные механизмы преодоления кормовых стрессов или сам стресс имеет меньшее негативное влияние в отношении курочек.

Такую же тенденцию, связанную с полом, сохранял уровень экспрессии мРНК *PTGS2* (простагландин-эндопероксидсинтазы) у бройлеров. Так, у петушков экспрессия *PTGS2* в опытных группах II–IV резко возрастала (от 4,9 до 52,0 раз) по сравнению с контролем I ( $p \leq 0,05$ ), тогда как у курочек увеличивалась лишь в 1,5–2,3 раза ( $p \leq 0,05$ ). *PTGS2* считается важнейшим провоспалительным медиатором [19].

Активация данного гена может ухудшить продуктивность бройлеров в условиях промышленного выращивания [20], ведь усиление иммунного ответа приводит к значительным потерям

энергии кормов, поскольку для иммунной регуляции требуется огромное количество как энергии, так и питательных веществ [21]. L. Kern и соавт. предположили, что механизм, который может быть задействован в провоспалительных реакциях у петушков, может заключаться в более высокой массе тела по сравнению с курочками [22].

Кроме того, экспрессия гена *SGLT2* в слепых отростках кишечника петушков и курочек в ответ на изменение рациона демонстрировала различные уровни. Так, например, экспрессия данного гена у курочек была снижена в опытной группе II в 5,0 раз по сравнению с группой I ( $p \leq 0,05$ ), тогда как у петушков, напротив, повышена в 2,4 раза ( $p \leq 0,05$ ). *SGLT2* — это ген, который кодирует котранспортеры натрия и глюкозы [23], а значит, участвует во всасывании питательных веществ и снабжении организма энергией.

Потенциальная разница в усвоении питательных веществ в кишечнике у петушков и курочек может приводить к разнице в скорости всасывания питательных веществ и, следовательно, к наблюдаемой разнице в массе тела между полами. Ранее было проведено несколько исследований для определения различий в экспрессии переносчиков питательных веществ у курочек и петушков. Показано, что у индюшат-самок, напротив, был выше уровень экспрессии гена *SGLT1* по сравнению с самцами [24].

Стоит отметить, что экспрессия гена *Muc2* в слепых отростках кишечника петушков и курочек изменялась по-разному в зависимости от используемого рациона. Например, экспрессия мРНК данного гена у курочек снижалась в опытной группе II в 1,9 раза по сравнению с группой I ( $p \leq 0,05$ ), тогда как у петушков, напротив, повышалась в 3,1 раза ( $p \leq 0,05$ ). Эпителий кишечного тракта покрыт слоем слизи, состоящим преимущественно из гликопротеинов муцина, которые синтезируются бокаловидными клетками [25]. Муцин влияет на защиту кишечника от кислот, пищеварительных ферментов и патогенов, фильтрацию питательных веществ в желудочно-кишечном тракте, их переваривание и всасывание [26].

Предыдущие исследования показали, что экспрессия генов муцинов в кишечнике может рассматриваться как биомаркер барьерной функции [27]. Было показано, что белки и специфические аминокислоты изменяют секрецию муцина *Muc2* в ответ на состав рациона. Это связано с тем, что белки и аминокислоты, содержащиеся в кормах, способны напрямую взаимодействовать с бокаловидными клетками, вызывая изменения секреции муцина [28].

Несоответствие некоторых результатов ряду данных, полученных ранее [29], вероятно, связано с различными методическими особенностями проведения экспериментов, такими как генотип птицы, возраст, условия содержания.

## Выводы/Conclusion

Исследованиями на мясных курочках и петушках кросса «Смена 9» установлено, что, по данным динамики изменений живой массы птиц (как петушков, так и курочек), биологическая активность сульфата лизина и гидроксиналога метионина оказалась лучше по сравнению с комбинацией лизина в форме монохлоргидрата и DL-метионина (на фоне ОР с пониженными (на 5%) уровнями лизина, метионина и обменной энергии).

Было показано, что изменения в составе рациона у петушков и курочек оказали во

многих случаях значительное влияние на экспрессию ряда ключевых генов, регулирующих антиоксидантную защиту (например, *SOD1*), иммунную систему, воспаление (*PTGS2*), продуктивность (*SGLT2*) и барьерную функцию эпителия ЖКТ (*Muc2*). Эти данные свидетельствуют о том, что изменение рациона может приводить к изменению регуляции некоторых ключевых генов у птиц, что может указывать на физиологическую адаптацию и, вероятно, оказывать влияние на зоотехнические показатели.

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 средств гранта Российского научного фонда № 22-66-00061 «Экспрессия генов продуктивности и резистентности кур нового отечественного кросса «Смена 9» и ее влияние на иммунитет, особенности реализации генетического потенциала продуктивности при разном энергоаминокислотном питании».

## FUNDING

The study was funded by the grant of the Russian Science Foundation No. 22-66-00061 «Expression of productivity and resistance genes in chickens of the new domestic cross «Smena 9» and its effect on immunity, features of the realization of the genetic potential of productivity with different energy-amino acid nutrition».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Muharliien, Nursita I.W., Pangestu V.M. The Effect of Feed Protein Level on Feed Consumption, Body Weight Gain and Feed Conversion of Finisher Java Super Male Chicken. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 478: 012044. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/478/1/012044>
- Pakiding W., Hakim M.R., Daryatmo, Linggi T.R., Elis. The influence of protein levels on body weight, body dimensions, and reproductive characteristics of local chickens treated in-ovo feeding L-Arginine for two generations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 788: 012188. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012188>
- Houshmand M., Azhar K., Zulkifli I., Bejo M.H., Kamyab A. Effects of non-antibiotic feed additives on performance, immunity and intestinal morphology of broilers fed different levels of protein. *South African Journal of Animal Science*. 2012; 42(1): 22–32. <https://doi.org/10.4314/sajas.v42i1.3>
- Hernández F., López M., Martínez S., Megías M.D., Catalá P., Madrid J. Effect of low-protein diets and single sex on production performance, plasma metabolites, digestibility, and nitrogen excretion in 1- to 48-day-old broilers. *Poultry Science*. 2012; 91(3): 683–692. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01735>
- Awad E.A. et al. Response of broiler to reduced-protein diets under heat stress conditions. *World's Poultry Science Journal*. 2019; 75(4): 583–598. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000576>
- Kidd M.T., McDaniel C.D., Branton S.L., Miller E.R., Boren B.B., Fancher B.I. Increasing Amino Acid Density Improves Live Performance and Carcass Yields of Commercial Broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 2004; 13(4): 593–604. <https://doi.org/10.1093/japr/13.4.593>
- Waldroup P.W., Oviedo-Rondon E.O. Models to Estimate Amino Acid Requirements for Broiler Chickens: A Review. *International Journal of Poultry Science*. 2002; 1(5): 106–113. <https://doi.org/10.3923/ijps.2002.106.113>
- Smiricky-Tjardes M.R., Mavromichalis I., Albin D.M., Wubben J.E., Rademacher M., Gabert V.M. Bioefficacy of L-lysine sulfate compared with feed-grade L-lysine·HCl in young pigs. *Journal of animal science*. 2004; 82(9): 2610–2614. <https://doi.org/10.2527/2004.8292610x>
- Ahmad G., Mushtaq T., Aslam Mirza M., Ahmed Z. Comparative Bioefficacy of Lysine from L-Lysine Hydrochloride or L-Lysine Sulfate in Basal Diets Containing Graded Levels of Canola Meal for Female Broiler Chickens. *Poultry Science*. 2007; 86(3): 525–530. <https://doi.org/10.1093/ps/86.3.525>
- Sauer N., Emrich K., Piepho H.-P., Lemme A., Redshaw M.S., Mosenthin R. Meta-Analysis of the Relative Efficiency of Methionine-Hydroxy-Analogue-Free-Acid Compared with DL-Methionine in Broilers Using Nonlinear Mixed Models. *Poultry Science*. 2008; 87(10): 2023–2031. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00514>
- Kluge H., Gessner D.K., Herzog E., Eder K. Efficacy of DL-methionine hydroxy analogue-free acid in comparison to DL-methionine in growing male white Pekin ducks. *Poultry Science*. 2016; 95(3): 590–594. <https://doi.org/10.3382/ps/pev355>
- Martin-Venegas R., Geraert P.A., Ferrer R. Conversion of the Methionine Hydroxy Analogue DL-2-Hydroxy-(4-Methylthio) Butanoic Acid to Sulfur-Containing Amino Acids in the Chicken Small Intestine. *Poultry Science*. 2006; 85(11): 1932–1938. <https://doi.org/10.1093/ps/85.11.1932>
- Zarghi H., Ghavi S. Relative biological efficacy of methionine hydroxy analogue-free acid compared to DL-methionine in the broiler chickens. *Veterinary Medicine and Science*. 2024; 10(3): e1460. <https://doi.org/10.1002/vms3.1460>
- Gelli M., Duo Y., Konda A.R., Zhang C., Holding D., Dweikat I. Identification of differentially expressed genes between sorghum genotypes with contrasting nitrogen stress tolerance by genome-wide transcriptional profiling. *BMC Genomics*. 2014; 15: 179. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-179>
- Pauletto M. et al. Nutrigenomic Effects of Long-Term Grape Pomace Supplementation in Dairy Cows. *Animals*. 2020; 10(4): 714. <https://doi.org/10.3390/ani10040714>
- Vázquez-Añón M., Kratzer D., González-Esquerre R., Yi I.G., Knight C.D. A Multiple Regression Model Approach to Contrast The Performance of 2-Hydroxy-4-Methylthio Butanoic Acid and DL-Methionine Supplementation Tested in Broiler Experiments and Reported in the Literature. *Poultry Science*. 2006; 85(4): 693–705. <https://doi.org/10.1093/ps/85.4.693>
- Surai P.F. Integrated Antioxidant Defence Network in Animals. *EC Nutrition*. 2023; 18(6): 18–20.
- Surai F. Vitagenes in avian biology and poultry health. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers. 2020; 544. ISBN 978-90-8686-353-2 <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-906-0>
- Martín-Vázquez E., Cobo-Vuilleumier N., López-Noriega L., Lorenzo P.I., Gauthier B.R. The PTGS2/COX2-PGE<sub>2</sub> signaling cascade in inflammation: Pro or anti? A case study with type 1 diabetes mellitus. *International Journal of Biological Sciences*. 2023; 19(13): 4157–4165. <https://doi.org/10.7150/ijbs.86492>
- Surai P.F., Kochish I.I., Kidd M.T. Redox Homeostasis in Poultry: Regulatory Roles of NF-κB. *Antioxidants*. 2021; 10(2): 186. <https://doi.org/10.3390/antiox10020186>
- Burdick Sanchez N.C., Broadway P.R., Carroll J.A. Influence of Yeast Products on Modulating Metabolism and Immunity in Cattle and Swine. *Animals*. 2021; 11(2): 371. <https://doi.org/10.3390/ani11020371>



22. Kern L., Mittenbühler M.J., Vesting A.J., Ostermann A.L., Wunderlich C.M., Wunderlich F.T. Obesity-Induced TNF $\alpha$  and IL-6 Signaling: The Missing Link between Obesity and Inflammation—Driven Liver and Colorectal Cancers. *Cancers*. 2019; 11(1): 24. <https://doi.org/10.3390/cancers11010024>

23. Ghezzi C., Loo D.D.F., Wright E.M. Physiology of renal glucose handling via SGLT1, SGLT2 and GLUT2. *Diabetologia*. 2018; 61(10): 2087–2097. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4656-5>

24. Weintraut M.L., Kim S., Dalloul R.A., Wong E.A. Expression of small intestinal nutrient transporters in embryonic and posthatch turkeys. *Poultry Science*. 2016; 95(1): 90–98. <https://doi.org/10.3382/ps/pev310>

25. Uni Z., Smirnov A., Sklan D. Pre- and posthatch development of goblet cells in the broiler small intestine: effect of delayed access to feed. *Poultry Science*. 2003; 82(2): 320–327. <https://doi.org/10.1093/ps/82.2.320>

26. Horn N.L., Donkin S.S., Applegate T.J., Adeola O. Intestinal mucin dynamics: response of broiler chicks and White Pekin ducklings to dietary threonine. *Poultry Science*. 2009; 88(9): 1906–1914. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00009>

27. Celi P., Verhac V., Pérez Calvo E., Schmeisser J., Klünter A.-M. Biomarkers of gastrointestinal functionality in animal nutrition and health. *Animal Feed Science and Technology*. 2019; 250: 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2018.07.012>

28. Faure M., Moënoz D., Montigon F., Mettraux C., Breuillé D., Ballèvre O. Dietary Threonine Restriction Specifically Reduces Intestinal Mucin Synthesis in Rats. *The Journal of Nutrition*. 2005; 135(3): 486–491. <https://doi.org/10.1093/jn/135.3.486>

29. Conde-Aguilera J.A., Cholet J.C.G., Lessire M., Mercier Y., Tesseraud S., van Milgen J. The level and source of free-methionine affect body composition and breast muscle traits in growing broilers. *Poultry Science*. 2016; 95(10): 2322–2331. <https://doi.org/10.3382/ps/pew105>

## ОБ АВТОРАХ

### Елена Александровна Йылдырым<sup>1,2</sup>

- доктор биологических наук, главный биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории<sup>1</sup>;
- доктор биологических наук, профессор кафедры крупного животноводства<sup>2</sup>

deniz@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

### Лариса Александровна Ильина<sup>1,2</sup>

- доктор биологических наук, начальник молекулярно-генетической лаборатории<sup>1</sup>;
- доктор биологических наук, профессор кафедры крупного животноводства<sup>2</sup>

ilina@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2789-4844>

### Георгий Юрьевич Лаптев<sup>1</sup>

доктор биологических наук, генеральный директор ООО «БИОТРОФ+»  
laptev@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

### Валентина Анатольевна Филиппова<sup>1,2</sup>

- старший биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории<sup>1</sup>;
- заведующая лабораторией кафедры крупного животноводства<sup>2</sup>

filippova@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8789-9837>

### Андрей Валерьевич Дубровин<sup>1,2</sup>

- кандидат ветеринарных наук, биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории<sup>1</sup>;
- кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник кафедры крупного животноводства<sup>2</sup>

dubrowin.a.v@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8424-4114>

### Дарья Георгиевна Тюрина<sup>1</sup>

кандидат экономических наук, главный биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории  
tiurina@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9001-2432>

### Ксения Андреевна Соколова<sup>1,2</sup>

- биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории<sup>1</sup>;
- ассистент кафедры крупного животноводства<sup>2</sup>

ksenya.k.a@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9541-6839>

### Василий Александрович Заикин<sup>1</sup>

биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории  
dfxt@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-8029-9955>

### Екатерина Сергеевна Пономарева<sup>1</sup>

биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории  
kate@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

## ABOUT THE AUTHORS

### Elena Alexandrovna Yildirim<sup>1,2</sup>

- Doctor of Biological Sciences, Chief Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory<sup>1</sup>;
- Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Large Animal Husbandry<sup>2</sup>

deniz@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

### Larisa Alexandrovna Ilyina<sup>1,2</sup>

- Doctor of Biological Sciences, Head of the Molecular Genetic Laboratory<sup>1</sup>;
- Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Large Animal Husbandry<sup>2</sup>

ilina@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2789-4844>

### Georgiy Yurievich Laptev<sup>1</sup>

Doctor of Biological Sciences,  
CEO of "BIOTROF+" Ltd  
laptev@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

### Valentina Anatolyevna Filippova<sup>1,2</sup>

- Senior Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory<sup>1</sup>;
- Head of the Laboratory of the Department of Large Animal Husbandry<sup>2</sup>

filippova@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8789-9837>

### Andrey Valeryevich Dubrovin<sup>1,2</sup>

- Candidate of Veterinary Sciences, Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory<sup>1</sup>;
- Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher at the Department of Large Animal Husbandry<sup>2</sup>

dubrowin.a.v@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8424-4114>

### Daria Georgievna Tyurina<sup>1</sup>

Candidate of Economic Sciences, Chief Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory  
tiurina@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9001-2432>

### Ksenia Andreevna Sokolova<sup>1,2</sup>

- Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory<sup>1</sup>;
- Assistant of the Department of Large animal Husbandry<sup>2</sup>

ksenya.k.a@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9541-6839>

### Vasily Alexandrovich Zaikin<sup>1</sup>

Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory  
dfxt@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-8029-9955>

### Ekaterina Sergeevna Ponomareva<sup>1</sup>

Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory  
kate@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

**Ирина Александровна Ключникова<sup>1,2</sup>**

• биотехнолог молекулярно-генетической лаборатории<sup>1</sup>;  
• аспирант<sup>2</sup>  
irina@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0009-008-6484-1235>

**Владимир Иванович Фисинин<sup>3</sup>**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
академик РАН, научный руководитель  
<https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

**Иван Афанасьевич Егоров<sup>3</sup>**

доктор биологических наук, профессор,  
академик РАН  
<https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

**Татьяна Анатольевна Егорова<sup>3</sup>**

доктор сельскохозяйственных наук, заместитель  
директора по научно-исследовательской работе  
eta164@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

**Вардгес Агавардович Манукян<sup>3</sup>**

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный  
сотрудник, заведующий отделом питания птицы  
manukyan@vnitip.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

**Татьяна Николаевна Ленкова<sup>3</sup>**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
dissovet@vnitip.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

**Ольга Николаевна Дегтярева<sup>3</sup>**

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник  
fncvnitip@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7243-7381>

<sup>1</sup>ООО «БИОТРОФ+»,  
бульвар Загребский, 19/1, Санкт-Петербург, 192284,  
Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный  
университет,  
Петербургское шоссе, 2, Пушкин, Санкт-Петербург,  
196601, Россия

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский  
и технологический институт птицеводства,  
ул. Птицеградская, 10, Сергиев Посад, Московская обл.,  
141311, Россия

**Irina Alexandrovna Klyuchnikova<sup>1,2</sup>**

• Biotechnologist of the Molecular Genetic Laboratory<sup>1</sup>;  
• Graduate Student<sup>2</sup>  
irina@biotrof.ru  
<https://orcid.org/0009-008-6484-1235>

**Vladimir Ivanovich Fisinin<sup>3</sup>**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician  
of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor  
<https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

**Ivan Afanasievich Egorov<sup>3</sup>**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician  
of the Russian Academy of Sciences  
<https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

**Tatyana Anatolyevna Egorova<sup>3</sup>**

Doctor of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research  
Work  
eta164@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

**Vardges Aghavardovich Manukyan<sup>3</sup>**

Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher,  
Head of the Poultry Nutrition Department  
manukyan@vnitip.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

**Tatyana Nikolaevna Lenkova<sup>3</sup>**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor  
dissovet@vnitip.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

**Olga Nikolaevna Degtyareva<sup>3</sup>**

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher  
fncvnitip@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7243-7381>

<sup>1</sup> "BIOTROF+" Ltd,  
19/1 Zagrebkiy Ave., Saint Petersburg, 192284, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State Agrarian University,  
2 Peterburgskoe Highway, Pushkin, St. Petersburg, 196601,  
Russia

<sup>3</sup> All-Russian Scientific Research and Technological Institute  
of Poultry Farming,  
10 Ptitsegradskaya Str., Sergiev Posad, Moscow region,  
141311, Russia



**Подпишитесь на Telegram канал  
ИД «Аграрная наука»**



Ежедневно вы будете получать  
свежие новости АПК  
и сельского хозяйства,  
анонсы отраслевых событий,  
знакомиться с результатами  
научных исследований,  
репортажами и интервью.



**Оформите подписку на информационные  
e-mail рассылки**



Дважды в неделю на ваш e-mail ящик  
будут приходить уведомления  
о топовых событиях АПК,  
аналитика, прогнозы,  
приглашения на выставки  
и конференции.

**Через наши рассылки вы можете познакомиться  
со своими товарами и услугами  
потенциальных клиентов.**

**Связаться с редакцией:  
Тел. +7 (495) 777 67 67  
(доб. 1453)  
[agrovetpress@inbox.ru](mailto:agrovetpress@inbox.ru)**

УДК 616:018:636.32.38

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-95-100

А.А. Решетникова<sup>1</sup> ✉А.А. Белоус<sup>1</sup>П.И. Отраднов<sup>1</sup>Е.А. Требунских<sup>2</sup>А.Ф. Контэ<sup>1</sup>В.В. Волкова<sup>1</sup>Н.А. Зиновьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Подольск, Московская обл., Россия

<sup>2</sup>ООО «Селекционно-гибридный центр "Топ Ген"», с. Верхняя Хава, Воронежская обл., Россия

✉ reshnikova.aa@yandex.ru

Поступила в редакцию: 15.10.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Решетникова А.А., Белоус А.А., Отраднов П.И., Требунских Е.А., Контэ А.Ф., Волкова В.В., Зиновьева Н.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-95-100

Anastasia A. Reshetnikova<sup>1</sup> ✉Anna A. Belous<sup>1</sup>Petr I. Otradnov<sup>1</sup>Elena A. Trebunskih<sup>2</sup>Alexander F. Conte<sup>1</sup>Valeria V. Volkova<sup>1</sup>Natalia A. Zinovieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk, Moscow Region, Russia

<sup>2</sup>LLC Breeding and Hybrid Center "Top Gene", Verkhnyaya Khava village, Voronezh region, Russia

✉ reshnikova.aa@yandex.ru

Received by the editorial office: 15.10.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Reshetnikova A.A., Belous A.A., Otradnov P.I., Trebunskih E.A., Conte A.F., Volkova V.V., Zinovieva N.A.

## Определение экспрессии генов TNFAIP3, CDS1 и MTAP в популяции свиней породы крупная белая

### РЕЗЮМЕ

В современной молекулярной биологии и генетике изучение экспрессии генов играет ключевую роль в понимании механизмов развития и функционирования живых организмов. В свиноводстве, где селекция и генетика являются важными инструментами для улучшения продуктивности и устойчивости животных, анализ экспрессии генов может предоставить ценный материал для селекционных программ. Статья, посвященная определению экспрессии генов TNFAIP3, CDS1 и MTAP в популяции свиней породы крупная белая, представляет собой глубокое исследование в области молекулярной генетики и селекции животных. Вышеперечисленные гены были выбраны в связи с их предполагаемой ролью в регуляции иммунного ответа, метаболизма и развития организма. В результате анализа, проведенного при помощи ПЦР в реальном времени, были показаны различия в экспрессии генов CDS1 (ЦДФ-диацилглицеринсинтазы) в тканях легких и почек по сравнению с экспрессией в тканях сердца. Кроме того, было выявлено, что уровень экспрессии гена MTAP (метилтиоаденозинфосфорилазы) отличается в тканях легкого и селезенки по сравнению с другими исследованными органами. Результаты исследования могут иметь значительные последствия для селекционных программ в свиноводстве, поскольку они предоставляют информацию о генетических факторах, влияющих на продуктивность, устойчивость и качество мяса свиней. Кроме того, статья может быть интересна для широкого круга специалистов в области молекулярной генетики, селекции животных и ветеринарной медицины, поскольку она демонстрирует применение современных методов молекулярной биологии для решения актуальных задач в животноводстве.

**Ключевые слова:** экспрессия, гены, крупная белая, свиньи, TNFAIP3, CDS1, MTAP

**Для цитирования:** Решетникова А.А. и др. Определение экспрессии генов TNFAIP3, CDS1 и MTAP в популяции свиней породы крупная белая. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 95–100.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-95-100>

## Determination of TNFAIP3, CDS1 and MTAP gene expression in a population of large white pigs

### ABSTRACT

In modern molecular biology and genetics, the study of gene expression plays a key role in understanding the mechanisms of development and functioning of living organisms. In pig farming, where breeding and genetics are important tools for improving animal productivity and resilience, gene expression analysis can provide valuable material for breeding programs. The article devoted to determining the expression of TNFAIP3, CDS1 and MTAP genes in a population of large white pigs is an in-depth study in the field of molecular genetics and animal breeding. The above-mentioned genes were selected in connection with their supposed role in regulating the immune response, metabolism and development of the body. As a result of real-time PCR analysis, differences in the expression of CDS1 (CDP-diacylglycerine synthase) genes in lung and kidney tissues were shown compared with expression in heart tissues. In addition, it was found that the expression level of the MTAR (methylthioadenosine phosphorylase) gene differs in lung and spleen tissues compared to other studied organs. The results of the study may have significant implications for pig breeding programs, as they provide information on genetic factors affecting the productivity, sustainability and quality of pig meat. In addition, the article may be of interest to a wide range of specialists in the field of molecular genetics, animal breeding and veterinary medicine, as it demonstrates the application of modern methods of molecular biology to solve urgent problems in animal husbandry.

**Key words:** expression, genes, large white, pigs, TNFAIP3, CDS1, MTAP

**For citation:** Reshetnikova A.A. et al. Determination of TNFAIP3, CDS1 and MTAP gene expression in a population of large white pigs. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 95–100 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-95-100>



## Введение/Introduction

В современной биологии и генетике изучение экспрессии генов играет ключевую роль в понимании механизмов развития и функционирования живых организмов. Экспрессия генов — это процесс, в ходе которого информация, закодированная в ДНК, преобразуется в функциональные продукты, такие как белки, которые выполняют различные функции в клетке.

Изучение экспрессии генов у различных видов животных, включая свиней, позволяет не только глубже понять биологические процессы, но и применять полученные знания в различных областях науки и практики (например, таких, как селекция, ветеринария и биотехнологии) [1].

Свиньи (*Sus scrofa*), как один из наиболее распространенных видов сельскохозяйственных животных, привлекают особое внимание исследователей в связи с их значением для пищевой промышленности и сельского хозяйства в целом [2]. Понимание механизмов экспрессии генов у свиней может способствовать улучшению их продуктивности, устойчивости к болезням и адаптации к различным условиям содержания.

В данном контексте особый интерес представляет изучение экспрессии генов, связанных с иммунной системой и метаболизмом. TNFAIP3, CDS1 и MTAP — это гены, которые играют важную роль в регуляции иммунного ответа, метаболизме и транспорте питательных веществ. TNFAIP3 (Tumor Necrosis Factor Alpha-Induced Protein 3) участвует в регуляции воспалительных процессов и иммунного ответа, CDS1 (CDP-Diacylglycerol Synthase 1) отвечает за синтез фосфатидилхолина, важного компонента клеточных мембран, а MTAP (Microsomal Triglyceride Transfer Protein) участвует в транспорте триглицеридов и других липидов [3, 4].

Изучение экспрессии этих генов у свиней может предоставить ценную информацию о механизмах, лежащих в основе их иммунной системы и метаболизма, а также о факторах, влияющих на эти процессы, что в свою очередь может способствовать разработке новых подходов к селекции свиней, направленных на улучшение их продуктивности, устойчивости к болезням и адаптации к различным условиям содержания.

Крупная белая порода свиней — одна из наиболее распространенных и популярных в мировом свиноводстве. Она была выведена в Великобритании в XIX веке и с тех пор широко распространилась по всему миру благодаря своим высоким продуктивным качествам и адаптивности к различным условиям содержания.

Одной из ключевых особенностей крупной белой породы является ее высокая плодовитость. Свиноматки этой породы отличаются хорошей репродуктивной способностью, что позволяет получать большое количество здорового потомства. Это делает их особенно ценными для свиноводческих хозяйств, поскольку позволяет увеличить производство мяса и снизить затраты на его

получение. Кроме того, крупная белая порода обладает высокой скоростью роста и хорошей конверсией корма. Это означает, что животные этой породы способны быстро набирать вес, используя при этом минимальное количество корма. Это качество особенно важно в современном свиноводстве, где экономия ресурсов и снижение затрат играют ключевую роль [5].

Генетические исследования показали, что экспрессия генов, отвечающих за рост и развитие, у крупной белой породы свиней значительно выше, чем у многих других пород. Это объясняет их способность к быстрому росту и высокой продуктивности. Кроме того, исследования выявили, что гены, связанные с репродуктивной функцией, имеют высокую экспрессию у крупной белой породы, что подтверждает их высокую плодовитость [6].

Таким образом, исследование экспрессии генов TNFAIP3, CDS1 и MTAP у свиней породы крупная белая представляет собой важный шаг в понимании биологии данного вида и может иметь значительные последствия для сельскохозяйственной промышленности и ветеринарной медицины.

**Цель работы** — изучение экспрессии генов ферментов CDS1 (ЦДФ-диацилглицеринсинтазы), MTAP (метилтиоаденозинфосфорилазы) и TNFAIP3 (фактора некроза опухоли, альфа-индуцированного белка 3) в тканях сердца, легкого, селезенки, почек и яичников у свиней.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа была выполнена в лаборатории генетических технологий в агро- и аквахозяйстве Федерального исследовательского центра Всероссийского института животноводства им. Л.К. Эрнста с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2024 году.

Анализ уровня относительной экспрессии генов, связанных с антиоксидантной системой и системой иммунитета, проводили при помощи ПЦР в реальном времени на амплификаторе DT-lite («ДНК-Технология», Россия). Для этого были отобраны по 20 образцов тканей сердца, легкого, селезенки, почек и яичников у свиней крупной белой породы в возрасте 145–150 дней. Убой животных (по достижении 100 кг живого веса) проводился в ООО СГЦ «Топ Ген» (Воронежская обл., с. Верхняя Хава) в специально оборудованном цехе. Экспериментальные процедуры, использованные в исследовании, не противоречат Европейской конвенции по защите позвоночных животных (г. Страсбург, 18 марта 1986 г., ETS № 123).

Образцы были помещены в раствор IntactRNA («Евроген», Россия) и хранились при температуре -20 °C.

Поставленную задачу по исследованию проб реализовывали в компании ООО «БИОТРОФ+»,

в лаборатории молекулярно-генетических исследований, включающих применение комплекса методик на основе молекулярно-генетических подходов, позволяющих определить экспрессию генов сельскохозяйственных животных.

Тотальную РНК из образцов выделяли с помощью набора Aurum Total RNA (BioRad, США) согласно инструкции производителя. Гомогенизация образцов тканей осуществлялась на гомогенизаторе Precellys Evolution (Bertin technologies, Франция). При помощи набора iScript RT Supermix (BioRad, США) осуществляли реакцию обратной транскрипции для получения кДНК на матрице РНК. Реакцию амплификации с праймерами генов проводили при помощи набора SsoAdvanced Universal SYBR Green Supermix (BioRad, США) согласно протоколу производителя. Для этого использовались специфичные праймеры для каждого гена: TNFAIP3-F (5'-GAGTACAGAGAAAATAAACATTTTCGTC-3') и TNFAIP3-R (5'-TTCAACACCCGTGCTTCCGAG-3') для гена TNFAIP3; CDS1-F (5'-TATGCTGATGCTTCTTGTCTAGG-3') и CDS1-R (5'-CTGAGTGTCTAAACCAAGGTAG-3') для гена CDS1; MTPAP-F (5'-TTTGTGTGCAGAAAGTGTAGATG-3') и MTPAP-R (5'-GATAGCGGAGTTTGGTGTCTC-3') для гена MTPAP.

Расчет относительной экспрессии был произведен при помощи метода  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  [7]. В качестве референсного гена был выбран ген белка b-Actin свиньи (производитель ООО «Бигль», Россия). Ген бета-актина является геном домашнего хозяйства в эукариотических клетках, поэтому он всегда хорошо экспрессируется во всех клетках и был выбран в качестве референсного.

Обработка данных осуществлялась в программе Microsoft Excel 2010 по методу Ливака [7]. Исследования были проведены в трехкратной повторности ( $p > 0,05$ ).

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате данной работы была проведена в группах оценка относительной экспрессии генов CDS1, MTPAP и TNFAIP3 в тканях сердца, легкого, селезенки, почек и яичников у свиней (табл. 1) с использованием современных методов молекулярной биологии, что обеспечило высокую точность и надежность полученных результатов (95%). В качестве контрольной группы были взяты образцы ткани сердца, так как расчет экспрессии необходимо проводить относительно какой-либо группы, которая будет принята за контрольную. За контрольную группу по экспрессии в данном исследовании было взято сердце, но перерасчет можно проводить по любому органу [7].

Более подробно полученная относительная экспрессия по каждому гену отражена на рисунках 1–3.

Экспрессия гена CDS1 (ЦДФ-диацилглицеринсинтазы) существенно отличалась в разных тканях организма. Наиболее высокий уровень экспрессии данного гена был обнаружен в тканях почек,

что существенно отличается от уровня экспрессии в тканях сердца и других типах тканей. Сравнительный анализ показал, что в почках уровень экспрессии гена CDS1 был в 24 раза выше по сравнению с экспрессией данного гена в тканях сердца. Это указывает на важную роль ЦДФ-диацилглицеринсинтазы в функционировании почек, возможно, связанную с процессами метаболизма и транспорта липидов [8].

В легких наблюдалась почти в 4 раза повышенная экспрессия гена CDS1 по сравнению с сердцем. Это может быть связано с необходимостью поддержания эффективного обмена веществ и энергии в легочной ткани, учитывая ее высокую метаболическую активность [9].

В отличие от почек и легких, в тканях селезенки уровень экспрессии гена CDS1 был снижен на 30% по сравнению с тканями сердца. Это может указывать на специфические особенности метаболических процессов в селезенке, которые не требуют такой высокой активности ЦДФ-диацилглицеринсинтазы.

Интересно, что в яичниках уровень экспрессии гена CDS1 не отличался от экспрессии в тканях сердца. Это может быть связано с тем, что оба органа имеют схожие требования к метаболической активности, хотя и выполняют разные функции в организме.

В целом данные исследования показывают, что экспрессия гена CDS1 сильно варьируется в зависимости от типа ткани и органа, что отражает

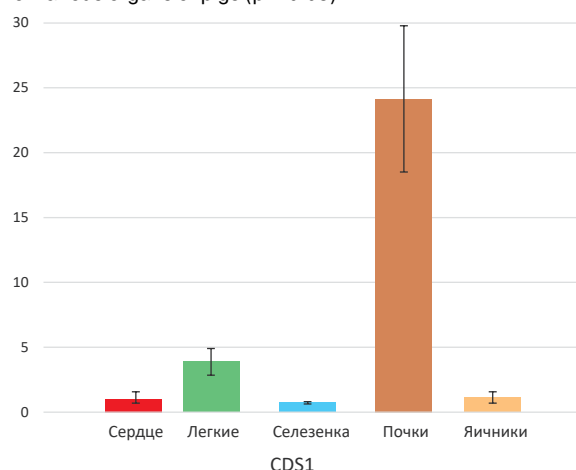
Таблица 1. Относительная экспрессия генов в тканях различных органов свиней

Table 1. Relative gene expression in tissues of various pig organs

Органы	CDS1	MTPAP	TNFAIP3
Сердце	1	1	1
Легкие	$3,88 \pm 1,027$	$0,20 \pm 0,075$	$1,25 \pm 0,124$
Селезенка	$0,72 \pm 0,090$	$0,12 \pm 0,053$	$1,03 \pm 0,060$
Почки	$24,15 \pm 5,635$	$0,76 \pm 0,592$	$1,35 \pm 0,354$
Яичники	$1,13 \pm 0,437$	$1,06 \pm 0,282$	$1,08 \pm 0,205$

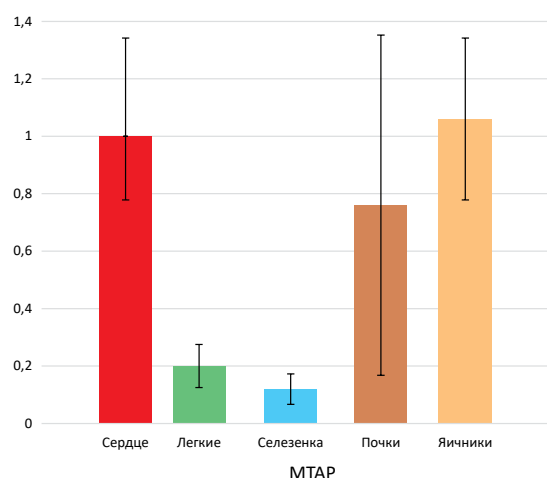
Рис. 1. Относительная экспрессия гена CDS1 в тканях различных органов свиней ( $p > 0,05$ )

Fig. 1. The relative expression of the CTR1 gene in the tissues of various organs of pigs ( $p > 0.05$ )



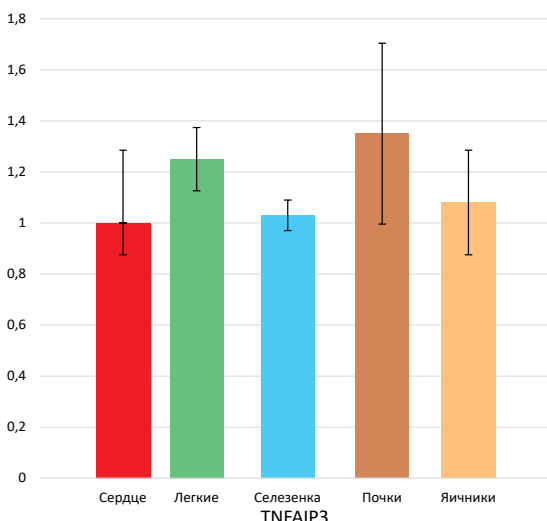
**Рис. 2.** Относительная экспрессия гена MTAP в тканях различных органов свиней ( $p > 0,05$ )

**Fig. 2.** The relative expression of the MTAP gene in the tissues of various organs of pigs ( $p > 0,05$ )



**Рис. 3.** Относительная экспрессия гена TNFAIP3 в тканях различных органов свиней ( $p > 0,05$ )

**Fig. 3.** The relative expression of the TNFAIP3 gene in the tissues of various organs of pigs ( $p > 0,05$ )



специфические метаболические потребности каждого из них. Эти результаты могут быть важными для понимания механизмов регуляции метаболизма в различных органах и тканях, а также для разработки новых подходов к лечению заболеваний, связанных с нарушениями метаболических процессов.

Экспрессия гена MTAP (метилтиоаденозинфосфорилазы) была снижена в тканях легкого и селезенки. В тканях легкого экспрессия метилтиоаденозинфосфорилазы была значительно ниже, чем в тканях сердца. В то же время в тканях селезенки уровень экспрессии данного гена был еще более низким — в 8 раз меньше, чем в сердечной ткани.

Важно отметить, что уровень экспрессии в тканях почек и яичников не показал значимых различий по сравнению с экспрессией в тканях сердца. Это может указывать на специфическую роль метилтиоаденозинфосфорилазы в этих органах, которая отличается от ее функций в легких и селезенке [10, 11].

Дальнейшие исследования могут помочь в понимании механизмов, лежащих в основе этих различий, и их потенциального влияния на здоровье и развитие заболеваний.

Уровень транскрипции гена TNFAIP3, который кодирует фактор некроза опухоли, альфа-индуцированный белок 3, не показал значимых различий между всеми исследованными тканями свиней. Это означает, что экспрессия данного гена остается стабильной и не зависит от типа ткани, что может быть важным фактором при изучении биологических процессов и патологических состояний у свиней.

Важно отметить, что TNFAIP3 играет ключевую роль в регуляции воспалительных реакций и иммунного ответа, поэтому его стабильная экспрессия может свидетельствовать о поддержании гомеостаза в организме животного [12, 13].

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение взаимодействия TNFAIP3 с другими генами и белками, а также на анализ его роли в развитии различных заболеваний у свиней.

### Выводы/Conclusion

Исследование было направлено на выявление потенциальных различий в экспрессии генов TNFAIP3, CDS1 и MTAP в различных органах и тканях, что может иметь важное значение для понимания их функциональных особенностей и возможных патологических процессов.

В результате анализа, проведенного при помощи ПЦР в реальном времени, были показаны различия в экспрессии генов CDS1 (ЦДФ-диацилглицеринсинтазы) в тканях легких и почек по сравнению с экспрессией в тканях сердца. Это может указывать на специфические функциональные особенности этих органов и их роль в метаболических процессах. Кроме того, было выявлено, что уровень экспрессии гена MTAP (метилтиоаденозинфосфорилазы) отличается в тканях легкого и селезенки по сравнению с другими исследованными органами, что может быть связано с различиями в метаболических процессах и функциональных особенностях этих органов.

Кроме того, уровень транскрипции гена TNFAIP3 (фактора некроза опухоли, альфа-индуцированного белка 3) не имел различий в транскрипции между всеми исследованными тканями свиней. Это может свидетельствовать о том, что данный ген играет универсальную роль в различных органах и тканях, не зависящую от специфических функциональных особенностей каждого органа.

В целом результаты данного исследования могут быть использованы для дальнейшего изучения функциональных особенностей различных органов и тканей у свиней, а также для понимания механизмов развития патологических процессов, что может иметь важное значение для ветеринарной медицины и сельскохозяйственной промышленности.



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, проект № 21-76-10038.

## FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project No. 21-76-10038.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Freeman T.C. *et al.* A gene expression atlas of the domestic pig. *BMC Biology*. 2012; 10: 90. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-10-90>
- Sharif-Islam M., van der Werf J.H.J., Wood B.J., Hermes S. The predicted benefits of genomic selection on pig breeding objectives. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2024; 141(6): 685–701. <https://doi.org/10.1111/jbg.12873>
- Романенкова О.С., Волкова В.В., Белоус А.А. Разработка тест-систем для анализа полиморфизма генов TNFAIP3 и CDS1, ассоциированных с толщиной шпика у свиней. *Аграрная наука*. 2023; (3): 58–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-58-61>
- Lu S. *et al.* Regulation of MTP expression in developing swine. *Journal of Lipid Research*. 2002; 43(8): 1303–1311. <https://doi.org/10.1194/jlr.M200035-JLR200>
- Головкова И.А., Татаркина Н.И. Хозяйственно полезные признаки свиней крупной белой породы разных генеалогических групп. *Вестник КрасГАУ*. 2021; (10): 121–127. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-10-121-127>
- Kwasiborski A., Rocha D., Terlouw C. Gene expression in Large White or Duroc-sired female and castrated male pigs and relationships with pork quality. *Animal Genetics*. 2009; 40(6): 852–862. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01925.x>
- Livak K.J., Schmittgen T.D. Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta C_T}$  Method. *Methods*. 2001; 25(4): 402–408. <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>
- Wu I-W. *et al.* Discovering a trans-omics biomarker signature that predisposes high risk diabetic patients to diabetic kidney disease. *npj Digital Medicine*. 2022; 5: 166. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00713-7>
- Gemmill R.M. *et al.* ZEB1-responsive genes in non-small cell lung cancer. *Cancer Letters*. 2011; 300(1): 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2010.09.007>
- Jing W., Zhu H., Liu W., Zhai X., Tian H., Yu J. MTAP-deficiency could predict better treatment response in advanced lung adenocarcinoma patients initially treated with pemetrexed-platinum chemotherapy and bevacizumab. *Scientific Reports*. 2020; 10: 843. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57812-2>
- Li S., Zhang Y., Li H., Ding B. Detection of MTAP Protein and Gene Expression in Non-small Cell Lung Cancer. *Chinese Journal of Lung Cancer*. 2011; 14(2): 151–155 (на кит. яз.). <https://doi.org/10.3779/j.issn.1009-3419.2011.02.09>
- Chaudhari J., Liew C.-S., Riethoven J.-J.M., Sillman S., Vu H.L.X. Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Infection Upregulates Negative Immune Regulators and T-Cell Exhaustion Markers. *Journal of Virology*. 2021; 95(21): 10.1128/jvi.01052-21. <https://doi.org/10.1128/JVI.01052-21>
- Yu M.-P., Xu X.-S., Zhou Q., Deutch N., Lu M.-P. Haploinsufficiency of A20 (HA20): updates on the genetics, phenotype, pathogenesis and treatment. *World Journal of Pediatrics*. 2020; 16(6): 575–584. <https://doi.org/10.1007/s12519-019-00288-6>

## ОБ АВТОРАХ

**Анастасия Александровна Решетникова<sup>1</sup>**

младший научный сотрудник  
reshetnikova.aa@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4874-2615>

**Анна Александровна Белоус<sup>1</sup>**

кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией  
belousa663@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

**Пётр Ильич Отрадный<sup>1</sup>**

младший научный сотрудник  
deriteronard@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1153-5815>

## REFERENCES

- Freeman T.C. *et al.* A gene expression atlas of the domestic pig. *BMC Biology*. 2012; 10: 90. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-10-90>
- Sharif-Islam M., van der Werf J.H.J., Wood B.J., Hermes S. The predicted benefits of genomic selection on pig breeding objectives. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2024; 141(6): 685–701. <https://doi.org/10.1111/jbg.12873>
- Romanenkova O.S., Volkova V.V., Belous A.A. Development of test systems for the analysis of polymorphism of the TNFAIP3 and CDS1 genes associated with the fat thickness in pigs. *Agrarian science*. 2023; (3): 58–61 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-58-61>
- Lu S. *et al.* Regulation of MTP expression in developing swine. *Journal of Lipid Research*. 2002; 43(8): 1303–1311. <https://doi.org/10.1194/jlr.M200035-JLR200>
- Golovkova I.A., Tatarkina N.I. Large white pigs of different genealogical groups' economically useful features. *Bulletin of KrasGAU*. 2021; (10): 121–127 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-10-121-127>
- Kwasiborski A., Rocha D., Terlouw C. Gene expression in Large White or Duroc-sired female and castrated male pigs and relationships with pork quality. *Animal Genetics*. 2009; 40(6): 852–862. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01925.x>
- Livak K.J., Schmittgen T.D. Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta C_T}$  Method. *Methods*. 2001; 25(4): 402–408. <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>
- Wu I-W. *et al.* Discovering a trans-omics biomarker signature that predisposes high risk diabetic patients to diabetic kidney disease. *npj Digital Medicine*. 2022; 5: 166. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00713-7>
- Gemmill R.M. *et al.* ZEB1-responsive genes in non-small cell lung cancer. *Cancer Letters*. 2011; 300(1): 66–78. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2010.09.007>
- Jing W., Zhu H., Liu W., Zhai X., Tian H., Yu J. MTAP-deficiency could predict better treatment response in advanced lung adenocarcinoma patients initially treated with pemetrexed-platinum chemotherapy and bevacizumab. *Scientific Reports*. 2020; 10: 843. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57812-2>
- Li S., Zhang Y., Li H., Ding B. Detection of MTAP Protein and Gene Expression in Non-small Cell Lung Cancer. *Chinese Journal of Lung Cancer*. 2011; 14(2): 151–155 (in Chinese). <https://doi.org/10.3779/j.issn.1009-3419.2011.02.09>
- Chaudhari J., Liew C.-S., Riethoven J.-J.M., Sillman S., Vu H.L.X. Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Infection Upregulates Negative Immune Regulators and T-Cell Exhaustion Markers. *Journal of Virology*. 2021; 95(21): 10.1128/jvi.01052-21. <https://doi.org/10.1128/JVI.01052-21>
- Yu M.-P., Xu X.-S., Zhou Q., Deutch N., Lu M.-P. Haploinsufficiency of A20 (HA20): updates on the genetics, phenotype, pathogenesis and treatment. *World Journal of Pediatrics*. 2020; 16(6): 575–584. <https://doi.org/10.1007/s12519-019-00288-6>

## ABOUT THE AUTHORS

**Anastasia Alexandrovna Reshetnikova<sup>1</sup>**

Junior Researcher  
reshetnikova.aa@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4874-2615>

**Anna Alexandrovna Belous<sup>1</sup>**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory  
belousa663@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

**Petr Ilich Otradnov<sup>1</sup>**

Junior Research Assistant  
deriteronard@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1153-5815>

**Елена Алексеевна Требунских<sup>2</sup>**

заместитель директора по племенному делу  
terramio7@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5208-3376>

**Александр Фёдорович Контэ<sup>1</sup>**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник  
alexandrconte@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4877-0883>

**Валерия Владимировна Волкова<sup>1</sup>**

кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник  
moonlit-elf@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2080-0182>

**Наталья Анатольевна Зиновьева<sup>1</sup>**

доктор биологических наук, академик Российской  
академии наук, профессор, директор  
priemnaya-vij@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

**Elena Alekseevna Trebunskikh<sup>2</sup>**

Deputy Director of Breeding  
terramio7@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5208-3376>

**Alexander Fedorovich Conte<sup>1</sup>**

Candidate of Agricultural Sciences,  
Senior Researcher  
alexandrconte@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4877-0883>

**Valeria Vladimirovna Volkova<sup>1</sup>**

Candidate of Biological Sciences,  
Senior Researcher  
moonlit-elf@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2080-0182>

**Natalia Anatolyevna Zinovieva<sup>1</sup>**

Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian  
Academy of Sciences, Professor, Director  
priemnaya-vij@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр ивотноводства —  
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,  
пос. Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132,  
Россия

<sup>2</sup>ООО «Селекционно-гибридный центр «Топ Ген»»,  
ул. им. Калинина, 1, с. Верхняя Хава, Верхнехавский р-н,  
Воронежская обл., 396110, Россия

<sup>1</sup>L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,  
60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

<sup>2</sup>LLC «Top Gen» Breeding and Hybrid Center,  
1 Kalinin Str., Verkhnyaya Khava village, Verkhnekhava district,  
Voronezh region, 396110, Russia



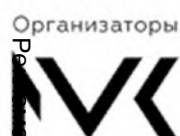
Международная выставка  
сельскохозяйственной техники,  
материалов и оборудования  
для животноводства и растениеводства

**29–31 октября 2025**

г. Екатеринбург,  
МВЦ «Екатеринбург-Экспо»



Забронируйте стенд  
**[www.agroprom-ural.ru](http://www.agroprom-ural.ru)**



Международная  
Выставочная  
Компания



**ЕКАТЕРИНБУРГ  
ЭКСПО**  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР





О.В. Горелик<sup>1</sup> ✉А.С. Горелик<sup>2</sup>М.Б. Ребезов<sup>1,3</sup>С.Ю. Харлап<sup>1</sup><sup>1</sup>Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия<sup>2</sup>Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Екатеринбург, Россия<sup>3</sup>Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия✉ [olgao205en@yandex.ru](mailto:olgao205en@yandex.ru)

Поступила в редакцию: 30.08.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю.

Olga V. Gorelik<sup>1</sup> ✉Artyom S. Gorelik<sup>2</sup>Maksim B. Rebezov<sup>1,3</sup>Svetlana Yu. Kharlap<sup>1</sup><sup>1</sup>Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia<sup>2</sup>Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia<sup>3</sup>Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia✉ [olgao205en@yandex.ru](mailto:olgao205en@yandex.ru)

Received by the editorial office: 30.08.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu.

## Оценка влияния генотипа по голштинской породе на продуктивные качества коров

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В Свердловской области разводится голштинский молочный скот, совершенствование его идет путем отбора и подбора лучших для дальнейшего разведения, в том числе и повышения кровности по голштинской породе.

**Цель работы** — оценка молочной продуктивности коров современной голштинской породы с разным уровнем кровности, полученной и используемой в условиях Среднего Урала.

**Методы.** Для проведения исследования в типичном для региона племенном репродукторе был проведен анализ изменения продуктивных качеств коров и продолжительности продуктивного использования в зависимости от кровности по голштинской породе. Оценивали молочную продуктивность коров по периодам лактационной деятельности — среднюю лактацию, за 305 дней и максимальную, а также по пожизненному удою. Удой — по контрольным дойкам один раз в месяц. Оценку содержания жира и белка в молоке проводили в средней пробе молока один раз в месяц от каждой коровы.

**Результаты.** Было установлено повышение удоя за среднюю лактацию и за 305 дней лактации с повышением кровности по голштинам. Причем по средней лактации это повышение наблюдается до достижения уровня голштинизации 96,1%, а дальнейшее повышение кровности привело к снижению этого показателя на 438,9 кг, или на 7,3%. Удой за 305 дней лактации увеличивается с повышением кровности до достижения кровности 96,9%, что объясняется повышением генетического потенциала животных. Показатели максимального удоя начинают снижаться с повышением кровности с 96,1%, подтверждая усиление типизации животных по продуктивным признакам и снижение разнообразия этого признака в стаде. С повышением кровности по голштинам происходит резкое снижение пожизненного удоя с 18701,5±357,42 кг (кровность 93,8%, 1-я группа) до 10889,0±280,07 кг (кровность 96,9%, 4-я группа), что соответствует 41,8%. Повышение кровности с 93,8 до 96,9% привело к снижению возраста выбраковки и, соответственно, длительности продуктивного использования с 3 лактаций до 1,8, то есть практически в два раза.

Исследование является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (государственная регистрация № АААА-А19-1191014000069).

**Ключевые слова:** голштинская порода, генотип, коровы, продуктивность, продуктивное долголетие

**Для цитирования:** Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Оценка влияния генотипа по голштинской породе на продуктивные качества коров. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 101–107.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-101-107>

## Assessment of the effect of the Holstein breed genotype on the productive qualities of cows

### ABSTRACT

**Relevance.** Holstein dairy cattle are being bred in the Sverdlovsk region, and its improvement is underway to select and select the best for further breeding, including by increasing the bloodline of the Holstein breed. The aim of the work was to assess the milk productivity of cows of the modern Holstein breed with different blood levels obtained and used in the conditions of the Middle Ural.

**Methods.** To conduct the study in a typical breeding reproducer for the region, an analysis of changes in the productive qualities of cows and the duration of productive use, depending on the bloodline of the Holstein breed, was carried out. The dairy productivity of cows was assessed according to the periods of lactation activity – average, for 305 days and maximum lactation, as well as by lifetime milk yield. Milk yield — by control milking once a month. The fat and protein content in milk was assessed in an average milk sample once a month from each cow.

**Results.** An increase in milk yield was found during the average lactation and for 305 days of lactation with an increase in blood supply according to Holstein. Moreover, for average lactation, this increase is observed until the Holstein level reaches 96.1%, and a further increase in blood supply led to a decrease in this indicator by 438.9 kg or 7.3%. Milk yield for 305 days of lactation increases with an increase in blood content to reach 96.9% blood content, which is explained by an increase in the genetic potential of animals. The indicators of maximum milk yield begin to decrease with an increase in blood supply from 96.1%, confirming the increased typing of animals according to productive characteristics and a decrease in the diversity of this trait in the herd. With an increase in Holstein blood supply, there is a sharp decrease in lifetime milk yield from 18701.5±357.42 kg (blood content 93.8%, group 1) to 10889.0±280.07 kg (blood content 96.9%, group 4), which corresponds to 41.8%. An increase in blood supply from 93.8 to 96.9% led to a decrease in the age of culling and, accordingly, the duration of productive use from 3 lactation to 1.8, that is, almost twofold.

The research is exploratory and was carried out within the framework of scientific research at the Ural State Agrarian University (state registration No. ААААА-А19-1191014000069).

**Key words:** holstein breed, genotype, cows, productivity, productive longevity

**For citation:** Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Assessment of the effect of the Holstein breed genotype on the productive qualities of cows. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 101–107 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-101-107>



## Введение/Introduction

Увеличение производства молока — важнейшая задача, которую необходимо решить для обеспечения продовольственной безопасности страны в разрезе производства высококачественных продуктов питания собственного производства [1–4].

Молоко — это продукт секреции молочной железы чаще всего маточного поголовья крупного рогатого скота молочного и комбинированного направлений продуктивности, которое является как продуктом питания, так и сырьем для переработки в молочные продукты. Обеспечивается это прежде всего тем, что это биологическая жидкость, в которой содержатся все необходимые для выращивания новорожденного молодняка питательные вещества в необходимом количестве и оптимальном соотношении.

Молоко и его производные являются стратегическим продуктом, который могут использовать люди любого возраста, состояния здоровья и социального статуса и практически незаменимы для детского питания [5–7].

В последние годы для его производства используется молочный скот новой породной формации, который получен в результате длительного широкомасштабного применения мирового генофонда быков-производителей самой обильно молочной породы в мире — голштинской — для совершенствования продуктивных и технологических качеств отечественного молочного скота.

Кровность помесных животных на конец 2020 годов достигла свыше 75% по голштинам, что соответствует группе чистопородных и помесей четвертого поколения по голштинской породе [8–13].

При выведении голштинской породы ставилась цель получить животных, отличающихся высокой молочной продуктивностью, крепостью конституции, здоровьем, без учета качества молока с точки зрения его питательности и технологических качеств, необходимых для его переработки в молочные продукты [14–20].

Изучение показателей молочной продуктивности коров новой породной формации, полученной в результате улучшения породных ресурсов отечественного крупного рогатого скота, актуально и имеет научное и практическое значение [21–24].

*Цель работы* — оценка молочной продуктивности коров современной голштинской породы с разным уровнем кровности, полученной и используемой в условиях Среднего Урала.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектом исследований явились все коровы в племенных хозяйствах Свердловской области по разведению молочного скота голштинской породы, лактирующие в хозяйствах с 2017 года по всем окончившим полноценные лактации и выбывшим в период лактации.

Животных разделили на 4 группы в зависимости от кровности по голштинской породе:

- ✓ 1-я группа — не менее 93,8%;
- ✓ 2-я группа — от 93,9 до 95,3%;
- ✓ 3-я группа — от 95,4 до 96,8%;
- ✓ 4-я группа — 96,9% и более.

Условия содержания, основной рацион, режим и фронт кормления и поения, параметры микроклимата для всех групп были одинаковыми и соответствовали зоогигиеническим нормам<sup>1</sup>.

Оценивали молочную продуктивность по контрольным дойкам один раз в месяц, массовую долю жира и белка в молоке в средней пробе молока — один раз в месяц от каждой коровы. Рассчитывали продолжительность продуктивного периода в лактациях и отелах.

Отбор проб сырья и продукции проводили в соответствии с ГОСТ 3622<sup>2</sup>, ГОСТ 26809.<sup>3</sup>

Показатели молочной продуктивности оценивались по законченной и незаконченной лактации. Молочную продуктивность оценивали по результатам контрольных доек один раз в месяц.

Массовую долю жира (МДЖ) и массовую долю белка (МДБ) в молоке определяли в средней пробе молока от каждой коровы в молочной лаборатории АО «Уралплемцентр»<sup>4</sup> (г. Екатеринбург, Россия) согласно ГОСТ Р 70238<sup>5</sup> и ГОСТ 25179<sup>6</sup>. Рассчитывали выход питательных веществ с молоком — количество молочного жира и молочного белка, а также коэффициент молочности.

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, используемых для научных целей<sup>7</sup>, и принципов обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ N 498-ФЗ<sup>8</sup>.

Для обработки цифрового материала использовали электронные таблицы, статистический анализ выполнен с помощью программного обеспечения Excel (Microsoft, США) и Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США).

<sup>1</sup> Морозова Н.И., Мусаев Ф.А., Иванова Л.В. и др. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании (монография). Рязань, 2013.

<sup>2</sup> ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию.

<sup>3</sup> ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молочносодержащие продукты.

<sup>4</sup> <https://www.uralplem.ru/rists/lskkm/perechen-uslug/720-predlagaet-svoi-uslugi-po-issledovaniyu-prob-moloka>

<sup>5</sup> ГОСТ Р 70238-2022 Молоко и молочная продукция. Метод идентификации состава жировой фазы и определение массовой доли молочного жира.

<sup>6</sup> ГОСТ 25179-2014 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка.

<sup>7</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>8</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».

Оценка значимости коэффициента корреляции выполнялась с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимым считалось значение с  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  и  $p \leq 0,001$ . Достоверность коэффициентов корреляции определяли методом Р. Фишера.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Средние показатели кровности коров по группам представлены на рисунке 1.

На рисунке 1 хорошо видно, что разница в кровности животных в группах незначительная, то есть племенная работа в стадах велась планомерно, в основном с использованием семени голштинских быков-производителей, что позволило достичь высоких результатов подбора по гомозиготности наследственных признаков продуктивности.

Дальнейшее применение подбора голштинских быков-производителей приводит к снижению разнообразия признака и повышению типичности. Даже незначительное повышение кровности по голштинской породе приводит к увеличению продуктивного потенциала маточного поголовья молочного стада, что наглядно видно на рисунке 2.

Рассматривая изменения удоя у коров в зависимости от генотипа, можно сказать следующее:

- ✓ наблюдается повышение удоя за среднюю лактацию и за 305 дней лактации с повышением кровности по голштинам. Причем по средней лактации это повышение наблюдается до достижения уровня голштинизации 96,1%, а дальнейшее повышение кровности привело к снижению этого показателя на 438,9 кг, или на 7,3%. Удой за 305 дней лактации растет с повышением кровности до достижения кровности 96,9%, что, скорее всего, объясняется повышением генетического потенциала животных и тем, что в обработку вошли животные, окончившие полноценную лактацию. Некоторое снижение продуктивности коров с кровностью 96,1% по сравнению с животными 2-й группы недостоверно и не имеет практического значения;

- ✓ показатели максимального удоя начинают снижаться с повышением кровности с 96,1%, то есть подтверждается ранее высказанное мнение о типизации животных по продуктивным признакам и снижении разнообразия этого признака в стаде;

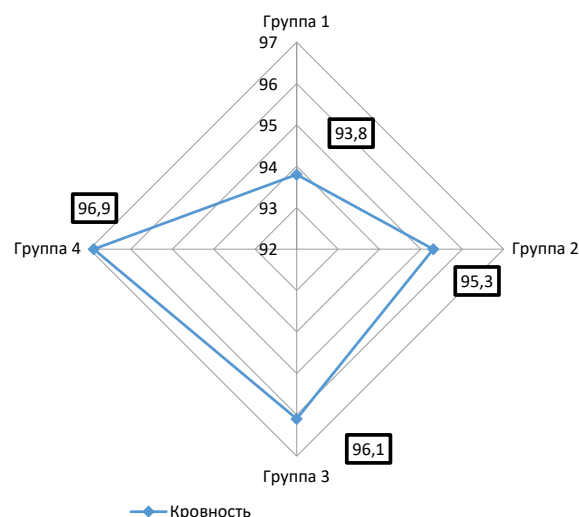
- ✓ с повышением кровности по голштинам происходит резкое снижение пожизненного удоя с  $18701,5 \pm 357,42$  кг (кровность 93,8%, 1-я группа) до  $10889,0 \pm 280,07$  кг (кровность 96,9%, 4-я группа), что соответствует 41,8%.

Расчет среднесуточных удоев по периодам оценки молочной продуктивности подтвердил выше представленные выводы (рис. 3).

Наиболее низкие показатели среднесуточных удоев установлены по периоду продуктивного использования животных, что объясняется тем, что в обработку вошли все животные с законченной

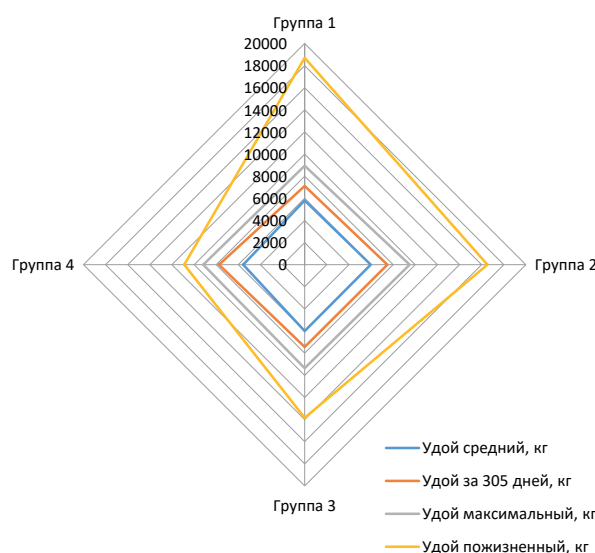
**Рис. 1.** Кровность маточного поголовья по группам, %

**Fig. 1.** Blood content of breeding stock by groups, %



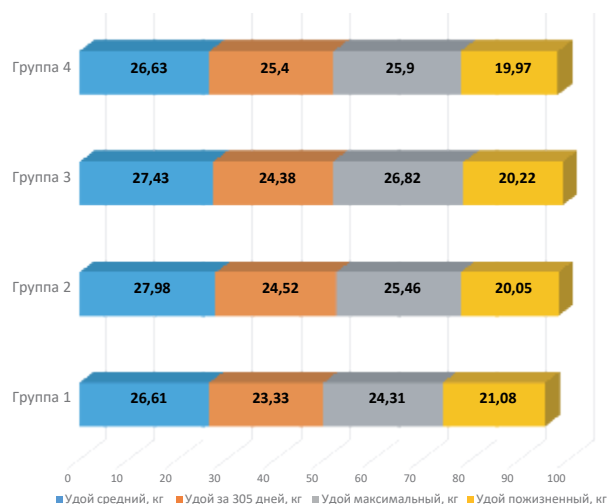
**Рис. 2.** Удой коров в зависимости от генотипа и периода оценки, кг

**Fig. 2.** Milk yield of cows depending on genotype and evaluation period, kg



**Рис. 3.** Среднесуточные удои по периодам оценки продуктивности, кг

**Fig. 3.** Average daily milk yield by productivity assessment periods, kg



и незаконченной лактациями. При средних показателях длительности сервис-периода  $138,3 \pm 2,48$  дня и длительности межотельного периода  $407,5 \pm 3,29$  дня, длительности продуктивного использования 2,06 лактации это является показателем снижения эффективности за счет сокращения срока продуктивного долголетия. Это подтверждают и данные о среднесуточных удоях по средней лактации, когда длительность средних показателей продолжительности ее составила 209–219 дней в зависимости от группы.

Наиболее низкие показатели среднесуточных удоев установлены по периоду продуктивного использования животных, что объясняется тем, что в обработку вошли все животные с законченной и незаконченной лактациями.

При низких показателях удоя за среднюю лактацию наблюдается повышение среднесуточных удоев за счет сокращения продолжительности лактации из-за высокого уровня выбраковки коров в ее период. Однако на основании представленных данных можно отметить, что коровы в хозяйстве имеют высокий генетический потенциал продуктивности, о котором можно судить в том числе и по среднесуточным удоям.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод и о том, что после отела животные показывают хорошие показатели продуктивности.

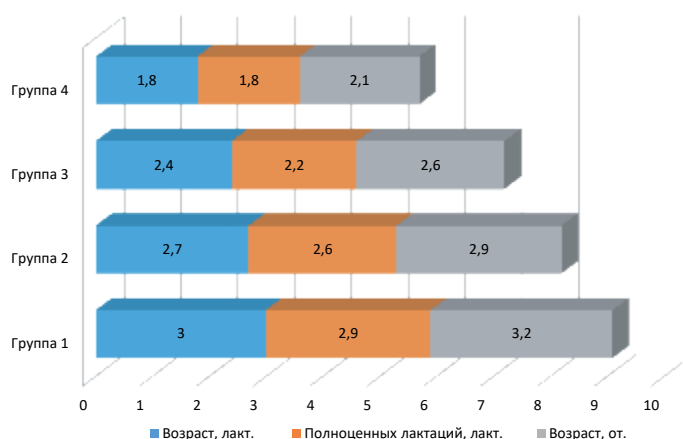
Среднесуточные удои по показателям максимального и удоя за 305 дней оказались практически одинаковыми. Несмотря на более высокие показатели по максимальной лактации, разница была незначительной и находилась в пределах статистической ошибки.

Анализ изменения среднесуточных удоев в зависимости от уровня кровности по голштинской породе показывает, что повышение кровности приводит к повышению среднесуточных удоев за 305 дней лактации (наблюдаются высокие показатели при оценке по максимальной лактации), но приводит к снижению длительности продуктивного долголетия и снижению пожизненного удоя (рис. 4).

Продолжительность продуктивного использования коров представлена по трем показателям, по которым можно достаточно достоверно судить о изменениях в продуктивном долголетии коров. Количество полноценных лактаций — показатель расчетный, показывающий, сколько лактаций производят коровы при оптимальной ее длительности в 305 дней, полученных от коров в каждой группе.

**Рис. 4.** Длительность продуктивного использования коров, лактаций (отелов)

**Fig. 4.** Duration of productive use of cows, lactations (calvings)



С повышением кровности по голштинам наблюдается снижение продуктивного долголетия. Повышение кровности с 93,8 до 96,9% привело к снижению возраста выбраковки и, соответственно, длительности продуктивного использования с 3 лактаций до 1,8, то есть практически в два раза. Количество полноценных лактаций оказалось несколько ниже, чем среднее количество лактаций, поскольку в первом показателе учитывались все животные. Третий показатель самый высокий, и он показывает длительность нахождения коров в стаде с учетом их непродуктивного периода — сухостоя. По всем трем показателям наблюдается снижение.

Таким образом, можно сделать общий вывод о том, что повышение кровности по голштинской породе приводит к повышению генетического потенциала продуктивности, о чем свидетельствует повышение удоя за 305 дней лактации, к типизации животных по продуктивности, при этом наблюдается незначительное снижение удоя за максимальную лактацию, снижение пожизненного удоя, что объясняется снижением продуктивного долголетия.

Молочная продуктивность коров оценивается не только по количественным, но и качественным показателям молока.

Данные о МДЖ и МДБ в молоке представлены в таблице 1.

**Таблица 1. МДЖ и МДБ в молоке по периодам оценки, %**

**Table 1. Mass fraction of fat and mass fraction of protein in milk by evaluation periods, %**

Показатель	Генотип			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
МДЖ, % по средней лактации	3,96 ± 0,003	3,93 ± 0,009	3,94 ± 0,007	3,95 ± 0,006
МДЖ, % за 305 дней лактации	3,95 ± 0,005	3,94 ± 0,005	3,96 ± 0,004	3,98 ± 0,003
МДЖ, % за максимальную лактацию	3,96 ± 0,005	3,95 ± 0,004	3,97 ± 0,003	3,97 ± 0,003
МДЖ, % по пожизненной продуктивности	3,96 ± 0,005	3,95 ± 0,004	3,97 ± 0,005	3,99 ± 0,005
МДБ, % по средней лактации	3,17 ± 0,003	3,20 ± 0,003	3,19 ± 0,003	3,20 ± 0,003
МДБ, % за 305 дней лактации	3,16 ± 0,003	3,19 ± 0,003	3,18 ± 0,003	3,19 ± 0,003
МДБ, % за максимальную лактацию	3,18 ± 0,003	3,20 ± 0,003	3,20 ± 0,003	3,20 ± 0,003
МДБ, % по пожизненной продуктивности	3,18 ± 0,003	3,20 ± 0,003	3,19 ± 0,004	3,20 ± 0,004



Из данных таблицы 1 видно, что существенных изменений по содержанию жира и белка в молоке (МДЖ и МДБ) в зависимости от периода оценки и генотипа коров по голштинам не наблюдается.

Отмечена тенденция повышения массовой доли жира в молоке с возрастанием кровности по голштинской породе свыше 95,3%. Это, скорее всего, объясняется уровнем племенной ценности быка-производителя, используемого в стаде, поскольку показатели изменяются по группам. Такая же тенденция прослеживается и по изменению массовой доли белка в молоке коров разных групп по уровню кровности по голштинской породе.

Важным показателем при оценке коров по молочной продуктивности является выход питательных веществ с молоком, таких как молочный жир и молочный белок. Они являются основными показателями при оценке коров по собственной продуктивности в соответствии с Приказом Минсельхоза РФ от 28 октября 2010 года № 379 «Об утверждении Порядка и условий проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности»<sup>9</sup>. Данные о количестве молочного жира и молочного белка представлены в таблице 2.

По выходу питательных веществ все коровы превосходят минимальные требования по породе независимо от периода оценки продуктивности. Количество молочного жира и молочного белка увеличивается с ростом показателей по удою за тот или иной период. Меньшее количество питательных веществ было получено по средней лактации, а большее — за период максимальной лактации, что прежде всего обеспечивается разницей в удое за период лактационной деятельности.

Исходя из вышеизложенного, повышение кровности по голштинской породе приводит к повышению продуктивности, типизации стада по

**Таблица 2. Количество молочного жира и молочного белка, полученного с молоком по периодам оценки, кг**  
**Table 2. The amount of milk fat and milk protein obtained with milk by evaluation periods, kg**

Показатель	Генотип			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
Количество молочного жира по средней лактации	230 ± 3,30	235 ± 3,44	237 ± 3,76	220 ± 3,55
Количество молочного жира за 305 дней лактации	281 ± 1,60	295 ± 1,52	295 ± 1,46	308 ± 1,46
Количество молочного жира за максимальную лактацию	355 ± 3,11	377 ± 2,98	375 ± 2,90	364 ± 2,79
Количество молочного жира по пожизненной продуктивности	741 ± 14,24	653 ± 12,43	550 ± 12,60	434 ± 11,19
Количество молочного белка по средней лактации	184 ± 2,66	191 ± 2,80	191 ± 3,04	178 ± 2,89
Количество молочного белка за 305 дней лактации	225 ± 1,32	239 ± 1,29	236 ± 1,25	247 ± 1,28
Количество молочного белка за максимальную лактацию	285 ± 2,50	305 ± 2,43	302 ± 2,36	293 ± 2,30
Количество молочного белка по пожизненной продуктивности	594 ± 11,36	529 ± 10,05	442 ± 10,19	349 ± 9,06

продуктивным признакам и снижению продуктивного долголетия. Увеличение удоя за счет повышения кровности по голштинской породе оказывает отрицательное влияние на эффективность молочного скотоводства за счет снижения пожизненной продуктивности и увеличения затрат на постоянное обновление стада.

Разница в количестве молочного жира и молочного белка за период продуктивного использования определяется его длительностью, что оказывает влияние на количество полученного молока.

### Выводы/Conclusions

Таким образом, можно сделать общий вывод о том, что повышение кровности по голштинской породе позволяет повысить показатель молочной продуктивности коров — удой за лактацию — при поддержании достаточно высоких качественных показателей молока — МДЖ и МДБ, но оказывает отрицательное влияние на длительность продуктивного использования за счет увеличения интенсивности физиологических процессов при молокообразовании.

<sup>9</sup> <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=168882&ysclid=m0jzp292cp0340025460>

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (государственная регистрация № АААА-А19-1191014000069).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pospelova I.N., Kovaleva I.V. The effective development of milk stock-breeding in the condition produce organic product. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 022009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022009>

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

### FUNDING

The research is exploratory and was carried out within the framework of scientific research at the Ural State Agrarian University (state registration No. ААААА-А19-1191014000069).

### REFERENCES

1. Pospelova I.N., Kovaleva I.V. The effective development of milk stock-breeding in the condition produce organic product. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 022009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022009>

2. Анисимова Е.И. Реализация генотипа черно-пестрого скота с разной кровностью по голштинской породе. *Аграрная наука — сельскохозяйственному производству. Материалы Международной научно-практической конференции. Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2019; 2: 5–9.*  
<https://elibrary.ru/qbgaxw>
3. Строев В.В., Магомедов М.Д., Алексейчева Е.Ю. Повышение производства и потребления молочных продуктов в России и продовольственная безопасность. *Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023; 13(6–1): 368–380.*  
<https://elibrary.ru/fkhuwk>
4. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мещеров Р.К., Ходыков В.П., Мещеров Ш.Р., Никулкин Н.С. Разведение скота голштинской породы на территории Российской Федерации. *Зоотехния. 2020; (2): 5–8.*  
<https://elibrary.ru/mlvbyl>
5. Брянтцев А.Ю., Горелик О.В., Харлап С.Ю., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Оценка физико-химических показателей молока коров в зависимости от линейной принадлежности. *Вестник Ошского государственного университета. 2023; (3): 9–20.*  
[https://doi.org/10.52754/16948610\\_2023\\_3\\_2](https://doi.org/10.52754/16948610_2023_3_2)
6. Яковчик Н.С., Досумова А.Ж., Кубекова Б.Ж. Основы селекции коров голштинской породы разных генотипов. *Агропанорама. 2021; (3): 14–16.*  
<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2021-145-3-14-16>
7. Сулыга Н.В., Ковалева Г.П., Рачков И.Г., Быкадоров П.П. Влияние генотипа отца на продуктивное долголетие коров голштинской породы. *Сельскохозяйственный журнал. 2024; 17(2): 148–156.*  
<https://elibrary.ru/trvqsb>
8. Колесникова А.В., Басонов О.А. Степень использования генетического потенциала голштинских быков-производителей различной селекции. *Зоотехния. 2017; (1): 10–12.*  
<https://elibrary.ru/xwvqgv>
9. Горелик О.В., Ребезов М.Б., Долматова И.А. Молочная продуктивность коров уральского типа голштинизированного черно-пестрого скота. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й Международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2023; 2: 250.*  
<https://elibrary.ru/azjxic>
10. Горелик О.В., Ребезов М.Б., Свешникова Е.Я. Молочная продуктивность коров голштинской линии Рефлекшн Соверинга. *Современные технологии культивирования, переработки и хранения продукции АПК. Сборник тезисов, подготовленный в рамках круглого стола. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022; 2: 66–67.*  
<https://elibrary.ru/hzxdql>
11. Шарафутдинов Г.С., Шайдуллин Р.Р. Продуктивное долголетие коров разных генотипов. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2010; 202: 226–230.*  
<https://elibrary.ru/mvgkyb>
12. Стрижкова М.В. и др. Влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови сыновей. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021; (1): 125–133.*  
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-125-133>
13. Птушкина С.А., Ткачева О.Л., Ткачев А.В. Молочная продуктивность коров голштинской породы разных генотипов. *Междисциплинарные подходы в биологии, медицине и науках о земле: теоретические и прикладные аспекты. Материалы симпозиума XIX (LI) Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Кемерово: Кемеровский государственный университет. 2024; 25(2): 209–212.*  
<https://elibrary.ru/dbrrbb>
14. Соловьева О.И., Крестянинова Е.И. Факторы, влияющие на здоровье и долголетие молочных коров. *Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения. Материалы XXVIII Международной научно-практической конференции. Быково. 2022; 143–148.*  
<https://elibrary.ru/bakhwq>
15. Ярмоц Г.А. Влияние факторов кормления на молочную продуктивность коров. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019; (4): 17–21.*  
<https://elibrary.ru/cqppio>
16. Шульга Л.В., Медведева К.Л., Ланцов А.В., Вальшонок Е.О., Долина Д.С. Факторы, влияющие на продуктивное долголетие коров. *Животноводство и ветеринарная медицина. 2020; (4): 8–11.*  
<https://elibrary.ru/xlcxmt>
17. Саханчук А.И., Каллаур М.Г., Кот Е.Г., Невар А.А. Оптимизация норм потребности в минеральных веществах для коров голштинской породы белорусской селекции во II и III периоды лактации. *Зоотехническая наука Беларуси. 2023; 58(2): 113–122.*  
<https://elibrary.ru/webuqe>
2. Anisimova E.I. Implementation of the genotype of black-and-white cattle with different bloodlines of the Holstein breed. *Agrarian science to agricultural production. Proceedings of the International scientific and practical conference. Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy. 2019; 2: 5–9 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/qbgaxw>
3. Stroeve V.V., Magomedov M.D., Alekseicheva E.Yu. Increasing the production and consumption of dairy products in Russia and food security. *Economics: yesterday, today and tomorrow. 2023; 13(6–1): 368–380 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/fkhuwk>
4. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshcherov R.K., Khodykov V.P., Meshcherov Sh.R., Nikulkin N.S. Breeding of Holstein cattle on the territory of the Russian Federation. *Zootekniya. 2020; (2): 5–8 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/mlvbyl>
5. Bryantsev A.Yu., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Rebezov M.B. Evaluation of physico-chemical parameters of cow's milk depending on the linear affiliation. *Bulletin of Osh State University. 2023; (3): 9–20 (in Russian).*  
[https://doi.org/10.52754/16948610\\_2023\\_3\\_2](https://doi.org/10.52754/16948610_2023_3_2)
6. Yakovchik N.S., Dosumova A.Zh., Kubekova B.Zh. Basics of breeding Holstein cows of different genotypes. *Agropanorama. 2021; (3): 14–16 (in Russian).*  
<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2021-145-3-14-16>
7. Sulyga N.V., Kovaleva G.P., Rachkov I.G., Bykadorov P.P. Influence of the father's genotype on the productive lifespan of Holstein cows. *Agricultural journal. 2024; 17(2): 148–156 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/trvqsb>
8. Kolesnikova A.V., Basonov O.A. The genetic potential of various selection Holstein sires. *Zootekniya. 2017; (1): 10–12 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/xwvqgv>
9. Gorelik O.V., Rebezov M.B., Dolmatova I.A. Milk productivity of Ural type cows of Holsteinized black-and-white cattle. *Current problems of modern science, technology and education. Abstracts of the reports of the 81st International scientific and technical conference. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2023; 2: 250 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/azjxic>
10. Gorelik O.V., Rebezov M.B., Sveshnikova E.Ya. Milk productivity of Holstein cows of the Reflection Sovering line. *Modern technologies for cultivation, processing and storage of agricultural products. Collection of abstracts prepared within the framework of the round table. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2022; 2: 66–67 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/hzxdql>
11. Sharafutdinov G.S., Shaidullin R.R. Cows' productive longevity of various genotypes. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2010; 202: 226–230 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/mvgkyb>
12. Strizhkova M.V. et al. Influence of the genotype of Holstein breed bulls-producers on the sodium content in the blood serum of sons. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2021; (1): 125–133 (in Russian).*  
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-125-133>
13. Ptushkina S.A., Tkacheva O.L., Tkachev A.V. Milk productivity of Holstein cows of different genotypes. *Interdisciplinary approaches in biology, medicine and earth sciences: theoretical and applied aspects. Proceedings of the symposium of the XIX (LI) International scientific conference of students, postgraduates and young scientists. Kemerovo: Kemerovo State University. 2024; 25(2): 209–212 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/dbrrbb>
14. Solovyova O.I., Krestyaninova E.I. Factors affecting the health and longevity of dairy cows. *Improving the competitiveness of animal husbandry and the tasks of staffing. Proceedings of the XXVIII International scientific and practical conference. Bykovo. 2022; 143–148 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/bakhwq>
15. Yarmots G.A. The influence of feeding factors on milk productivity of cows. *Feeding of agricultural animals and feed production. 2019; (4): 17–21 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/cqppio>
16. Shulga L.V., Medvedeva K.L., Lantsov A.V., Valshonok E.O., Dolina D.S. Factors influencing productive longevity of cows. *Animal agriculture and veterinary medicine. 2020; (4): 8–11 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/xlcxmt>
17. Sakhanchuk A.I., Kallaur M.G., Kot E.G., Nevar A.A. Optimization of mineral requirements for cows of the Belarusian Holstein dairy breed in II and III lactation periods. *Zootekhnical Science of Belarus. 2023; 58(2): 113–122 (in Russian).*  
<https://elibrary.ru/webuqe>

18. Сафронов С.Л., Костомакхин Н.М., Соловьева О.И., Остроухова В.И. Сравнительная характеристика молочной продуктивности коров разного продуктивного долголетия. *Зоотехника*. 2022; (4): 26–28. <https://elibrary.ru/mlrpwy>

19. Сафронов С.Л., Костомакхин Н.М., Соловьева О.И., Остроухова В.И., Кульмакова Н.И. Молочная продуктивность и долголетие коров в условиях промышленной технологии производства молока. *Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства. По материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова*. М.: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022; 1: 223–227. <https://elibrary.ru/drqjgh>

20. Скобелев В.В., Чижевский С.И., Серяков И.С., Цикунова О.Г. Молочная продуктивность коров-первотелок в зависимости от генеалогической структуры в ОАО «Валище» Пинского района. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2017; (4): 32–37. <https://elibrary.ru/ymneik>

21. Юдина О.П., Мухтаров А.М., Усова Т.П., Бакай Ф.Р. Продуктивные качества дочерей быков голштинской породы разных линий и генотипов по гену CSN3. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2023; (2): 145–149. <https://elibrary.ru/eahxla>

22. Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Технологические свойства молока коров с разной долей кровности по голштинской породе. *Аграрная наука*. 2023; (5): 63–67. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-63-67>

23. Светикова Е.А., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Взаимосвязь продуктивных признаков у коров голштинской породы. *Молодежь и наука*. 2023; (12): 45. <https://elibrary.ru/xqdeds>

24. Светикова Е.А., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Воспроизводительные качества коров голштинской породы по лактациям. *Молодежь и наука*. 2023; (12): 46. <https://elibrary.ru/ipdikm>

18. Safronov S.L., Kostomakhin N.M., Solovyova O.I., Ostroukhova V.I. Comparative characteristics of the dairy productivity of cows of different productive longevity. *Zootekhnika*. 2022; (4): 26–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/mlrpwy>

19. Safronov S.L., Kostomakhin N.M., Solovyova O.I., Ostroukhova V.I., Kulmakova N.I. Milk productivity and longevity of cows in the conditions of industrial milk production technology. *Breeding and technological aspects of intensifying the production of livestock products. Based on the proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, dedicated to the 150<sup>th</sup> anniversary of the birth of Academician M.F. Ivanov*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2022; 1: 223–227 (in Russian). <https://elibrary.ru/drqjgh>

20. Skobelev V.V., Chizhevsky S.I., Seryakov I.S., Tsikunova O.G. Milk productivity of first-calf cows depending on the genealogical structure at JSC “Valische”, Pinsk region. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2017; (4): 32–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/ymneik>

21. Yudina O.P., Mukhtarov A.M., Usova T.P., Bakai F.R. Productive qualities of daughters of Holstein bulls of different lines and genotypes according to the CSN3 gene. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; (2): 145–149 (in Russian). <https://elibrary.ru/eahxla>

22. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Technological properties of milk of cows with different proportion of blood in the Holstein breed. *Agrarian science*. 2023; (5): 63–67 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-63-67>

23. Svetikova E.A., Rebezov M.B., Gorelik O.V. The relationship of productive traits in Holstein cows. *Molodezh' i nauka*. 2023; (12): 45 (in Russian). <https://elibrary.ru/xqdeds>

24. Svetikova E.A., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Reproductive qualities of Holstein cows by lactations. *Molodezh' i nauka*. 2023; (12): 46 (in Russian). <https://elibrary.ru/ipdikm>

## ОБ АВТОРАХ

### Ольга Васильевна Горелик<sup>1</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов  
olgao205en@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

### Артём Сергеевич Горелик<sup>2</sup>

кандидат биологических наук  
temae077ex@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

### Максим Борисович Ребезов<sup>1,3</sup>

- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов<sup>1</sup>
- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник<sup>3</sup>

rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

### Светлана Юрьевна Харлап<sup>1</sup>

кандидат биологических наук, доцент  
proffuniver@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

<sup>1</sup>Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

<sup>2</sup>Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620062, Россия

<sup>3</sup>Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

### Olga Vasilyevna Gorelik<sup>1</sup>

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products  
olgao205en@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

### Artyom Sergeevich Gorelik<sup>2</sup>

Candidate of Biological Sciences  
temae077ex@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

### Maksim Borisovich Rebezov<sup>1,3</sup>

- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products<sup>1</sup>
- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher<sup>3</sup>

rebezov@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

### Svetlana Yurievna Kharlap<sup>1</sup>

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor  
proffuniver@ya.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

<sup>1</sup>Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

<sup>2</sup>Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia, 22 Mira Str., Yekaterinburg, 620062, Russia

<sup>3</sup>Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia



В.И. Косилов<sup>1</sup>Ю.А. Юлдашбаев<sup>2</sup>Е.М. Ермолова<sup>3</sup> ✉С.М. Ермолов<sup>3</sup>О.П. Неверова<sup>4</sup>М.Н. Долгая<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>3</sup>Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

<sup>4</sup>Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>5</sup>ООО «Группа компаний ВИК», Островцы, г. о. Раменский, Московская обл., Россия

✉ zhe1748@mail.ru

Поступила в редакцию: 14.10.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Ермолова Е.М., Ермолов С.М., Неверова О.П., Долгая М.Н.

Vladimir I. Kosilov<sup>1</sup>Yusupzhan A. Yuldashbaev<sup>2</sup>Evgeniya M. Ermolova<sup>3</sup> ✉Sergey M. Ermolov<sup>3</sup>Olga P. Neverova<sup>4</sup>Marina N. Dolgaya<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

<sup>3</sup>South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

<sup>4</sup>Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

<sup>5</sup>"VIC Group of Companies" LLC, Ostrovtsy, Ramenskoye, Moscow region, Russia

✉ zhe1748@mail.ru

Received by the editorial office: 14.10.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Ermolova E.M., Ermolov S.M., Neverova O.P., Dolgaya M.N.

## Влияние сорбента и пробиотика на продуктивность цыплят-бройлеров

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В результате проведенных зоотехнических исследований установлено наилучшее совместное влияние пробиотика и сорбента на организм и мясные качества цыплят-бройлеров.

**Методика.** С целью проведения эксперимента были подобраны группы цыплят-бройлеров кросса Ross 308: I контрольная группа использовала в кормлении основной рацион, II опытная группа дополнительно к основному рациону — пробиотик «Пролам» и сорбент «Ковелос-Сорб», III опытная группа дополнительно к основному рациону — пробиотик «Пролам», IV опытная группа дополнительно к основному рациону — сорбент «Ковелос-Сорб».

**Результаты.** Установлено положительное влияние скормливания в составе полнорационного комбикорма сорбента «Ковелос-Сорб» цыплятам-бройлерам, способствующего повышению их живой массы на 3,4–8,8%, среднесуточного прироста живой массы на 3,5–8,9%, сохранности поголовья на 2,0–5,9%, снижению затрат кормов на 1 кг прироста живой массы на 3,2–8,0%. При совместном скормливании сорбента и пробиотика «Пролам» чистый доход увеличивается на 24%, уровень рентабельности — на 9,6%. Дополнительная прибыль на одну голову за счет совместного применения изучаемых кормовых добавок составила 13,73 руб.

**Ключевые слова:** цыплята, бройлеры, сорбент, пробиотик, среднесуточный прирост, сохранность, убой

**Для цитирования:** Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Ермолова Е.М., Ермолов С.М., Неверова О.П., Долгая М.Н. Влияние сорбента и пробиотика на продуктивность цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 108–114.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-108-114>

## The effect of sorbent and probiotic on the productivity of broiler chickens

### ABSTRACT

**Relevance.** As a result of the conducted zootechnical studies, the best combined effect of the probiotic and sorbent on the body and meat qualities of broiler chickens was established.

**The methodology.** For the purpose of the experiment, groups of Ross 308 cross broiler chickens were selected: the control group I used the main diet in feeding, the experimental group II used probiotic "Prolam" and sorbent "Covelos-Sorb" in addition to the main diet, the experimental group III used probiotic "Prolam" in addition to the main diet, the experimental group IV used probiotic "Prolam" in addition to the main diet. the basic diet includes the "Covelos-Sorb" sorbent.

**Results.** A positive effect of feeding the sorbent "Kovelos-Sorb" to broiler chickens as part of a complete feed has been established, contributing to an increase in their live weight by 3.4–8.8%, average daily live weight gain by 3.5–8.9%, livestock survival by 2.0–5.9%, and a decrease in feed costs per 1 kg of live weight gain by 3.2–8.0%. When feeding the sorbent and the probiotic "Prolam" together, net income increases by 24%, and the profitability level by 9.6%. The additional profit per head due to the combined use of the studied feed additives amounted to 13.73 rubles.

**Key words:** broiler chickens, sorbent, probiotic, average daily gain, safety, slaughter

**For citation:** Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Ermolova E.M., Ermolov S.M., Neverova O.P., Dolgaya M.N. Effect of sorbent and probiotic on productivity of broiler chickens. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 108–114 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-108-114>

## Введение/Introduction

Птицеводство — важнейшая отрасль сельского хозяйства России, которая обеспечивает население ценными продуктами питания, а перерабатывающие отрасли — сырьем [1–3]. Данный аспект крайне важен для обеспечения продовольственной безопасности страны [4–7].

Птицеводческие продукты занимают одну из ключевых позиций среди источников животного белка для человеческого питания. При этом полноценная реализация потенциала промышленного птицеводства в значительной степени зависит от условий, в которых осуществляется кормление птиц [8, 9].

Для усиления отрасли производства птицеводческой продукции необходимо в обязательном порядке использовать различные кормовые добавки, которые содержат наиболее эффективные питательные и биологически активные вещества [10–14].

Важное значение в кормлении животных имеют сорбенты [15]. Кормовые сорбенты представляют собой материалы как природного, так и искусственного происхождения, обладающие высокой дисперсностью и большой удельной поверхностью. Эти сорбенты имеют способность связывать эндогенные и экзогенные соединения, надмолекулярные структуры, а также клетки в желудочно-кишечном тракте. Их основная функция заключается в удалении токсичных веществ из организма животных. В качестве таких сорбентов используются различные материалы с хорошими поглощательными свойствами, включая активированный уголь, цеолиты, природные минералы и синтетические соединения [8, 16].

Сорбенты положительно влияют на продуктивные показатели сельскохозяйственных животных, вследствие чего можно добиться получения чистой (с точки зрения экологии) продукции [17].

Наряду с сорбентами положительное действие на организм сельскохозяйственных животных и птицы оказывают и пробиотики [18–20].

Пробиотические микроорганизмы оказывают воздействие на развитие иммунной системы и обмен веществ. Раннее введение пробиотиков способствует более быстрой колонизации кишечной микрофлоры, что увеличивает устойчивость птицы с первых дней ее жизни. У птицы, получающей пробиотики, на протяжении всего пищеварительного тракта (включая зоб, железистый и мышечный желудки, двенадцатиперстную кишку, поджелудочную железу, печень, желчный пузырь и кишечник) не наблюдаются воспалительные процессы, в отличие от тех, кому назначают антибиотики. Как следствие, на птицефабриках снижается уровень выбраковки и падежа вследствие заболеваний желудочно-кишечного тракта [21–23].

Применение пробиотиков может решить задачи обмена веществ, пищеварения, влияния токсичных элементов и повышения продуктивности сельскохозяйственной продукции и получения экологически чистой продукции животноводства и птицеводства [24–26].

Кроме того, существуют ряд исследований [31–34] по применению сорбентов совместно с пробиотиками, однако для развития отрасли требуется подбирать новые и более эффективные комбинации данных препаратов.

С целью нормализации микробиоценоза кишечника у цыплят, выращиваемых в условиях промышленных птицефабрик, решили изучить эффективность дополнительного включения в ПК с сорбентом многокомпонентного пробиотика «Пролам», показавшего свою эффективность в ряде исследований [27–30].

*Цель работы* — проанализировать технологию кормления цыплят-бройлеров на птицефабрике ООО «Равис» Челябинской области.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- изучить технологии выращивания молодняка бройлеров;
- рекомендовать эффективную кормовую добавку для роста и развития птицы;
- провести экономическую эффективность использования сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Пролам» в рационах для цыплят-бройлеров.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование по изучению технологии кормления цыплят мясного направления на птицефабрике ООО «Равис» проводилось в условиях Челябинской области на бройлерах кросса Ross 308 в сентябре — октябре 2024 года. Продолжительность эксперимента составила 42 дня. Содержание птицы осуществлялось в клетках.

Условия проведения эксперимента соответствовали требованиям Директивы о защите животных, использующихся для научных целей<sup>1</sup>, и принципам обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ<sup>2</sup>.

В ходе проведения исследований были созданы 4 группы (по 50 особей в каждой):

- ✓ 1-я — контрольная, получавшая основной рацион,
- ✓ 2-я — опытная, дополнительно к основному рациону получала 0,1% от массы корма сорбент «Ковелос-Сорб»,
- ✓ 3-я — опытная, дополнительно получала пробиотик «Пролам» в количестве 0,1% от массы корма,

<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».

✓ 4-я — опытная, получала сорбент совместно с пробиотиком в указанных для 2-й и 3-й опытных групп дозировках.

Условия содержания птицы во всех группах были идентичными и соответствовали зоотехническим нормам<sup>3</sup>.

Кормление птицы осуществлялось в соответствии с рекомендациями ВНИИТиП по кормлению сельскохозяйственной птицы<sup>4,5</sup>.

Доступ птицы к корму и воде был свободным.

Живую массу определяли путем индивидуального взвешивания птицы, оценку убойных показателей — по результатам контрольного убоя согласно ГОСТ 18292-2012<sup>6</sup> и ГОСТ Р 51944-2002<sup>7</sup>: путем взвешивания каждой головы при убое птицы учитывали массу потрошенных тушек (г); путем отношения средней массы потрошенных тушек к средней живой массе рассчитывали убойный выход (%); путем взвешивания учитывали массу внутренних органов (г).

Отбор проб для исследований — в соответствии с ГОСТ 31467-2012<sup>8</sup>.

Взвешивание проводили на электронных весах М-5101М-2 (Россия), класс точности высокий — II (средства измерения поверены).

Затраты кормов рассчитывали путем подсчета приготовленного и заданного корма и остатков корма по группе птицы.

Для определения сохранности поголовья вели ежедневный учет выбытия птицы с установлением причины.

Экономические расчеты проводили по рекомендациям С.Г. Боева и др.<sup>9</sup>

Материалы исследований были обработаны по методу вариационной статистики с использованием программного обеспечения Microsoft Office (США) и определением критерия достоверности по Стьюденту.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Динамика изменения живой массы и среднесуточные приросты цыплят-бройлеров в опыте по изучению совместного скормливания сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Пролам» представлены в таблице 1.

Валовые приросты птицы были значительно выше во 2-й группе, где цыплятам скормливали сорбент совместно с пробиотиком.

Динамика изменения среднесуточных приростов птицы в 3-м опыте представлена в таблице 2.

Совместное применение кормовых добавок «Ковелос-Сорб» и «Пролам» способствовало определенному снижению потребления полнорационного комбикорма во все периоды выращивания: во 2-й группе — на 125 г (на 2,7%), в 3-й — на 1,5%, в 4-й — на 1,4%.

Таблица 1. Динамика изменения живой массы цыплят-бройлеров, г (n = 100)

Table 1. Dynamics of changes in live weight of broiler chickens, g (n = 100)

Возраст, сут.	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
1	44,5 ± 0,2	44,5 ± 0,3	44,7 ± 0,3	44,5 ± 0,3
14	334,2 ± 4,6	359,2 ± 4,1***	345,0 ± 4,7	350,4 ± 4,6
28	949,1 ± 10,4	1012,9 ± 8,1***	994,7 ± 9,2**	1001,5 ± 10,4***
42	1942,6 ± 19,4	2099,0 ± 18,1***	2097,4 ± 17,8***	2089,5 ± 17,6***

Примечание: \* (здесь и далее) разница статистически значима между показателями птиц контрольной и опытной групп при  $p < 0,05$ ; \*\* при  $p < 0,01$ ; \*\*\* при  $p < 0,001$ .

Таблица 2. Среднесуточный прирост цыплят в опыте, г (n = 100)

Table 2. Average daily weight gain of chickens in the experiment, g (n = 100)

Период опыта, дни	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
0–14	20,7 ± 1,0	22,5 ± 1,4	21,5 ± 1,2	21,9 ± 1,1
15–28	43,9 ± 1,7	46,7 ± 1,6	46,4 ± 1,4	46,5 ± 1,7
29–42	70,9 ± 2,0	77,6 ± 2,1*	78,8 ± 1,9*	77,1 ± 1,8
0–42	45,18 ± 1,0	48,91 ± 0,9**	48,87 ± 1,1**	48,69 ± 0,8**
В % к контролю	100,0	108,3	108,2	107,8

<sup>3</sup> Промышленное птицеводство: содержание, разведение и кормление сельскохозяйственной птицы : учебник. СПб.: ООО «Квадро». 2017; 392.

<sup>4</sup> Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы; Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 2-е изд., перераб. и доп. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 2003; 144.

<sup>5</sup> Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы; Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 2005; 33.

<sup>6</sup> ГОСТ 18292-2012 Птица сельскохозяйственная для убоя. Технические условия.

<sup>7</sup> ГОСТ Р 51944-2002 Мясо птицы. Методы определения органолептических показателей, температуры и массы.

<sup>8</sup> ГОСТ 31467-2012 Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы отбора проб и подготовка их к испытаниям.

<sup>9</sup> Боев С.Г. Повышение экономической эффективности бройлерного птицеводства / С.Г. Боев, Р.Г. Петренко, В.Н. Симоненков. Курск: изд-во Курской государственной с.-х. академии. 2008; 161. ISBN 5-7369-0607-4. EDN QTAOCX



Затраты корма на выращивание цыплят-бройлеров показаны в таблице 3.

Изучив данные таблицы 3, можно отметить, что добавление сорбента «Ковелос-Сорб» к пробиоту «Пролам» способствовало улучшению конверсии кормов в продукцию тела бройлеров на 10,2%. Скармливание сорбента «Ковелос-Сорб» снизило затраты кормов на единицу продукции на 9,7%, а добавление к рациону пробиотика «Пролам» — на 8,6%.

На протяжении всего опыта общее состояние цыплят в контрольной и опытных группах не отличалось.

Сохранность птицы, участвовавшей в опыте, представлена в таблице 4.

По результатам проведенных ветеринарным специалистом хозяйства патологоанатомических исследований падеж птицы не был связан с кормовыми факторами. Во 2-й группе птицы наблюдалась 100%-ная сохранность всего поголовья, в 3-й и 4-й группах сохранность составила 98,0%, что выше контрольного показателя на 2,0%.

Полученные данные свидетельствуют о том, что совместное скармливание сорбента «Ковелос-Сорб» и «Пролама» значительно эффективнее, чем их раздельное применение, за счет поступления в организм лактобактерий пробиотика, которые защищены от кислой среды желудка сорбентом.

Скорее всего, здесь имеет место тройной санирующий эффект: детоксикация сорбентом, улучшение функций пищеварительного тракта и нормализация микрофлоры кишечника (усиление нормальной флоры и подавление патогенной и условно-патогенной флоры) дают эффект повышения продуктивности птицы. Кроме того, сам сорбент, возможно, снижает местный токсикоз, что может способствовать лучшей колонизации бактерий пробиотика.

В конце опыта (42 дня) были проведены контрольный убой и анатомическая разделка тушек цыплят-бройлеров для оценки их мясных качеств, а также развития внутренних органов и кишечника.

Основные результаты контрольного убоя цыплят представлены в таблице 5.

При расчете экономической эффективности скармливания сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Пролам» установлено повышение

Таблица 3. Затраты корма на прирост живой массы птицы в опыте, кг

Table 3. Feed costs for live weight gain of poultry in the experiment, kg

Период опыта, сут.	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
7–14	1,90	1,76	1,84	1,81
21–28	2,08	1,85	1,89	1,89
35–42	1,71	1,53	1,53	1,55
0–42	1,86	1,67	1,69	1,70
В % к контролю	100,0	89,8	90,3	91,4

Таблица 4. Сохранность цыплят в третьем опыте, %

Table 4. Survival of chickens in the third experiment, %

Период выращивания, сут.	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
0–7	100,0	100,0	100,0	100,0
7–14	100,0	100,0	100,0	100,0
14–21	98,0	100,0	100,0	100,0
21–28	100,0	100,0	100,0	98,0
28–35	98,0	100,0	98,0	100,0
35–42	100,0	100,0	100,0	100,0
0–42	96,0	100,0	98,0	98,0

Таблица 5. Результаты контрольного убоя птицы в эксперименте (n = 6)

Table 5. Results of control slaughter of poultry in the experiment (n = 6)

Показатели	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Живая масса птицы перед убоем, г	1950,1 ± 26,2	2070,2 ± 16,3	2030,0 ± 25,1	2090,0 ± 25,0**
Масса потрошеной тушки, г	1328,1 ± 15,0	1442,2 ± 13,1**	1368,0 ± 15,3	1507,1 ± 18,1***
Выход потрошеной тушки, %	68,1	69,7	67,4	72,1
Масса мышц, г: грудная	297,0 ± 11,3	341,1 ± 7,5*	352,0 ± 5,1**	351,2 ± 8,3**
в % к массе потрошеной тушки	22,4	23,6	25,7	23,3
бедренные	185,2 ± 8,5	191,1 ± 7,3	184,3 ± 7,8	205,0 ± 6,9
в % к массе потрошеной тушки	13,9	13,2	13,5	13,6
мышцы голени	125,0 ± 7,1	139,0 ± 8,1	130,1 ± 6,8	147,0 ± 5,8
в % к массе потрошеной тушки	9,4	9,6	9,5	9,3

Таблица 6. Расчет экономической эффективности по данным производственной проверки (n = 200)

Table 6. Calculation of economic efficiency based on production audit data (n = 200)

Показатели	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Живая масса в суточном возрасте	40,1	39,9	40,0
Живая масса в 42-дневном возрасте	2293,5	2444,3***	2493,2***
Потреблено корма на одну голову, кг	4,06	4,21	4,15
Среднесуточный прирост живой массы, г	53,7	57,2	58,4
Валовой прирост живой массы, кг	2253,4	2404,4	2453,2
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, кг	1,80	1,75	1,69
Стоимость валовой продукции, руб.	180,27	192,35	196,26
Производственные затраты на одну голову за период выращивания, руб.	131,12	132,47	133,38
Чистый доход на одну голову за период выращивания, руб.	49,15	59,88	62,88
Получено дополнительной прибыли на одну голову, руб.	–	10,73	13,73
Уровень рентабельности, %	37,5	45,2	47,1

экономической эффективности в опытных группах (табл. 6).

Рентабельность при использовании сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Пролам» в данном эксперименте была выше на 7,7% и 9,6%.

## Выводы/Conclusions

Анализ полученных данных свидетельствует о положительном влиянии скормливания в составе полнорационного комбикорма сорбента «Ковелос-Сорб» цыплятам-бройлерам, который способствует повышению их живой массы на 3,4–08,8% ( $p \leq 0,001$ ), среднесуточному приросту живой массы на 3,5–8,9%, сохранности поголовья на 2,0–5,9%, снижению затрат кормов на 1 кг прироста живой массы на 3,2–8,0%. При совместном скормливании сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Пролам» чистый доход

увеличивается на 23,9%, уровень рентабельности — на 9,6%.

Дополнительная прибыль на одну голову за счет совместного применения изучаемых кормовых добавок составила 13,73 рубля.

С целью повышения продуктивности цыплят-бройлеров и экономической эффективности их выращивания рекомендуем в составе полнорационных комбикормов скормливать сорбент «Ковелос-Сорб» в дозировке 0,1% по массе корма и пробиотик «Пролам» в количестве 0,1% по массе корма весь период выращивания.

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. Горелик О.В., Харлап С.Ю., Струин А.А., Белооков А.А., Белоокова О.В., Чухутин Е.В. Особенности весового роста цыплят-бройлеров при использовании биотехнологической добавки «Арес». *Аграрная наука*. 2022; (12): 57–60. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-57-60>
2. Бектасова С.С., Асенова Б.К., Ребезов М.Б. Совершенствование технологии переработки цыплят-бройлеров (патентный поиск). *Молодой ученый*. 2015; (11): 266–269. <https://elibrary.ru/twrebb>
3. Ермолова Е.М., Ермолов С.М., Косилов В.И. Использование кормовой добавки в кормлении цыплят-бройлеров. *Аграрная наука и инновационное развитие животноводства — основа экологической безопасности продовольствия. Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова*. 2023; 13–18. <https://elibrary.ru/shutll>
4. Зайцева Т.Н., Ребезов М.Б., Рябова В.Ф. Перспективы развития регионального рынка продуктами птицеводства. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 82-й Международной научно-технической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2024; 362. <https://elibrary.ru/xfnmat>
5. Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н., Кубышкин А.В., Хвостенко Т.М. Анализ уровня потребления основных продуктов питания населением как важнейшей компоненты продовольственной безопасности региона. *Аграрная наука*. 2023; (7): 155–162. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-155-162>
6. Петрова Ю.В., Антипов А.А., Луговая И.С. Опыт применения кормовых добавок линейки «Продактив» и их положительное влияние на основные производственные показатели при выращивании цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2020; (5): 18–22. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-18-22>
7. Атамбаева Ж.М., Нургазезова А.Н., Ребезов М.Б., Камбаров А.С., Колесниченко И.С. Пищевая безопасность и качество мясного сырья. *Качество продукции, технологий и образования. Материалы XIV Международной научно-практической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2019; 49–53. <https://elibrary.ru/vrtzzj>
8. Горбачев Р.А., Иванова Н.Н., Денисенко Л.И., Шипилов В.В. Эффективность применения сорбентов в птицеводстве. *Актуальные проблемы природопользования и природообустройства. Сборник статей II Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2019; 103–107. <https://elibrary.ru/wkgllwa>
9. Никулин В.Н., Бабичева И.А., Антипов Я.К. Интенсивность белкового обмена у цыплят-бройлеров на фоне применения пробиотика и препарата «Е-селен». *Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием*. М.: Перо. 2023; 194–197. <https://elibrary.ru/qdrygf>
10. Ибраев А.С., Бабичева И.А. Влияние высокобелковых кормов и БВД на использование питательных веществ рациона. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2011; (4): 325–327. <https://elibrary.ru/paxtgl>

## REFERENCES

1. Gorelik O.V., Harlap S.Yu., Struin A.A., Belookov A.A., Belookova O.V., Chuhutin E.V. Features of broilers live weight gain in case of using the biotechnological additive "Ares". *Agrarian science*. 2022; (12): 57–60 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-57-60>
2. Bektasova S.S., Asenova B.K., Rebezov M.B. Improving the technology of broiler chicken processing (patent search). *Young scientist*. 2015; (11): 266–269 (in Russian). <https://elibrary.ru/twrebb>
3. Ermolova E.M., Ermolov S.M., Kosilov V.I. Use of feed additive in feeding broiler chickens. *Agricultural science and innovative development of animal husbandry — the basis of environmental safety of food. Proceedings of the II National scientific and practical conference with international participation*. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov. 2023; 13–18 (in Russian). <https://elibrary.ru/shutll>
4. Zaytseva T.N., Rebezov M.B., Ryabova V.F. Prospects for the development of the regional market for poultry products. *Actual problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 82nd International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2024; 362 (in Russian). <https://elibrary.ru/xfnmat>
5. Kuzmitskaya A.A., Korosteleva O.N., Kubyshev A.V., Khvostenko T.M. Analysis of the level of consumption of basic foodstuffs by the population as the most important component of food security in the region. *Agrarian science*. 2023; (7): 155–162 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-155-162>
6. Petrova Yu.V., Antipov A.A., Lugovaya I.S. The experience of using feed additives of the "Prodaktiv" line and their positive impact on the main production indicators when growing broiler chickens. *Agrarian science*. 2020; (5): 18–22 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-18-22>
7. Atambaeva Zh.M., Nurgazezova A.N., Rebezov M.B., Kambarova A.S., Kolesnichenko I.S. Food safety and quality of meat raw materials. *Quality of products, technologies and education. Proceedings of the XIV International scientific-practical conference*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2019; 49–53 (in Russian). <https://elibrary.ru/vrtzzj>
8. Gorbachev R.A., Ivanova N.N., Denisenco L.I., Shipilov V.V. Efficiency of application of sorbents in poultry farming. *Actual problems of nature management and environmental engineering. Collection of articles of the II International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2019; 103–107 (in Russian). <https://elibrary.ru/wkgllwa>
9. Nikulin V.N., Babicheva I.A., Antipov Ya.K. The intensity of protein metabolism in broiler chickens against the background of the use of a probiotic and the drug "E-selenium". *Improvement of engineering and technical support for production processes and technological systems. Proceedings of the National scientific and practical conference with international participation*. Moscow: Pero. 2023; 194–197 (in Russian). <https://elibrary.ru/qdrygf>
10. Ibraev A.S., Babicheva I.A. Effect of feeds with high protein content and biovitamins supplements on ration nutrients utilization. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2011; (4): 325–327 (in Russian). <https://elibrary.ru/paxtgl>

11. Никулин В.Н., Мустафин Р.З., Мустафина А.С. Мясная продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров при использовании диоксида кремния в составе комбикорма. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020; (6): 331–336. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-331-336>
12. Khaziakhmetov F. et al. Valuable Effect of Using Probiotics in Poultry Farming. *Annual Research & Review in Biology*. 2018; 25(1): 40070. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/40070>
13. Овчинников А.А., Косилов В.И., Яптик Н.Д. Влияние кормовой добавки фитобиотика на мясную продуктивность цыплят-бройлеров. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2024; (4): 308–313. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-108-4-308-313>
14. Неверова О.П. и др. Влияние биотехнологической добавки на весовой рост цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2023; (11): 70–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-70-75>
15. Залилов Р.В., Ребезов М.Б. Перспективность применения минеральных кормовых добавок в животноводстве и птицеводстве. *Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции*. Оренбург: Университет. 2014; 1211–1214. <https://elibrary.ru/slghrz>
16. Безбородова Н.А., Красноперов А.С., Шулаев Г.М., Афонюшкин В.Н., Ивашкина Л.Н. Применение сорбентов в животноводстве и птицеводстве. *БИО*. 2019; (5): 28–32. <https://elibrary.ru/kddjbt>
17. Ребезов М.Б. Результаты применения природных цеолитов Южного Урала в птицеводческих хозяйствах. *Актуальные проблемы болезней молодняка в современных условиях. Материалы Международной научно-практической конференции*. Воронеж: Воронежский государственный университет. 2002; 514–515. <https://elibrary.ru/zakymd>
18. Ермолова Е.М., Ермолов С.М., Косилов В.И. Использование пробиотиков в кормлении цыплят-бройлеров. *Роль лидера нации в индустриализации агропромышленного комплекса страны и повышения эффективности землепользования. Материалы Республиканской научно-практической конференции*. Дангара: Дангаринский государственный университет. 2023; 113–118. <https://elibrary.ru/nwlywe>
19. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov K., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01013. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501013>
20. Nikolaev S., Krotova O., Polozuyk O., Krotova M., Savenkova M. The Effect of Low-Cost Compound Feeds on the Productive Qualities of Broiler Chickens. *Beskopylny A., Shamtysan M., Artiukh V. (eds.). INTERAGROMASH 2022. XV International Scientific Conference. Global Precision Ag Innovation 2022*. Cham: Springer. 2023; 2: 620–627. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2\\_69](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_69)
21. Косилов В.И., Полькина А.С., Галиева З.А. Результаты применения пробиотиков «Ветом 1.2» и «Энзимспорин» в гусеводстве. *Наука и образование*. 2019; (3): 111–116. <https://elibrary.ru/mwsgek>
22. Никулин В.Н., Бабичева И.А., Ключкина Е.Ю., Вершинина Р.В. Влияние различных доз пробиотика «Профорт» на яичную продуктивность кур кросса Хайсекс коричневый. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2024; (2): 334–338. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-106-2-334-338>
23. Лебедева И.А., Щепеткина С.В., Новикова М.В., Сканчев А.И. Пробиотики в современном птицеводстве. *БИО*. 2018; (1): 32–37. <https://elibrary.ru/ozcsxr>
24. Никулин В.Н., Бойко И.Н., Палагина Т.Е., Шамраев А.В. Пробиотики как регуляторы метаболических процессов. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2005; (1): 139–142. <https://elibrary.ru/mttephr>
25. Ребезов М.Б., Курамшина Н.Г., Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Каратаева Д.А. Содержание радионуклидов в продукции птицеводства. *Научное обеспечение безопасности и качества продукции животноводства. Сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. 2019; 238–241. <https://elibrary.ru/amaapp>
26. Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Григорьева Е.В., Ребезов М.Б. Влияние пробиотиков на продуктивность цыплят-бройлеров. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014; (2): 143–145. <https://elibrary.ru/sfsctr>
11. Nikulin V.N., Mustafin R.Z., Mustafina A.S. Meat productivity and meat quality of broiler chickens using silicon dioxide in the feed. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; (6): 331–336 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-331-336>
12. Khaziakhmetov F. et al. Valuable Effect of Using Probiotics in Poultry Farming. *Annual Research & Review in Biology*. 2018; 25(1): 40070. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/40070>
13. Ovchinnikov A.A., Kosilov V.I., Yaptik N.D. The influence of phytobiotic feed additives on the meat productivity of broiler chickens. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2024; (4): 308–313 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-108-4-308-313>
14. Neverova O.P. et al. Influence of a biotechnological additive on the weight growth of broiler chickens. *Agrarian science*. 2023; (11): 70–75 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-70-75>
15. Zalilov R.V., Rebezov M.B. Prospects of Using Mineral Feed Additives in Livestock and Poultry Farming. *University Complex as a Regional Center for Education, Science and Culture. Proceedings of the All-Russian scientific and methodological conference*. Orenburg: University. 2014; 1211–1214 (in Russian). <https://elibrary.ru/slghrz>
16. Bezborodova N.A., Krasnoperov A.S., Shulaev G.M., Afonyushkin V.N., Ivashkina L.N. Use of sorbents in livestock and poultry farming. *BIO*. 2019; (5): 28–32 (in Russian). <https://elibrary.ru/kddjbt>
17. Rebezov M.B. Results of application of natural zeolites of the Southern Urals in poultry farms. *Actual problems of diseases of young animals in modern conditions. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Voronezh: Voronezh State University. 2002; 514–515 (in Russian). <https://elibrary.ru/zakymd>
18. Ermolova E.M., Ermolov S.M., Kosilov V.I. Use of probiotics in feeding broiler chickens. *The role of the Leader of the Nation in the industrialization of the country's agro-industrial complex and improving the efficiency of land use. Proceedings of the republican scientific and practical conference*. Dangara: Dangara State University. 2023; 113–118 (in Russian). <https://elibrary.ru/nwlywe>
19. Boysinova N., Ibragimov F., Yunusov K., Achilov O., Rasulov U. The effectiveness of using probiotics, their effect on growth and chemical composition of broiler chicken meat. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01013. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501013>
20. Nikolaev S., Krotova O., Polozuyk O., Krotova M., Savenkova M. The Effect of Low-Cost Compound Feeds on the Productive Qualities of Broiler Chickens. *Beskopylny A., Shamtysan M., Artiukh V. (eds.). INTERAGROMASH 2022. XV International Scientific Conference. Global Precision Ag Innovation 2022*. Cham: Springer. 2023; 2: 620–627. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2\\_69](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_69)
21. Kosilov V.I., Polkina A.S., Galieva Z.A. Results of using probiotics "Vetom 1.2" and "Enzimsporin" in goose breeding. *Science and education*. 2019; (3): 111–116 (in Russian). <https://elibrary.ru/mwsgek>
22. Nikulin V.N., Babicheva I.A., Klyukvina E.Yu., Vershinina R.V. The effect of different doses of the probiotic "Profort" on the egg productivity of Haysex brown cross chickens. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2024; (2): 334–338 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-106-2-334-338>
23. Lebedeva I.A., Shchepetkina S.V., Novikova M.V., Skanchev A.I. Probiotics in modern poultry farming. *BIO*. 2018; (1): 32–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/ozcsxr>
24. Nikulin V.N., Boyko I.N., Palagina T.E., Shamrayev A.V. Probiotics as regulators of metabolic processes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2005; (1): 139–142 (in Russian). <https://elibrary.ru/mttephr>
25. Rebezov M.B., Kuramshina N.G., Topuriya G.M., Topuriya L.Yu., Karatayeva D.A. Content of radionuclides in products of poultry farming. *Scientific support for the safety and quality of livestock products. Collection of articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference*. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev. 2019; 238–241 (in Russian). <https://elibrary.ru/amaapp>
26. Topuria G.M., Topuria L.Yu., Grigoryeva E.V., Rebezov M.B. Effect of probiotics on broiler-chickens productivity. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2014; (2): 143–145 (in Russian). <https://elibrary.ru/sfsctr>



27. Ковехова Н.П., Пышманцева Н.А., Чиков А.Е. Использование пробиотиков «Пролам» и «Бацелл» с первых минут жизни цыплят. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2010; 46(1–2): 180–183. <https://elibrary.ru/sjmhxz>
28. Новикова М.В., Лебедева И.А., Брекоткина Н.В. Пробиотики «Бацелл-М», «Моноспорин», «Пролам» повышают продуктивность кур-несушек на пике яйцекладки. *Эффективное животноводство*. 2023; (8): 96–98. <https://elibrary.ru/xzswdk>
29. Димитриева А.И., Ефимова И.О., Кириллова А.С. Влияние пробиотиков «Моноспорин» и «Пролам» на сохранность и среднесуточный прирост молодняка кур. *Современные тенденции в науке и образовании. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции*. М.: АР-Консалт. 2014; 1: 27–28. <https://elibrary.ru/sfxvll>
30. Алексеев И.А., Сергеев С.Г., Софронов В.Г. Опыт применения пробиотической добавки к корму «Пролам» при выращивании молодняка кур. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2013; 214: 34–38. <https://elibrary.ru/qaexqz>
31. Данилова А.А., Ратосный А.Н., Осечук Д.В., Юрина Н.А., Овсепьян В.А. Совместное применение пробиотика и сорбента в птицеводстве. *Сборник научных трудов КНЦЗВ*. 2020; 9(1): 338–344. <https://doi.org/10.34617/z3xs-rb65>
32. Псхатиева З.В., Каиров В.Р., Булацева С.В. Применение комплекса сорбента и пробиотика в птицеводстве. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2023; 60(2): 70–76. <https://elibrary.ru/folqho>
33. Кононенко С.И., Тлетсерук И.Р., Овсепьян В.А., Юрин Д.А. Диоксид кремния в кормлении цыплят мясного направления продуктивности. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2015; 52(3): 62–67. <https://elibrary.ru/uhldpd>
34. Кармацких Ю.А., Костомакхин Н.М. Введение пробиотического препарата «Веткор» и бентонита в комбикорм для цыплят-бройлеров. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2020; (3): 3–18. <https://doi.org/10.33920/sel-05-2003-01>

## ОБ АВТОРАХ

### Владимир Иванович Косилов<sup>1</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства  
kosilov\_vi@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

### Юсупжан Артыкович Юлдашбаев<sup>2</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской академии наук, профессор  
yuldashbaev@rgau-msha.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

### Евгения Михайловна Ермолова<sup>3</sup>

доктор сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой биологии, экологии, генетики и разведения животных, доцент  
zhe1748@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9382-3943>

### Сергей Михайлович Ермолов<sup>3</sup>

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры птицеводства  
sergey.ermolov@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4600-7908>

### Ольга Петровна Неверова<sup>4</sup>

кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой биотехнологии и пищевых продуктов  
opneverova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>

### Марина Николаевна Долгая<sup>5</sup>

кандидат биологических наук, научный консультант  
dolgaya@vicgroup.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3123-6641>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, ул. Челюскинцев, 18, Оренбург, 460014, Россия

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия

<sup>3</sup>Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Ю. Гагарина, 13, Троицк 457100, Россия

<sup>4</sup>Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620000, Россия

<sup>5</sup>ООО «Группа компаний ВИК», дер. Островцы, квартал 30137, стр. 681, г. о. Раменское, Московская обл., 140125, Россия

27. Kovekhova N.P., Pyshmantseva N.A., Chikov A.E. Use of probiotics “Prolam” and “Batcell” from the first minutes of life of chickens. 2010; 46(1–2): 180–183 (in Russian). *Scientific notes of the educational institution “Vitebsk Order “Badge of Honor” State Academy of Veterinary Medicine”*. <https://elibrary.ru/sjmhxz>

28. Novikova M.V., Lebedeva I.A., Brekotkina N.V. Probiotics “Bacell-M”, “Monosporin”, “Prolam” increase the productivity of laying hens at the peak of egg laying. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2023; (8): 96–98 (in Russian).

29. Dimitrieva A.I., Efimova I.O., Kirillova A.S. The effect of probiotics “Monosporin” and “Prolam” on the safety and average daily gain of young chickens. *Modern trends in science and education. Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference*. Moscow: AR-Consalt. 2014; 1: 27–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/sfxvll>

30. Alekseev I.A., Sergeev S.G., Sofronov V.G. Experience of application of the probiotic additive to the forage “Prolam”, at cultivation of young growth chickens. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2013; 214: 34–38 (in Russian). <https://elibrary.ru/qaexqz>

31. Danilova A.A., Ratoshny A.N., Osepchuk D.V., Yurina N.A., Ovsepyan V.A. Joint application of probiotics and sorbent in poultry farming. *Collection of Scientific Papers of KRCACHV*. 2020; 9(1): 338–344 (in Russian). <https://doi.org/10.34617/z3xs-rb65>

32. Pskhatsieva Z.V., Kairov V.R., Bulatseva S.V. The use of a complex of sorbent and probiotics in poultry farming. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2023; 60(2): 70–76 (in Russian). <https://elibrary.ru/folqho>

33. Kononenko S.I., Tletseruk I.R., Ovsepyan V.A., Yurin D.A. Silicon dioxide in the meat chickens’ feeding. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2015; 52(3): 62–67 (in Russian). <https://elibrary.ru/uhldpd>

34. Karmatskikh Yu.A., Kostomakhin N.M. Input of probiotic drug “Vetkor” and bentonite in compound feed for chicken broilers. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2020; (3): 3–18 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-05-2003-01>

## ABOUT THE AUTHORS

### Vladimir Ivanovich Kosilov<sup>1</sup>

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products  
kosilov\_vi@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4754-1771>

### Yusupzhan Artykovich Yuldashbaev<sup>2</sup>

Doctor of Agricultural Sciences, Academician Russian Academy of Sciences, Professor  
yuldashbaev@rgau-msha.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

### Evgeniya Mikhailovna Ermolova<sup>3</sup>

Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Biology, Ecology, Genetics and Animal Breeding, Associate Professor  
zhe1748@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-9382-3943>

### Sergey Mikhailovich Ermolov<sup>3</sup>

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Poultry Farming Department  
sergey.ermolov@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4600-7908>

### Olga Petrovna Neverova<sup>4</sup>

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Biotechnology and Food Products  
opneverova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>

### Marina Nikolaevna Dolgaya<sup>5</sup>

Candidate of Biological Sciences, Scientific Consultant  
dolgaya@vicgroup.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3123-6641>

<sup>1</sup>Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev Str., Orenburg, 460014, Russia

<sup>2</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

<sup>3</sup>South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin Str., Troitsk, 457100, Russia

<sup>4</sup>Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620000, Russia

<sup>5</sup>VIC Group of Companies” LLC, Ostrovtsy village, 30137 block, 681 building, Ramenskoye City District, Moscow Region, 140125, Russia

УДК 579.62:612.015.3

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-115-122

Г.А. Свazлян ✉

В.С. Попов

Курский федеральный аграрный  
научный центр, Курск, Россия

✉ manukyang@yandex.ru

Поступила в редакцию: 01.09.2024

Одобрена после рецензирования: 15.01.2025

Принята к публикации: 30.01.2025

© Свazлян Г.А., Попов В. С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-115-122

Gayane A. Svazlyan ✉

Victor S. Popov

Federal Agricultural Kursk Research  
Center, Kursk, Russia

✉ manukyang@yandex.ru

Received by the editorial office: 01.09.2024

Accepted in revised: 15.01.2025

Accepted for publication: 30.01.2025

© Svazlyan G.A., Popov V.S.

## Регуляция микробиома желудочно-кишечного тракта и метаболизма в организме у телят

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Важное значение в регуляции формирования и колонизации желудочно-кишечного тракта приобретают кормовые добавки, содержащие активные метаболиты консорциума пробиотических микроорганизмов.

**Методы.** Объектом исследований являлись телята 3–90-дневного возраста. Они получали жидкую биологическую активную добавку, в состав которой входят следующие компоненты: экстракт овса пророщенного голозерного — 90%; меласса свекловичная — 10%; метаболиты пробиотических микроорганизмов *B. bifidum* штамм — 1; *L. plantarum* для формирования микробиома желудочно-кишечного тракта (3–42 сут.) и *B. subtilis* штамм DSM-32424 для регуляции метаболизма организма телят (42–90 сут.).

**Результаты.** В регуляции микробиома желудочно-кишечного тракта телят (3–42 сут.) определяющим фактором является применение пробиотических микроорганизмов *B. bifidum* штамм — 1, *L. plantarum* в кормовой добавке. В исследовании установлено, что до начала опыта количество бифидобактерий в кишечнике телят двух групп составляло  $3,1 \times 10^6$  КОЕ/г, лактобактерий —  $3,5 \times 10^5$  КОЕ/г.

Динамика бифидобактерий и лактобактерий в контрольной и опытной группах имеет положительную тенденцию к увеличению с возрастными периодами телят. В опытной группе телят показатели количества лакто- и бифидобактерий на 42-е сутки составили: *Lactobacillus spp.* —  $4,2 \times 10^9$  КОЕ/г; *Bifidobacterium spp.* —  $3,2 \times 10^9$  КОЕ/г.

Регуляция метаболизма связана с дополнительным поступлением в организм белковообразующих аминокислот, положительно влияющих на обмен веществ и увеличение прироста живой массы животных.

У телят с 3-го по 42-й день жизни, получавших БАД 1 для формирования микробиома, среднесуточные приросты живой массы были достоверно выше — на 21,70%. У телят, получавших с 42-го по 90-й день БАД 2 для коррекции метаболизма, среднесуточные приросты живой массы были достоверно выше — на 16,58%.

**Ключевые слова:** микробиом, метаболизм, пробиотик, бифидобактерии, лактобактерии, метаболиты, колониеобразующая единица (КОЕ), биологически активная добавка (БАД)

**Для цитирования:** Свazлян Г.А., Попов В.С. Регуляция микробиома желудочно-кишечного тракта и метаболизма в организме у телят. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 115–122.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-115-122>

## Regulation of the gastrointestinal microbiome and body metabolism in calves

### ABSTRACT

**Relevance.** The dietary supplements containing active metabolites of a consortium of probiotic microorganisms are important in regulating the formation and colonization of the gastrointestinal tract.

**Methods.** The object of the research was calves 3–90 days old. They received a liquid biologically active additive, which includes the following components: extract of sprouted naked oats — 90%; molasses beetroot — 10%; metabolites of probiotic microorganisms *B. bifidum* strain — 1; *L. plantarum* for the formation of the microbiome of the gastrointestinal tract (3–42 days) and *B. subtilis* strain DSM-32424 for regulation calves' body metabolism (42–90 days).

**Results.** In the regulation of the microbiome of the gastrointestinal tract of calves (3–42 days), the determining factor is the use of probiotic microorganisms *B. bifidum* strain — 1, *L. plantarum* in a feed additive. The study found that before the start of the experiment, the number of bifidobacteria in the intestines of calves of the two groups was  $3.1 \times 10^6$  CFU/g, lactobacilli —  $3.5 \times 10^5$  CFU/g.

The dynamics of bifidobacteria and lactobacilli in the control and experimental groups has a positive tendency to increase with the age periods of calves. In the experimental group of calves, the indicators of the number of lacto- and bifidobacteria on day 42 were: *Lactobacillus spp.* —  $4.2 \times 10^9$  CFU/g; *Bifidobacterium spp.* —  $3.2 \times 10^9$  CFU/g.

The regulation of metabolism is associated with the additional intake of protein-forming amino acids into the body, which positively affect metabolism and increase animal body weight gain. In calves from the 3rd to the 42nd day of life, who received dietary supplement 1 for the formation of the microbiome, the average daily weight gain was significantly higher — by 21.70%. In calves that received dietary supplements 2 for metabolic correction from day 42 to day 90, the average daily weight gain was significantly higher — by 16.58%.

**Key words:** microbiome, metabolism, probiotics, bifidobacteria, lactobacilli, metabolites, colony-forming unit (CFU), biologically active additive (BAA)

**For citation:** Svazlyan G.A., Popov V.S. Regulation of the gastrointestinal microbiome and body metabolism in calves. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 115–122 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-115-122>

## Введение/Introduction

Микробиом желудочно-кишечного тракта оказывает определенное влияние на иммунометаболический статус роста и развития телят. На качественный и количественный состав кишечной микробиоты влияют различные факторы, которые включают внутренний гомеостаз кишечника, состав рациона, уровень обеспеченности питательными веществами [1, 2].

Важное значение в регуляции формирования и колонизации желудочно-кишечного тракта приобретают кормовые добавки на основе пробиотических микроорганизмов. Введение телятам пробиотиков способствует формированию полезной кишечной микробиоты, поддерживает стабильность микробиоты и подавляет рост патогенов. При этом наиболее целесообразно и эффективно применение пробиотиков у телят молочного периода [3–5].

*Lactobacillus* и *Bifidobacterium* — представители семейств, которые обитают в пищеварительном тракте животных. Следует отметить, что ведущая функция пробиотических микроорганизмов заключается в восстановлении и поддержании нормальной микробиоты желудочно-кишечного тракта, что существенно влияет на колонизацию биотопа случайной или условно-патогенной микрофлорой.

Определяя биологически активную добавку или определенный препарат для регуляции кишечного микробиома, следует учитывать основные штаммы типичной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. В связи с этим в кормлении животных приоритетное место продолжают занимать пробиотики на основе живых клеток молочнокислых бактерий родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, ключевая роль которых в функциональной активности физиологического биоценоза кишечника и в регуляции его состава убедительно доказана [6–8].

Лактобактерии представляют основную массу облигатной микрофлоры желудочно-кишечного тракта у телят молочного периода выращивания. Их антагонистическое действие в отношении патогенных бактерий, гнилостной и газообразующей флоры обусловлено выделением молочной кислоты.

Установлено в ряде исследований, что *Lactobacillus* подавляют в кишечнике рост бактерий *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella schottmuelleri*, *Sarcina lutea*, *Shigella dysenteriae*, *Shigella paradysenteriae*, *Serratia marcescens*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus lactis*, а также способствуют регуляции баланса микробных популяций и стимулируют рост нормальной микрофлоры кишечника [9, 10].

Показано, что молочная кислота, которую лактобактерии продуцируют в процессе метаболизма, способствует более полному усвоению

железа, фосфора, кальция. В организме животных в аэробных условиях происходит реакция превращения молочной кислоты в пировиноградную и активную уксусную, расходуемых далее в различных метаболических процессах (в цикле лимонной кислоты, в синтезе жирных кислот, синтезе холестерина, стероидных гормонов).

Основная масса бифидобактерий локализуется в толстом отделе кишечника организма животных, являясь основной пристеночной и просветной микрофлорой. Установлено, что бифидобактерии являются антагонистами по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, участвуют в реакциях регуляции пищеварения, активации моторики желудочно-кишечного тракта, утилизации пищевых субстратов и активация пристеночного пищеварения, в синтезе аминокислот и белков, витамина К, пантотеновой кислоты, витаминов группы В, нейропептидов, оксида азота, антиоксидантов, гормонов [11, 12].

Кроме того, им свойственны усиление процессов всасывания через стенки кишечника ионов кальция, калия, хлора, цинка, витамина D, регуляция электролитного и кислотно-щелочного баланса; активация специфического и неспецифического иммунитета, индукция синтеза лизоцима, иммуноглобулинов, интерферона [13]. Как естественный биосорбент, они способны аккумулировать значительное количество токсических продуктов, включая металлы, фенолы, яды растительного, животного и микробного происхождения, другие ксенобиотики, препятствуют распаду секреторного иммуноглобулина (Ig A), стимулируют интерферонообразование и выработку лизоцима [13–15].

Научные исследования подтверждают, что использование спорообразующих бактерий, особенно рода *Bacillus*, в рационах животных способствует пробиотическому эффекту за счет их высокой ферментативной активности. *Bacillus subtilis* выделяется среди других бактерий благодаря своим ключевым биохимическим характеристикам, включая возможность окисления окружающей среды и производство антибиотиков. Эти особенности позволяют данному виду бактерий успешно сдерживать развитие различных условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, таких как дрожжевые грибки, сальмонеллы, протеи, стрептококки и стафилококки. Антимикробный потенциал делает *Bacillus subtilis* ценным средством в борьбе с инфекциями и поддержании здоровой микробной экосистемы [16, 17].

Важным фактором регуляции микробиома желудочно-кишечного тракта телят и метаболизма организма является разработка кормовых добавок, препаратов и средств, позволяющих повысить не только естественную резистентность и сохранность новорожденных телят, а также увеличить продуктивность молодняка. Это позволяет в дальнейшем получить хорошо развитых телочек для воспроизводства молочного стада и бычков для интенсивного выращивания на мясо [18, 19].



Поиск наиболее эффективных средств профилактики и лечения заболеваний новорожденных телят, повышение их продуктивности являются приоритетными задачами, стоящими перед животноводческой отраслью на современном этапе его развития [18, 20].

Современный пробиотический препарат должен содержать комбинацию совместимых микроорганизмов с доказанными пробиотическими свойствами, которые продуцируют молочную кислоту, бактериоцины и другие активные метаболиты. Эти микроорганизмы должны обладать способностью к росту и колонизации, что позволяет им стать временными или постоянными обитателями кишечника или других микроэкологий на период профилактики и лечения.

**Цель исследований** — регуляция формирования микробиома желудочно-кишечного тракта и метаболизма организма телят с применением биологически активных добавок на основе пробиотических микроорганизмов.

### Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования по разработке биологически активных добавок проводились в лаборатории ветеринарной медицины и биотехнологии Курского федерального аграрного научного центра в 2023–2024 гг.

Была разработана биологически активная добавка (БАД 1), содержащая в своем составе пробиотические микроорганизмы *B. bifidum* штамм-1 и *L. plantarum* 8P-A3, их структурные компоненты и активные метаболиты [21], которую применяли новорожденным телятам (3–42 сут.) для формирования микробиома желудочно-кишечного тракта.

Для регуляции метаболизма телят молочного периода развития (42–90 сут.) была разработана новая биологически активная добавка (БАД 2) на основе пробиотического микроорганизма *B. subtilis* штамм DSM-32424.

Биологически активную добавку получали в условиях лаборатории ветеринарной медицины

ФГБНУ «Курский ФАНЦ» путем культивирования пробиотических микроорганизмов, разработанную и приготовленную из пророщенного зерна овса голозерного сорта Немчиновский с добавлением 10% мелассы свекловичной, в которую вносили пробиотические микроорганизмы, предварительно стандартизировали до  $1 \times 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> и вносили из расчета 4 мл на 1 л.

Микроорганизмы культивировали в течение 14 суток в термостате KBCG 100/250 (Premed, Польша) при температуре  $37 \pm 1$  °C.

Массовую долю сырого протеина, органических кислот и аминокислот в кормовых добавках определяли согласно ГОСТ Р 32044.1-2012<sup>1</sup>, ГОСТ Р 56373-2015<sup>2</sup> и ГОСТ Р 55569-2013<sup>3</sup> соответственно.

Экспериментальная часть работы по применению биологически активных добавок состояла из двух этапов (табл. 1).

Для изучения эффективности биологически активных добавок с 19.02.2024 по 26.06.2024 были сформированы 2 группы новорожденных телят ( $n = 20$ ) черно-пестрой породы в соответствии с требованиями по подбору аналогов, соблюдений условий и технологии выращивания телят молочного периода, кормления и содержания в условиях НОПЦ «Учхоз «Знаменское»» (г. Курск).

Новорожденные телята до 30-дневного возраста содержались в индивидуальных домиках, после были переведены на групповое содержание. В качестве корма получали цельное молоко без заменителей согласно схеме выпойки телят в хозяйстве с 42-дневного возраста согласно нормам кормления<sup>4</sup>. Схема кормления приведена в таблице 2.

Телята опытной группы с молоком с 3-суточного и до 42-суточного возраста получали экспериментальную, биологически активную добавку (БАД 1) на основе овса голозерного с мелассой и пробиотическими микроорганизмами на основе *B. bifidum* штамм — 1, КОЕ — не менее  $10 \times 10^6$  г/л, *L. plantarum* 8P-A3, КОЕ — не менее  $30 \times 10^6$  г/л по 100–150 мл/гол/сут.

Таблица 1. Дизайн эксперимента на телятах

Table 1. Experimental design in calves

Возраст телят	Биологически активная добавка	Применение
<b>1-й этап</b>		
3–42 дня	БАД 1 на основе овса голозерного с мелассой свекловичной и пробиотических микроорганизмов <i>B. bifidum</i> штамм — 1, КОЕ — не менее $10 \times 10^6$ г/л, <i>L. plantarum</i> 8P-A3, КОЕ — не менее $30 \times 10^6$ г/л, в дозе 100–150 мл/гол/сут	Для формирования микробиома желудочно-кишечного тракта
<b>2-й этап</b>		
42–90 дней	БАД 2 на основе овса голозерного с мелассой свекловичной и эндо- и экзосметаболитов <i>B. subtilis</i> штамм DSM-32424, КОЕ — не менее $1 \times 10^6$ г/л в дозе 500 мл/гол/сут	Для коррекции метаболизма

<sup>1</sup> ГОСТ 32044.1-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

<sup>2</sup> ГОСТ Р 56373-2015 Корма и кормовые добавки. Определение массовой доли органических кислот методом капиллярного электрофореза.

<sup>3</sup> ГОСТ Р 55569-2013 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза.

<sup>4</sup> Некрасов Р.В., Головин А.В., Махаев Е.А. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах. Монография. Москва. 2018; 290. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35382979>

Таблица 2. Схема кормления подопытных телят

Table 2. Feeding scheme of experimental calves

Месяц	Декада	Цельное молоко, кг	Концентраты		Сено, кг	Минер. корма		Вода с сenn. настоем, л	Кальво-Лак., г
			овес	комбикорм		соль, г	мел, г		
Февраль	1-я	5	–	–	–	–	–	2	–
	2-я	6	–	–	–	–	–	3	–
	3-я	6	0,1–0,3	–	–	5	5	3	–
Итого	за месяц	170	2	–	–	50	50	70	–
Март	4-я	6	0,4	0,4	0,2	10	10	3	0,3
	5-я	5	0,5	0,6	0,5	10	10	3	0,3
	6-я	4	0,5	0,8	0,8	10	10	3	0,4
Итого	за месяц	150	14	18	15	300	300	90	10
Апрель	7-я	4	0,6	1,0	0,8	10	15	3	0,5
	8-я	3	0,6	1,0	1,0	10	15	3	0,6
	9-я	3	0,8	1,0	1,2	10	15	3	0,7
Итого	за месяц	100	20	30	30	300	450	90	18
Май	10-я	2	1,0	1,0	1,5	15	15	4	0,5
	11-я	1	1,0	1,0	1,5	15	15	4	0,4
	12-я	–	1,0	1,0	1,5	15	15	4	0,3
Итого	за месяц	30	30	30	45	450	450	120	12
Июнь	13-я	–	1,0	1,0	2,0	20	20	5	–
	14-я	–	1,0	1,0	2,5	20	20	5	–
	15-я	–	1,0	1,0	2,5	20	20	5	–
Итого	за месяц	–	30	30	70	600	600	150	–
Июль	16-я	–	1,0	1,0	3,0	20	20	5	–
	17-я	–	1,0	1,0	3,0	20	20	5	–
	18-я	–	1,0	1,0	3,0	20	20	5	–
Итого	За мес.	–	30	30	90	600	600	150	–
Всего		450	126	138	250	2300	2450	670	40

С 43 суток и до 90-дневного возраста в опытной группе дополнительно к основному рациону (комбикорм КР-1-195, в состав которого входили пшеница, ячмень, овес без пленок, кукуруза, шрот соевый высокопротеиновый, глютен кукурузный, масло подсолнечное, соль, монокальцийфосфат, известняковая мука, витаминно-минеральный концентрат (премикс), был произведен согласно ГОСТ 9268<sup>5</sup>) вводили биологически активную добавку (БАД 2) на основе эндо- и экзометаболитов *B. subtilis* штамм DSM-32424 в дозе 0,5 л на одну голову в сутки.

Прирост живой массы оценивался путем взвешивания телят на весах МИДЛ МП 300 ВЕДА Ф-1 (50/100; 1500х800) «Живой вес 12С», предел взвешивания, max — 300 кг, точность весов — 50/100 г, поверка — январь 2024 г.), утром (до кормления и поения) на 3-й, 30-й, 42-й, 60-й и 90-й день. Зоотехнические исследования проводили согласно рекомендациям А.И. Овсянникова (1976 г.<sup>6</sup>); отбор проб для микробиологических исследований фекалий животных проводили на 3-й, 7-е, 14-е, 28-е и 42-е сутки<sup>7</sup>.

Забор крови для биохимических исследований проводили утром (до кормления телят) в конце опытного периода — в возрасте 90 сут.,

биохимический анализ — на анализаторе Stat Fax 1904 plus (Awareness technology, США).

Все эксперименты с животными осуществлялись в соответствии с установленными этическими нормами их обращения<sup>8</sup>.

Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики для Microsoft Excel (США). Различия между средними арифметическими считали достоверными при  $p \leq 0,05$ , оценку значимости показателей проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

### Результаты и обсуждение /

### Results and discussion

Для коррекции микрофлоры желудочно-кишечного тракта применяли БАД 1, биологическая ценность которой, согласно данным исследованиям, обусловлена не только содержанием консорциума пробиотических микроорганизмов, но и их активных метаболитов в виде органических кислот, регулирующих микробиом желудочно-кишечного тракта (табл. 3).

Установлено, что достоверное увеличение в БАД 1 яблочной кислоты на 61,7% и снижение уксусной кислоты на 40,6% связано с метаболизмом с *B. bifidum*, при этом увеличение молочной

<sup>5</sup> ГОСТ 9268-2015 Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия.

<sup>6</sup> Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве: учеб. пособие. М.: Колос. 1976; 306.

<sup>7</sup> Алешкевич В.Н., Субботина И.А., Красочко П.А., Ломако Ю.В., Бешара М.М., Сыса С.А., Красочко П.П. Определение микробиоценоза кишечного тракта животных в норме и при дисбактериозах. Витебск: ВГАВМ. 2017; 40.

<sup>8</sup> Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии от 14.11.2023 № 33 «О Руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований».

кислоты в 6,5 раз свойственны метаболизму *Lactobacillus*. Так, наибольшее количество в БАД 1 было выявлено молочной и яблочной кислотами, что приводит к снижению рН содержимого толстого отдела кишечника и подавлению роста и размножению условно-патогенной и патогенной микрофлоры, при этом способствует развитию ацидофильных бактерий.

На втором этапе исследований стремились оптимизировать белковый обмен веществ у телят, применяя конструктивно новый подход к балансированию рационов по количеству доступных незаменимых аминокислот. Это достигалось за счет использования биологически активной добавки на основе *B. subtilis*, которая способствует повышению уровня метаболических процессов в организме и увеличению продуктивности телят в период дорастивания.

Установлено значительное увеличение метаболической активности пробиотического микроорганизма, что влияет на качественный и количественный состав БАД, применение которой у животных эффективно влияет на обменные процессы в организме животных.

Ценность применяемой биологически активной добавки на основе *B. Subtilis*, согласно исследованиям, обусловлена содержанием активных метаболитов в виде протеиногенных аминокислот, участвующих в регуляции обмена веществ в организме телят молочного периода (табл. 4).

Согласно дизайну эксперимента, на первом этапе БАД применяли для формирования микробиома желудочно-кишечного тракта новорожденных телят.

В исследованиях (табл. 5) до начала опыта установлено, что количество бифидобактерий в фекалиях телят двух групп составляло  $3,1 \times 10^6$  КОЕ/г, лактобактерий —  $3,5 \times 10^5$  КОЕ/г.

Таблица 3. Показатели концентрации органических кислот в биологически активной добавке

Table 3. Indicators of the concentration of organic acids in biologically active additives

Наименование показателей, мг/л		Контроль (питательная среда без пробиотиков)	Опыт (БАД 1) ( <i>B. bifidum</i> штамм — 1, КОЕ — не менее $10 \times 10^6$ г/л, <i>L. plantarum</i> 8P-A3, КОЕ — не менее $30 \times 10^6$ г/л)
Массовая доля органических кислот, мг/л	Щавелевая кислота	$5,08 \pm 1,63$	$6,66 \pm 1,86$
	Муравьиная кислота	$45,09 \pm 2,05$	$44,82 \pm 2,15$
	Фумаровая кислота	$5,10 \pm 1,96$	$0,57 \pm 1,53$
	Янтарная кислота	$44,42 \pm 1,35^*$	$4,07 \pm 1,83$
	Яблочная кислота	$11,70 \pm 1,89$	$18,90 \pm 1,71^*$
	Лимонная кислота	$50,40 \pm 2,88$	$50,98 \pm 2,23^*$
	Уксусная кислота	$374,09 \pm 1,95$	$266,70 \pm 2,34^*$
	Молочная кислота	$770,00 \pm 2,55$	$5060,00 \pm 2,88^*$
	Бензойная кислота	$28,73 \pm 2,11$	$28,09 \pm 2,61^*$

Примечание: \* достоверно при  $p \leq 0,05$ .

Таблица 4. Показатели протеиногенных аминокислот в биологически активной добавке

Table 4. Indicators of proteinogenic amino acids in dietary supplements

Показатели		Результаты испытаний до культивирования <i>B. subtilis</i> (in vitro) Контроль	Результаты испытаний после культивирования <i>B. subtilis</i> (in vitro) Опыт (БАД 2)
Массовая доля сухих веществ, %		3,89	4,85
Массовая доля протеиногенных аминокислот, мг/л	Аргинин	$82,63 \pm 33,05$	$123,55 \pm 9,42^*$
	Лизин	$119,90 \pm 40,77$	$157,91 \pm 19,69^*$
	Тирозин	$102,60 \pm 30,78$	$105,18 \pm 20,45$
	Фенилаланин	$133,70 \pm 40,11$	$151,64 \pm 20,29^*$
	Гистидин	$57,48 \pm 28,74$	$67,0 \pm 23,50$
	Лейцин + изолейцин	$334,6 \pm 87,00$	$382,10 \pm 47,35$
	Метионин	$104,80 \pm 35,63^*$	$89,79 \pm 30,53$
	Валин	$147,20 \pm 58,88^*$	$75,84 \pm 30,34$
	Пролин	$108,40 \pm 28,18$	$177,77 \pm 20,22$
	Треонин	$322,50 \pm 129,00$	$382,00 \pm 152,80$
	Серин	$89,89 \pm 26,37$	$106,86 \pm 16,34^*$
	Аланин	$215,20 \pm 55,95$	$247,30 \pm 53,90$
	Глицин	$176,80 \pm 60,11$	$234,70 \pm 45,80^*$

Примечание: \* достоверно при  $p \leq 0,05$ .

Таблица 5. Показатели численности микроорганизмов в фекалиях телят (n = 20), КОЕ/г

Table 5. Indicators of the number of microorganisms in the faeces of calves (n = 20), CFU/g

Показатели	Возраст телят, сут.				
	3	7	14	28	42
<i>Bifidobacterium</i>	$3,1,1 \pm 0,1 \times 10^5$ $3,1,1 \pm 0,1 \times 10^5$	$3,8 \pm 0,2 \times 10^6$ $3,7 \pm 0,1 \times 10^6$	$4,4 \pm 0,2 \times 10^6$ $7,6 \pm 0,1 \times 10^7^*$	$5,1 \pm 0,2 \times 10^6$ $4,1 \pm 0,2 \times 10^9^*$	$5,2 \pm 0,2 \times 10^6$ $3,2 \pm 0,1 \times 10^9^*$
<i>Lactobacillus</i>	$3,5 \pm 0,1 \times 10^5$ $3,5 \pm 0,2 \times 10^5$	$3,3 \pm 0,2 \times 10^5$ $3,9 \pm 0,2 \times 10^5$	$3,9 \pm 0,2 \times 10^6$ $8,9 \pm 0,2 \times 10^7^*$	$3,7 \pm 0,2 \times 10^7$ $3,1 \pm 0,2 \times 10^9^*$	$4,3 \pm 0,1 \times 10^7$ $4,2 \pm 0,1 \times 10^9^*$
<i>Escherichia coli</i>	$5,7 \pm 0,1 \times 10^7$ $5,8 \pm 0,2 \times 10^7$	$6,6 \pm 0,1 \times 10^7$ $6,3 \pm 0,2 \times 10^7$	$4,5 \pm 0,1 \times 10^8$ $6,3 \pm 0,1 \times 10^7^*$	$5,2 \pm 0,2 \times 10^8$ $6,7 \pm 0,1 \times 10^7^*$	$6,1 \pm 0,1 \times 10^8$ $6,5 \pm 0,1 \times 10^7^*$
<i>Enterobacter</i>	$1,9 \pm 0,2 \times 10^5$ $1,9 \pm 0,1 \times 10^5$	$2,4 \pm 0,1 \times 10^5$ $2,1 \pm 0,1 \times 10^5$	$2,2 \pm 0,1 \times 10^6$ $2,2 \pm 0,1 \times 10^5^*$	$2,1 \pm 0,1 \times 10^7$ $2,4 \pm 0,1 \times 10^5^*$	$2,3 \pm 0,1 \times 10^7$ $2,3 \pm 0,1 \times 10^5^*$
<i>Proteus</i>	$5,7 \pm 0,1 \times 10^3$ $5,8 \pm 0,1 \times 10^3$	$6,2 \pm 0,1 \times 10^3$ $6,1 \pm 0,1 \times 10^3$	$7,1 \pm 0,1 \times 10^4$ $5,7 \pm 0,1 \times 10^3^*$	$7,5 \pm 0,1 \times 10^4$ $5,4 \pm 0,1 \times 10^3^*$	$7,7 \pm 0,1 \times 10^4$ $5,5 \pm 0,1 \times 10^3^*$
<i>Staphylococcus</i>	$6,8 \pm 0,1 \times 10^4$ $6,8 \pm 0,1 \times 10^4$	$7,1 \pm 0,1 \times 10^4$ $7,0 \pm 0,1 \times 10^4$	$3,9 \pm 0,1 \times 10^5$ $6,9 \pm 0,1 \times 10^4^*$	$2,3 \pm 0,1 \times 10^6$ $6,1 \pm 0,1 \times 10^4^*$	$2,9 \pm 0,1 \times 10^6$ $6,3 \pm 0,1 \times 10^4^*$

Примечание: числитель — показатели у контрольной группы, знаменатель — показатели у опытной группы; \*  $p < 0,05$  по отношению к животным контрольной группы.



Динамика показателей бифидобактерий в контрольной группе телят имеет положительную тенденцию к увеличению с возрастом. Так, на 42-й день показатель составил  $18,68/45415,2 \times 10^6$  КОЕ/г, в то время как количество лактобактерий достигло  $4,3 \times 10^7$  КОЕ/г.

В опытной группе телят показатели количества лакто- и бифидобактерий на 42-е сутки составили: *Lactobacillus spp.* —  $4,2 \times 10^9$  КОЕ/г; *Bifidobacterium spp.* —  $3,2 \times 10^9$  КОЕ/г.

Содержание кишечной палочки у телят в фекалиях из прямой кишки в опытной группе снизилось на 1,52%; стафилококков — на 16,22%, протея — на 18,75% от начального значения. Количество энтеробактерий существенно выросло (с 0,33 до 3,1%), в отличие от бифидобактерий, доля которых снизилась на 4%. Существенно выросла доля стафилококков — в среднем на 2,5%, что в 24 раза выше, чем на 3-и сутки.

На втором этапе эксперимента при применении биологически активной добавки на основе *B. subtilis* (дополнительно к рациону) отмечалась положительная динамика коррекции обменных процессов организма (табл. 6).

По показателям белкового обмена установлено, что выпаивание биологически активной добавки приводило к повышению уровня общего белка в сыворотке крови на 5,2%, альбуминов — на 11,43%, глобулинов — на 3,7%. Применение добавки свидетельствует о достоверном повышении концентрации глюкозы на 20,65%, до 4,09 мм/л против 3,39 мм/л, и активности щелочной фосфатазы на 19,91%. В связи с повышением энергетической обеспеченности организма растущих животных отмечалось увеличение концентрации холестерина (на 4,8%) и снижение билирубина (на 22,32%), что может свидетельствовать об улучшении липидного обмена и липотропной функции печени.

В крови подопытных животных не было выявлено значительных различий в активности аминотрансфераз. Однако при сравнительно одинаковом уровне АЛТ и более низком (на 5,3%) уровне АСТ наблюдалось достоверное увеличение креатинкиназы — на 30,4%. Это может указывать на более высокий уровень метаболических процессов в организме, что предполагает ускорение роста и развития молодняка под воздействием биологически активной добавки по сравнению с контрольной группой.

При применении биологически активных добавок за период опыта (3–90 сут.) наблюдалась положительная динамика прироста живой массы у телят (табл. 7).

Анализируя динамику прироста живой массы подопытных телят, установлено, что среднесуточные приросты достоверно были выше на 18,06% за первые 30 дней жизни, на 21,70% — с 3-го по 42-й день жизни, на 16,58% — с 3-го по 90-й день жизни в группе, получавшей БАД. Живая масса на 60-й и 90-й день жизни у телят в опытной группе была достоверно выше на 6,98% и 10,15%, чем в контроле.

Таблица 6. Биохимические показатели крови телят (n = 7)  
Table 6. Biochemical blood parameters of calves (n = 7)

Показатели	Группа		Референтные значения
	контрольная	опытная	
Белок общий, г/л	73,11 ± 0,53	77,95 ± 0,61*	72–86
Альбумины, г/л	30,66 ± 0,26	34,15 ± 0,19*	30,3–35,5
Глобулины, г/л	39,23 ± 0,21	40,57 ± 0,57	25–40
Мочевина, мм/л	3,91 ± 0,14	3,72 ± 0,17	3,3–6,7
Креатинин, мкм/л	63,16 ± 1,23	68,12 ± 1,12*	55–120
Глюкоза, мм/л	3,39 ± 0,12	4,09 ± 0,09*	2,50–4,16
Триглицериды, мм/л	0,18 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0–0,2
Холестерин, мм/л	1,67 ± 0,05	1,75 ± 0,03	1,4–3,3
Билирубин общий, мкм/л	2,15 ± 0,18	1,67 ± 0,11	0–5,1
АЛТ, МЕ/л	18,89 ± 0,27	18,84 ± 0,37	11–40
АСТ, МЕ/л	68,78 ± 1,28	65,11 ± 0,41	56–85
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	295,21 ± 7,21	353,99 ± 8,17*	55–140
Креатинкиназа, Ед/л	63,27 ± 2,94	82,51 ± 2,41*	–

Таблица 7. Динамика живой массы и сохранность телят (n = 20)

Table 7. Dynamics of live weight and safety of bodies (n = 20)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Масса при рождении, кг	31,81 ± 0,72	33,19 ± 0,46
Масса на 3-и сутки, кг	34,27 ± 0,31	34,24 ± 0,27
Масса через 30 дней, кг	43,74 ± 1,47	45,41 ± 1,34
Среднесуточный прирост за 30 дней, г	350,11 ± 0,27	413,33 ± 0,34*
Масса на 42-й день, кг	49,62 ± 0,11	52,92 ± 0,21
Прирост с 3-го по 42-й день жизни, кг	15,35 ± 1,97	18,68 ± 2,07
Среднесуточный прирост с 3-го дня по 42-е сутки, г	393,59 ± 0,49	478,98 ± 0,37*
Масса через 60 дней, кг	68,95 ± 1,27	73,76 ± 1,87*
Масса через 90 дней, кг	88,78 ± 0,48	97,79 ± 1,11*
Среднесуточный прирост с 3-го по 90-й день, кг	626,55 ± 0,61	730,46 ± 0,49
Сохранность, %	100	100

Примечание: \* p < 0,05, по отношению к животным контрольной группы.

## Выводы/Conclusion

Регуляция формирования микробиома желудочно-кишечного тракта и метаболизма организма телят с применением биологически активных добавок имеет важное практическое значение при их выращивании.

1. Регуляция формирования микробиома желудочно-кишечного тракта с применением биологически активной добавки, содержащей активные метаболиты консорциума пробиотических микроорганизмов *B. bifidum* штамм — 1, КОЕ — не менее  $10 \times 10^6$  г/л, *L. plantarum* 8P-A3, КОЕ — не менее  $30 \times 10^6$  г/л в молочном периоде выращивания телят, имеет положительную направленность в колонизации микробиома кишечника.

На 42-е сутки количество бифидобактерий в контрольной группе телят составило  $5,2 \times 10^6$  КОЕ/г, а в опытной —  $3,2 \times 10^9$  КОЕ/г, лактобактерий —  $4,3 \times 10^7$  КОЕ/г и  $4,2 \times 10^9$  КОЕ/г соответственно.

Содержание кишечной палочки у телят в фекалиях, полученной из прямой кишки, в опытной

группе снизилось на 1,52%; стафилококков — на 16,22%, протея — на 18,75% от начального значения. Количество энтеробактерий существенно выросло — с 0,33 до 3,1%, в отличие от бифидобактерий, доля которых снизилась на 4%. Существенно выросла доля стафилококков — в среднем на 2,5%, что в 24 раза выше, чем на 3-и сутки.

2. Регуляция метаболизма телят в послемолочный период с применением биологически активной добавки на основе экстракта овса пророщенного голозерного (90%), мелассы свекловичной (10%), пробиотического микроорганизма *B. subtilis* штамм DSM-32424 приводила к повышению уровня общего белка в сыворотке крови на 5,2%, альбуминов — на 11,43%, глобулинов — на 3,7%.

Установлено, что применение добавки свидетельствует о достоверном повышении концентрации глюкозы на 20,65%, до 4,09 мм/л против

3,39 мм/л, активности щелочной фосфатазы на 19,91%, что в совокупности может указывать на более высокий уровень метаболических процессов в организме, предполагая ускорение роста и развития молодняка под действием биологически активной добавки по сравнению с контрольной группой.

3. Прирост живой массы телят опытной группы с 3-го дня по 42-е сутки при применении биологически активной добавки на основе пробиотических микроорганизмов *B. bifidum* и *L. plantarum* 8P-A3 был выше на 21,7% по сравнению с контрольной и на 14,7% в период 42–90 суток при применении биологически активной добавки на основе пробиотического микроорганизма *B. subtilis* штамм DSM-32424.

В среднем за период опыта прирост живой массы телят опытной группы был выше на 16,58%.

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

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

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания № FGZU-2022-0004.

## FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation with in the framework of the state task No. FGZU-2022-0004.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вербицкий А.А., Велева Е.Р. Особенности формирования нормобиоценоза кишечника у телят в первые недели жизни. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2020; 56(2): 4–8. <https://elibrary.ru/nnemti>
2. Клетикова Л.В., Мартынов А.Н., Шишкина Н.П., Синельщикова Д.И. Состояние здоровья телят и стратегия профилактики ранней постнатальной патологии. *Вестник аграрной науки*. 2020; (1): 73–80. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.73>
3. Пузевич Е. Пробиотики и антибиотики — не вместе, а вместе. *Эффективное животноводство*. 2021; (2): 28–41. <https://elibrary.ru/poktkt>
4. Севастьянова Т.В. Структура рынка пробиотиков в России. *Аграрная наука*. 2023; (1): 50–56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-50-56>
5. Сафронова Л.А., Иляш В.М. Современное состояние проблемы пробиотических препаратов. *Мікробіологічний журнал*. 2019; 81(5): 114–140. <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.05.114>
6. Савинова Ю.С., Белькова Н.Л., Семенова Н.В., Рычкова Л.В. История, современные направления и перспективы развития про- и пребиотических препаратов в России и за рубежом. *Acta Biomedica Scientifica*. 2022; 7(5–1): 211–227. <https://doi.org/10.29413/ABS.2022-7.5-1.23>
7. Сеин О.Б., Локтионова Е.А., Черников Д.П. Разработка и апробация способа микрокапсулирования пробиотика лактобифадола. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; (5): 77–85. <https://elibrary.ru/vnvcvr>
8. Миленцева И.С., Федорова А.М., Ерофеева Ю.А. Исследование и разработка пробиотических БАД на основе метаболитов бактерий *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*. *Новейшие достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий. Сборник материалов I Международного конгресса*. Кемерово: Кемеровский государственный университет. 2022; 286–289. <https://doi.org/10.21603/-I-IC-89>
9. Фисинин В.И. и др. Биопрепарат на основе штамма *Lactobacillus plantarum* L-211 для животноводства. Сообщение I. Кормление бройлеров. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(2): 382–390. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.382rus>

## REFERENCES

1. Verbitsky A.A., Veleva E.R. Features of the formation of intestinal normobiocenosis in calves in the first weeks of life. *Scientific notes of the educational institution «Vitebsk Order «Badge of Honor» State Academy of Veterinary Medicine»*. 2020; 56(2): 4–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/nnemti>
2. Kletikova L.V., Martynov A.N., Shishkina N.P., Sinelshchikova D.I. Health conditions of calves and strategy for prevention of early postnatal pathology. *Bulletin of agrarian science*. 2020; (1): 73–80 (in Russian). <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.73>
3. Puzevich E. Probiotics and antibiotics are not together, but instead. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2021; (2): 28–41 (in Russian). <https://elibrary.ru/poktkt>
4. Sevastyanova T.V. Structure of the probiotic market in Russia. *Agrarian science*. 2023; (1): 50–56 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-50-56>
5. Safronova L.A., Iliash V.M. Current state of the problem of probiotic preparations. *Microbiological Journal*. 2019; 81(5): 114–140 (in Russian). <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.05.114>
6. Savinova Yu.S., Belkova N.L., Semenova N.V., Rychkova L.V. History, current trends and prospects for the development of pro- and prebiotic drugs in Russia and abroad. *Acta Biomedica Scientifica*. 2022; 7(5–1): 211–227 (in Russian). <https://doi.org/10.29413/ABS.2022-7.5-1.23>
7. Sein O.B., Loktionova E.A., Chernikov D.P. Development and approbation of the method of microcapsulation probiotics of lactobifadol. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2021; (5): 77–85 (in Russian). <https://elibrary.ru/vnvcvr>
8. Milentseva I.S., Fedorova A.M., Erofeeva Yu.A. Research and development of probiotic supplements based on metabolites of *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* bacteria. *The Latest Achievements of Medicine, Healthcare, and Health-Saving Technologies. Proceedings of the 1st International Congress*. Kemerovo: Kemerovo State University. 2022; 286–289 (in Russian). <https://doi.org/10.21603/-I-IC-89>
9. Fisinin V.I. et al. Dietary probiotic *Lactobacillus plantarum* L-211 for farm animals. I. The additive for broiler chicks (*Gallus gallus* L.). *Agricultural biology*. 2017; 52(2): 382–390. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.382eng>

10. Овчарова А.Н., Петраков Е.С. Новые пробиотические препараты на основе *Lactobacillus reuteri* и перспективы использования их в животноводстве. Проблемы биологии продуктивных животных. 2018; (2): 5–18. <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbio.2018.2.5-18>
11. Функ И.А., Иркитова А.Н. Биотехнологический потенциал бифидобактерий. *Acta Biologica Sibirica*. 2016; 2(4): 67–79. <https://elibrary.ru/qmdncw>
12. Бондаренко В.М., Чуприна Р.П., Аладышева Ж.И., Мацулевич Т.В. Пробиотики и механизмы их лечебного действия. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2004; (3): 83–87.
13. Утебаева А.А., Бурмасова М.А., Сыроева М.А. Перспективы использования бифидобактерий в продуктах функционального питания и лекарственных средствах. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2016; 6(4): 100–109. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2016-6-4-100-109>
14. Дроздов В.Н., Астаповский А.А., Сереброва С.Ю., Лазарева Н.Б., Ших Е.В. Клиническая эффективность пробиотических штаммов родов *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*. *Вопросы питания*. 2020; 89(2): 107–115. <https://elibrary.ru/ldwnmq>
15. Ших Е.В., Соловьева С.А., Перков А.В. Синергизм компонентов как основной подход к формированию пробиотического комплекса. *Медицинский совет*. 2020; (5): 120–127. <https://elibrary.ru/brifim>
16. Suresh G., Cabezudo I., Pulicharla R., Cuprys A., Rouissi T., Brar S.K. Biodegradation of aflatoxin B<sub>1</sub> with cell-free extracts of *Trametes versicolor* and *Bacillus subtilis*. *Research in Veterinary Science*. 2020; 133: 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.009>
17. Малков С.В., Красноперов А.С., Порываева А.П., Опарина О.Ю., Белоусов А.И., Бриллиант А.Н. Перспективы применения кормовой добавки на основе метаболитов *Bacillus subtilis* в молочном животноводстве. *Ветеринария сегодня*. 2021; 10(4): 342–348. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-10-4-342-348>
18. Бовкун Г.Ф., Малякко И.В. Выращивание телят-гипотрофиков на основе коррекции микробиоценоза кишечника по компоненту бифидобактерий. *Зоотехния*. 2021; (4): 5–8. <https://doi.org/10.25708/ZT.2021.87.34.002>
19. Самойленко В.С., Ожередова Н.А., Светлакова Е.В. Влияние опытного образца синбиотического средства на микробиоценоз желудочно-кишечного тракта телят в раннем постнатальном онтогенезе. *Ветеринарная патология*. 2021; (2): 53–58. <https://elibrary.ru/qdauwl>
20. Мосягин В.В., Попов В.С., Петров М.Ю., Свazлян Г.А. Активация макрофагального звена иммунитета у телят при применении липосомального иммуностимулятора. *Ветеринария и кормление*. 2023; (6): 43–46. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-10>
21. Попов В.С., Свazлян Г.А., Наумов Н.М. Разработка биологически активной добавки на основе *B. bifidum* и *L. Plantarum* в зерновой питательной среде. *Ветеринария и кормление*. 2023; (7): 65–69. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-7-16>

## ОБ АВТОРАХ

### Гаяне Агасовна Свazлян

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
manukyag@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0001-9119-1217>

### Виктор Сергеевич Попов

доктор ветеринарных наук, заведующий лабораторией,  
ведущий научный сотрудник  
viktor.stugen@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3404-1591>

Курский федеральный аграрный научный центр,  
ул. им. Карла Маркса, 70Б, Курск, 305021, Россия

10. Ovcharova A.N., Petrakov E.S. New probiotic drugs based on *Lactobacillus reuteri* and prospects for their use in animal husbandry. *Problems of productive animal biology*. 2018; (2): 5–18 (in Russian). <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbio.2018.2.5-18>
11. Funk I.A., Irkitova A.N. Biotechnological potential of bifidobacteria. *Acta Biologica Sibirica*. 2016; 2(4): 67–79 (in Russian). <https://elibrary.ru/qmdncw>
12. Bondarenko V.M., Chuprinina R.P., Aladysheva Zh.I., Matsulevich T.V. Probiotics and mechanisms of their therapeutic action. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2004; (3): 83–87 (in Russian).
13. Utebayeva A.A., Burmasova M.A., Sysoyeva M.A. Prospects of using bifidobacterium in functional food products and medicines. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2016; 6(4): 100–109 (in Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2016-6-4-100-109>
14. Drozdov V.N., Astapovsky A.A., Serebrova S.Yu., Lazareva N.B., Shikh E.V. Clinical efficacy of probiotic strains of the *Bifidobacterium* and *Lactobacillus*. *Problems of nutrition*. 2020; 89(2): 107–115 (in Russian). <https://elibrary.ru/ldwnmq>
15. Shikh E.V., Solovyova S.A., Perkov A.V. Synergism of components as the main approach to the formation of a probiotic complex. *Medical Council*. 2020; (5): 120–127 (in Russian). <https://elibrary.ru/brifim>
16. Suresh G., Cabezudo I., Pulicharla R., Cuprys A., Rouissi T., Brar S.K. Biodegradation of aflatoxin B<sub>1</sub> with cell-free extracts of *Trametes versicolor* and *Bacillus subtilis*. *Research in Veterinary Science*. 2020; 133: 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.009>
17. Malkov S.V., Krasnopetrov A.S., Poryvaeva A.P., Oparina O.Yu., Belousov A.I., Brilliant A.N. Prospects for the use of feed additives based on *Bacillus subtilis* metabolites in dairy farming. *Veterinary medicine today*. 2021; 10(4): 342–348. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-10-4-342-348>
18. Bovkun G.F., Malyavko I.V. Rearing of calves on the basis of correction of intestinal microbiocenosis by the component of bifidobacteria. *Zootekniya*. 2021; (4): 5–8 (in Russian). <https://doi.org/10.25708/ZT.2021.87.34.002>
19. Samoilenko V.S., Ozheredova N.A., Svetlakova E.V. The effect of a synbiotic agent prototype on the microbiocenosis of the gastrointestinal tract of calves in early postnatal ontogenesis. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2021; (2): 53–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/qdauwl>
20. Mosyagin V.V., Popov V.S., Petrov M.Yu., Svazlyan G.A. Activation of macrophage immunity in calves with the use of liposomal immunostimulator. *Veterinaria i kormlenie*. 2023; (6): 43–46 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-10>
21. Popov V.S., Svazlyan G.A., Naumov N.M. Development of a biologically active additive based on *B. bifidum* and *L. Plantarum* in a grain nutrient mediums. *Veterinaria i kormlenie*. 2023; (7): 65–69 (in Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-7-16>

## ABOUT THE AUTHORS

### Gayane Agasovna Svazlyan

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher  
manukyag@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0001-9119-1217>

### Victor Sergeevich Popov

Doctor of Veterinary Sciences, Head of Laboratory,  
Leading Researcher  
viktor.stugen@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3404-1591>

Federal Agricultural Kursk Research Center,  
70B Karl Marx Str., Kursk, 305021, Russia



УДК 631.434:631.51.01:633.111.1

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128

Е.В. Дубовик

Д.В. Дубовик ✉

Курский федеральный аграрный научный  
центр, Курск, Россия

✉ dubovikdm@yandex.ru

Поступила в редакцию: 15.10.2024

Одобрена после рецензирования: 13.01.2025

Принята к публикации: 28.01.2025

© Дубовик Е.В., Дубовик Д.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128

Elena V. Dubovik

Dmitry V. Dubovik ✉

Federal Agricultural Kursk Research  
Center, Kursk, Russia

✉ dubovikdm@yandex.ru

Received by the editorial office: 15.10.2024

Accepted in revised: 13.01.2025

Accepted for publication: 28.01.2025

©Dubovik E.V., Dubovik D.V.

## Изменение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Научные исследования по изучению изменений макроструктурного состояния чернозема типичного проводились в полевом стационарном опыте по влиянию агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, основанных на различных способах основной обработки почвы в ФГБНУ «Курский ФАНЦ».

**Методы.** Для изучения структурно-агрегатного состава почвы был проведен отбор образцов в 3-кратной повторности в слоях 0–10 см и 10–20 см, что определялось различной глубиной обработки чернозема типичного. На каждом варианте опыта по диагонали делянки были выбраны 3 площадки радиусом 5 м, в пределах которых происходила выемка почвенных образцов ненарушенного сложения размером 25 × 25 × 10 см. Определение структурно-агрегатного состава проводили по методу Н.И. Саввинова — сухое и мокрое просеивание.

**Результаты.** В результате макроструктурного анализа чернозема типичного установлено, что общей закономерностью для всех технологий возделывания озимой пшеницы являлся рост средневзвешенного диаметра воздушно-сухих агрегатов (Dc), и средневзвешенного диаметра частиц, на которые распадаются агрегаты (имеющие диаметр D\*) при увлажнении (D-) с глубиной изучаемого слоя. Повышение средневзвешенного диаметра агрегатов, разрушающихся при увлажнении (D\*), и показателя неустойчивости структуры к внешним воздействиям (Rws), а также снижение средневзвешенного диаметра водоустойчивых агрегатов (Dm) и условно стабильных агрегатов (Ss) в слое 10–20 см при технологиях, основанных на минимизации обработки почвы, свидетельствуют о формировании структурных отдельностей, обладающих высокой плотностью и низкой пористостью. При возделывании озимой пшеницы по традиционной технологии отмечается наименьший Dc, Dm, Ss и наибольший Rws.

**Ключевые слова:** чернозем типичный (*Haplic Chernozems*), традиционная технология, дифференцированная технология, минимальная технология, прямой посев, показатели структурно-агрегатного состояния

**Для цитирования:** Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Изменение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 123–128.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128>

## The change in the macrostructural state of chernozem typical for various technologies of winter wheat cultivation

### ABSTRACT

**Relevance.** Scientific research on the study of changes in the macrostructural state of typical chernozem was carried out in a field stationary experiment on the influence of agrotechnologies of crop cultivation based on various methods of basic tillage in the Federal State Budgetary Institution "Kursky FANTS".

**Methods.** For to study the structural and aggregate composition of the soil, samples were taken, in 3-fold repetition in layers of 0–10 cm and 10–20 cm, which was determined by the different depth of processing of typical chernozem. In each variant of the experiment, 3 sites with a radius of 5 m were selected along the diagonal of the plot, and within these limits, soil samples of undisturbed composition with a size of 25 × 25 × 10 cm were excavated. The determination of the structural and aggregate composition was carried out using the method of N.I. Savvinov — dry and wet sieving<sup>1</sup>.

**Results.** As a result of the macrostructural analysis of typical chernozem, it was found that a common pattern for all winter wheat cultivation technologies was the growth of the weighted average diameter of air-dry aggregates (Ds) and the weighted average diameter of particles into which aggregates (having a diameter of D+) disintegrate when moistened (D-) with the depth of the studied layer. An increase in the weighted average diameter of aggregates that collapse during humidification (D+) and the index of instability of the structure to external influences (Rws), as well as a decrease in the weighted average diameter of waterproof aggregates (Dm) and conditionally «stable» aggregates (Ss) in a layer of 10-20 cm with technologies based on minimizing tillage indicates the formation of structural units with high density and low porosity. When cultivating winter wheat using traditional technology, the lowest Ds, Dm, Ss and the highest Rws are noted.

**Key words:** typical chernozem (*Haplic Chernozems*), traditional technology, differentiated technology, minimal technology, direct sowing, indicators of structural and aggregate state

**For citation:** Dubovik E.V., Dubovik D.V. Changes in the macrostructural state of chernozem typical for various technologies of winter wheat cultivation. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 123–128 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-123-128>

## Введение/Introduction

Сохранение и повышение плодородия почв являются важным направлением государственной политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности и рационального использования земель сельскохозяйственного назначения.

Одно из основных параметров почвенного плодородия — структурное состояние, которое определяет устойчивость почвы к неблагоприятным условиям окружающей среды. Содержание агрономически ценной структуры придает почве рыхлость, которая облегчает прорастание семян и развитие растений, а также является основой для благоприятного водно-воздушного и теплового режима для растений [1]. Вместе с этим возделывание сельскохозяйственных культур с применением различных систем земледелия сопровождается изменением комплекса почвенных свойств [2, 3]. Наибольшие изменения отмечаются в водно-физических и агрохимических свойствах почвы, которые связаны с технологическими особенностями обработки почвы [4, 5]. Для восстановления и сохранения почвенного плодородия, как в России, так и за рубежом, отмечается тенденция к внедрению почвозащитных способов обработки почвы [6] и технологии прямого посева, то есть отказ от обработки почвы [7].

Применение минимальных и нулевых обработок способствует снижению эродированности почв, расположенных на склонах [8–10], сохранению влаги и улучшению структуры почвы [11]. При этом увеличивается кратность применения гербицидов, снижается эффективность поверхностного применения удобрений [12] по сравнению с традиционными обработками.

Снижение глубины обработки зачастую приводит к росту глыбистости почвенной структуры и, соответственно, к потере влаги по отношению к почве с мелкокомковатой структурой [13, 14]. Влияние прямого посева на структурное состояние отмечается в виде трансформации размеров агрегатов, которые отражают восстановительные тренды структуры черноземов [15].

Неоднозначное влияние способа обработки почвы на структурное состояние чернозема требует не только дополнительного исследования, но и методов его оценки, поскольку традиционные

методы оценки изменений структурно-агрегатного состояния не позволяют получить более полную информацию о распределении частиц по размеру и оценить как их устойчивость, так и изменчивость при определенной технологии возделывания культуры.

*Цель исследований* — изучение макроструктурного состояния чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научные исследования проводились в полевом стационарном опыте по влиянию агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (пос. Черемушки, Курский р-н, Курская обл.).

Опыт заложен в 2015 году в четырехпольном зерновом севообороте, развернутом в пространстве всеми четырьмя полями, со следующим чередованием районированных сортов культур: горох — яровой ячмень — соя — озимая пшеница. Варианты в полевом опыте размещены систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м<sup>2</sup> (60 × 100), повторность трехкратная.

Сорт озимой пшеницы Безостая 100 является районированным в Курской области, занимает большие площади, семена собственного производства. Посев проводили сеялками СЗ-5,4 (ООО «Завод СельМашДеталь», Россия) и Дон 114 (ООО «Новые агроинженерные решения», Россия). Уход за посевами в течение вегетационного периода был согласно изучаемой технологии (табл. 1).

Для изучения структурно-агрегатного состава почвы был проведен отбор образцов в 3-кратной повторности в слоях 0–10 см и 10–20 см, что определялось различной глубиной обработки чернозема типичного<sup>1, 2</sup>. На каждом варианте опыта по диагонали делянки были выбраны 3 площадки радиусом 5 м, в пределах которых происходила выемка почвенных образцов ненарушенного сложения размером 25 × 25 × 10 см.

Определение структурно-агрегатного состава проводили по методу Н.И. Саввинова — сухое и мокрое просеивание<sup>3</sup>. Полученные результаты обработаны с помощью интерпретации данных макро- и микроструктуры почвы<sup>3</sup>.

Таблица 1. Содержание технологий возделывания озимой пшеницы

Table 1. Content of winter wheat cultivation technologies

Агроприемы	Технология			
	традиционная	дифференцированная	минимальная	прямой посев
Способ основной обработки	вспашка	чизель + дискование	дискование	—
Глубина обработки, см	20–22	(20–22) + (8–10)	6–8	—
Основное удобрение, кг / га д. в.	N <sub>17</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>17</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>17</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>7</sub> P <sub>19</sub> K <sub>19</sub>
Припосевное удобрение, кг / га д. в.	—	—	—	N <sub>10</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>
Подкормка в фазу весеннего кущения, кг / га д. в.	N <sub>51</sub>	N <sub>51</sub>	N <sub>51</sub>	N <sub>51</sub>
Защита растений:				
интегрированная (механические обработки + пестициды)	+	+	+	—
пестицидная	—	—	—	+

<sup>1</sup> Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986; 416.

<sup>2</sup> Теория и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина, Л.Ю. Карпачевского. М.: Гриф и К. 2007; 616.

<sup>3</sup> Хитров Н.Б., Чечуева О.А. Способ интерпретации данных макро- и микроструктурного состояния почв // Почвоведение. 1994; 2: 84–92.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Microsoft Excel, Statistica (США).

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

При изучении структурно-агрегатного анализа чернозема типичного общей закономерностью для всех технологий возделывания озимой пшеницы независимо от изучаемого слоя являлись:

- преобладание воздушно-сухих агрегатов  $> 5$  мм ( $41,44 \pm 1,62\%$ ) и фракций, полученных после мокрого просеивания размером  $< 0,5$  мм ( $36,89 \pm 1,06\%$ );
- наименьшее содержание воздушно-сухих структурных отдельностей  $< 1$  мм ( $7,58-6,41 \pm \pm 0,38-0,71\%$ ) и водоустойчивых агрегатов  $> 1$  мм ( $5,86-2,85 \pm 1,20-0,29\%$ ).

Вместе с этим следует отметить, что в слое 0–20 см при применении технологии прямого посева и при традиционной технологии количество агрегатов агрономически ценного диапазона (10–0,25 мм) на 9,5–13% больше по сравнению с минимальной и дифференцированной технологиями.

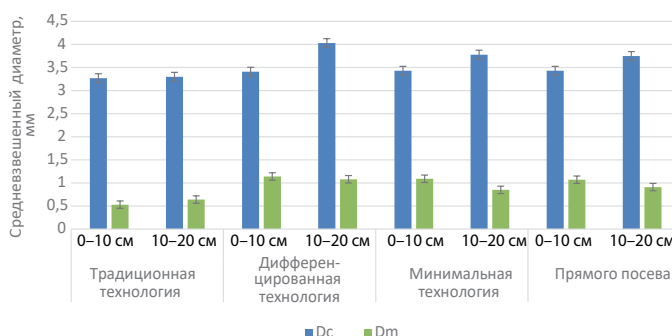
Метод интерпретации полученных данных макроструктурного состояния чернозема типичного по Н.Б. Хитрову и О.А. Чечуевой определил преобладание средневзвешенного диаметра воздушно-сухих агрегатов (Dc) в слоях 0–10 и 10–20 см при дифференцированной и минимальной технологиях и при прямом посеве (рис. 1) по отношению к традиционной технологии. При этом энтропия воздушно-сухих агрегатов (Hc), которая характеризует равномерность распределения содержания структурных отдельностей, по разным фракциям в слое 0–20 см была преобладающей при применении традиционной технологии (2,53), а наименьшее ее значение было установлено при дифференцированной технологии (2,35). Это обусловлено ростом агрегатов размером  $> 3$  мм и снижением агрегатов  $< 1$  мм.

При дифференцированной технологии возделывания озимой пшеницы отмечается максимальный средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов почвы (Dm) как в слое 0–10 см, так и в слое 10–20 см (1,14–1,08 мм). При традиционной технологии Dm вне зависимости от слоя почвы был наименьшим — 0,53–0,64 мм. При остальных технологиях возделывания озимой пшеницы изменения данного показателя находились в промежуточном состоянии.

С повышением глубины изучаемого слоя при технологиях, основанных на применении минимизации обработки почвы, отмечается снижение средневзвешенного диаметра водоустойчивых агрегатов на 15–22%, а при традиционной технологии, наоборот, то есть данный показатель с глубиной возрастал

**Рис. 1.** Гистограмма изменения средневзвешенного диаметра воздушно-сухих (Dc) и водоустойчивых (Dm) агрегатов чернозема типичного при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

**Fig. 1.** Histogram of changes in the weighted average diameter of air-dry (Dc) and waterproof (Dm) aggregates of chernozem typical for various technologies of winter wheat cultivation



в среднем на 21%. Данные изменения Dm, происходящие с глубиной почвы, показывают роль биоагентов, то есть корневой системы растений в процессе формирования водоустойчивости, что в свою очередь подтверждается высокой корреляционной связью в слое 0–10 см ( $r = 0,97$ ).

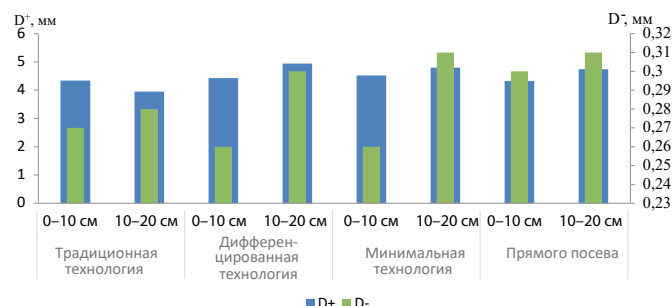
Энтропия распределения агрегатов, полученных после мокрого просеивания (Hm) при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, была существенно выше ( $HCP_{05} = 0,20$ ) по сравнению с традиционной технологией. Это обусловлено тем, что минимизация обработки почвы способствовала более высокому содержанию агрегатов  $> 1$  мм, сохраняющихся после увлажнения.

При дифференцированной и минимальной технологиях, а также при прямом посеве в слое почвы 0–10 см средневзвешенный диаметр агрегатов, разрушающихся при увлажнении ( $D^+$ ), был ниже, чем в слое 10–20 см, на 6–12% (рис. 2).

При традиционной технологии изменение данного показателя по слоям имело противоположную направленность. При этом агрегаты, разрушающиеся при увлажнении ( $D^+$ ) в слое 0–10 см, при минимизации обработки почвы, способны распадаться на более мелкие по размеру структурные

**Рис. 2.** Гистограмма средневзвешенного диаметра агрегатов, разрушающихся при увлажнении ( $D^+$ ), и средневзвешенного диаметра частиц ( $D^-$ ), на которые распадаются агрегаты (имеющие средневзвешенный диаметр  $D^+$ ) при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

**Fig. 2.** Histogram of the weighted average diameter of aggregates collapsing during humidification ( $D^+$ ) and the weighted average diameter of particles ( $D^-$ ) into which aggregates (having a weighted average diameter of  $D^+$ ) disintegrate with various technologies of winter wheat cultivation





отдельности ( $D^-$ ), нежели в нижних слоях почвы. В слое 10–20 см отмечаются снижение энтропии распределения разрушающихся агрегатов ( $H^+$ ) и рост энтропии распределения частиц ( $H^-$ ), на которые в результате увлажнения разрушаются более крупные агрегаты.

Анализируя изменение количества «стабильных» агрегатов ( $S_s$ ) (рис. 3), которые условно сохраняются без изменения при увлажнении, было выявлено, что в слое 0–10 см оно было преобладающим при дифференцированной технологии (45,46%) и в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы  $S_s$  снижалось в ряду «минимальная технология (45,15%) → прямой посев (41,47%) → традиционная технология (32,62%)».

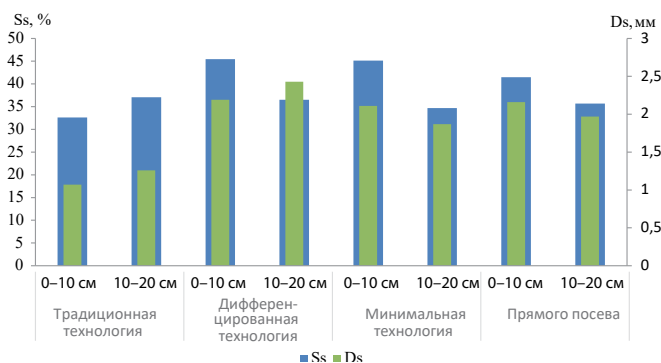
Такое изменение количества «стабильных» агрегатов в верхнем слое при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, обусловлено преобладающим количеством пожнивно-корневых остатков ( $r = 0,89$ ) и содержанием гумуса ( $r = 0,90$ ). В слое 10–20 см отмечается тенденция к росту «стабильных» агрегатов при традиционной технологии, и по сравнению с изучаемыми технологиями эта разница составила 0,54–2,39%.

Изучая не только количество «стабильных» агрегатов, но и средневзвешенный диаметр «стабильных» агрегатов ( $D_s$ ), было установлено, что при технологиях, направленных на минимизацию обработки почвы, данный показатель был выше (независимо от слоя почвы) в 1,5–2,0 раза по отношению к традиционной технологии ( $HCp_{05} = 0,56$ ). Вместе с этим при применении традиционной и дифференцированной технологий  $D_s$  в слое 0–10 см был выше на 18–11%, чем в слое 10–20 см.

При минимальной технологии и прямом посеве размер «стабильных» агрегатов в слое 10–20 см превышал таковой на 11–9% в верхнем слое. Энтропия распределения «стабильных» агрегатов ( $H_s$ ) вне зависимости от изучаемого слоя возрастала при технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, в среднем в 1,0–1,3 раза по отношению к традиционной технологии. Вместе с этим установлено, что с глубиной слоя энтропия распределения «стабильных» агрегатов при минимизации технологии обработки почвы возрастала на 10–13%, а при традиционной технологии — снижалась на 10%. Это

**Рис. 3.** Гистограмма изменения содержания «стабильных» агрегатов и их диаметр при различных технологиях возделывания озимой пшеницы

**Fig. 3.** Histogram of changes in the content of “stable” aggregates and their diameter under various technologies of winter wheat cultivation



обусловлено ростом условно «стабильных» агрегатов 5–0,5 мм при дифференцированной технологии, 5–1 мм — при минимальной технологии, агрегатов > 1 мм — при прямом посеве.

Качество почвенной структуры было оценено по двум показателям, предложенным Н.Б. Хитровым и О.А. Чечуевой. Данная оценка включала в себя сумму водоустойчивых фракций > 0,25 мм, полученных после мокрого просеивания по методу Саввинова ( $Sm$ ), и показатель неустойчивости структуры к внешним воздействиям ( $Rws$ ), который рассчитывался на основе показателей  $D_s$ ,  $D_m$ ,  $H_s$  и  $H_m$  для сухого и мокрого просеивания по Саввинову при  $K = 1$ .

Анализ проведенной оценки показал, что слой 10–20 см независимо от изучаемой технологии возделывания озимой пшеницы обладал отличной агрегированностью в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости, что позволяет отнести его к IIIв классу (табл. 2).

**Таблица 2. Качество почвенной структуры по агрегированности и водоустойчивости при различных технологиях возделывания озимой пшеницы**

**Table 2. The quality of the soil structure in terms of aggregation and water resistance in various technologies of winter wheat cultivation**

Технология	Глубина, см	$Sm$ , %	$Rws$	№ класса	Качество структуры	Характеристика структуры
Традиционная	0–10	58,32	2,82	IIIб	среднее	хорошая агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
	10–20	60,96	2,71	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
Дифференцированная	0–10	61,67	2,28	IVб	хорошее	отличная агрегированность при хорошей водоустойчивости
	10–20	65,60	2,95	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
Минимальная	0–10	61,05	2,36	IVб	хорошее	отличная агрегированность при хорошей водоустойчивости
	10–20	64,75	2,93	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости
Прямого посева	0–10	66,07	2,36	IVб	хорошее	отличная агрегированность при хорошей водоустойчивости
	10–20	66,45	2,84	IIIв	среднее	отличная агрегированность в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости

В слое 0–10 см при традиционной технологии отмечается хорошая агрегированность почвы в увлажненном состоянии при средней водоустойчивости, что соотносит ее к IIIв классу. При применении дифференцированной и минимальной технологий и при прямом посеве в слое 0–10 см была выявлена отличная агрегированность почвы при хорошей водоустойчивости, что делает возможным охарактеризовать качество структуры как хорошее и отнести ее к IVб классу. Рост показателя неустойчивости структуры к внешним воздействиям говорит о снижении качества структуры чернозема типичного.

### Выводы/Conclusion

Установлено, что независимо от технологии возделывания озимой пшеницы с повышением глубины изучаемого слоя был установлен рост средневзвешенного диаметра воздушно-сухих агрегатов (Dc) и средневзвешенного диаметра частиц, на которые распадаются агрегаты (имеющие средневзвешенный диаметр D<sup>+</sup>) при увлажнении (D<sup>-</sup>).

При технологиях, ориентированных на минимизацию обработки почвы, в слое 10–20 см по

сравнению со слоем 0–10 см выявлено повышение средневзвешенного диаметра агрегатов, разрушающихся при увлажнении (D<sup>+</sup>), показателя неустойчивости структуры к внешним воздействиям (Rws), а также снижение средневзвешенного диаметра агрегатов, выделенных после мокрого просеивания (Dm), и условно «стабильных» агрегатов (Ss). Анализ изменения этих показателей свидетельствует о том, что в слое 10–20 см происходит формирование структурных отдельностей, обладающих высокой плотностью и низкой пористостью, что способствует снижению качества почвенной структуры посредством уменьшения ее водоустойчивости.

В слое 0–20 см при традиционной технологии возделывания озимой пшеницы выявлены наименьший средневзвешенный диаметр воздушно-сухих агрегатов (Dc), средневзвешенный диаметр агрегатов после мокрого просеивания (Dm), количество условно «стабильных» агрегатов (Ss) и их диаметр (Ds), но при этом отмечается наибольший показатель неустойчивости структуры к внешним воздействиям (Rws) по сравнению с другими технологиями.

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

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

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания № FGZU-2024-0001.

### FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation with in the framework of the state task No. FGZU-2024-0001.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ушкова Д.А., Конкина У.А., Горепекин И.В., Потапов Д.И., Шейн Е.В., Федотов Г.Н. Устойчивость агрегатов пахотных почв: экспериментальное определение и нормативная характеристика. *Почвоведение*. 2023; (2): 203–210. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600834>
2. Гаевая Э.А., Безуглова О.С., Нежинская Е.Н. Агрофизические свойства чернозема обыкновенного слабоэродированного в длительном опыте в Ростовской области. *Почвоведение*. 2022; (11): 1399–1414. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22110053>
3. Каипов Я.З., Султангазин З.Р., Акчурин Р.Л. Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала. *Аграрная наука*. 2023; (7): 63–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>
4. Комиссаров М.А., Клик А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии. *Почвоведение*. 2020; (4): 473–482. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20040073>
5. Казиев М.А., Магомедов Н.Р., Теймуров С.А. Совершенствование системы обработки почвы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции. *Аграрная наука*. 2023; (8): 86–92. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-86-92>
6. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дригидер В.К., Белобров В.П. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России. *Достижения науки и техники АПК*. 2021; 25(4): 8–16. <https://elibrary.ru/zjyczr>

### REFERENCES

1. Ushkova D.A., Konkina U.A., Gorepekin I.V., Potapov D.I., Shein E.V., Fedotov G.N. Stability of Aggregates of Arable Soils: Experimental Determination and Normative Characteristics. *Eurasian Soil Science*. 2023; 56(2): 177–183. <https://doi.org/10.1134/S1064229322601792>
2. Gaevaya E.A., Bezuglova O.S., Nezhinskaya E.N. Agrophysical Properties of Ordinary Slightly Eroded Chernozem in a Long-Term Experiment in Rostov Oblast. *Eurasian Soil Science*. 2022; 55(11): 1399–1414. <https://doi.org/10.1134/S1064229322110059>
3. Kaipov Ya.Z., Sultangazin Z.R., Akchurin R.L. The influence of biologized crop rotations on organic matter and agrophysical soil layers in the arid steppe of the Southern Urals. *Agrarian science*. 2023; (7): 63–68 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>
4. Komissarov M.A., Klik A. The Impact of No-Till, Conservation, and Conventional Tillage Systems on Erosion and Soil Properties in Lower Austria. *Eurasian Soil Science*. 2020; 53(4): 503–511. <https://doi.org/10.1134/S1064229320040079>
5. Kaziev M.A., Magomedov N.R., Teymurov S.A. Improvement of the tillage system in the conditions of irrigation of the Tersko-Sulak substructure. *Agrarian science*. 2023; (8): 86–92 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-86-92>
6. Ivanov A.L., Kulintsev V.V., Dridiger V.K., Belobrov V.P. Feasibility of a direct sowing system on the Russian chernozems. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2021; 25(4): 8–16 (in Russian). <https://elibrary.ru/zjyczr>

7. Холодов В.А. и др. Влияние технологии прямого посева на распределение органического углерода и азота во фракциях агрегатов черноземов типичных, обыкновенных и южных. *Почвоведение*. 2021; (2): 240–246. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020076>

8. Габбасова И.М. и др. Оценка состояния агрочерноземов Зауральской степи в условиях использования системы обработки почвы No-Till. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2014; (6): 32–36. <https://elibrary.ru/sxgefn>

9. Завалин А.А., Дридигер В.К., Белобров В.П., Юдин С.А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор). *Почвоведение*. 2018; (12): 1506–1516. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18120146>

10. Чебоचाков Е.Я., Иванов О.А., Капсаргин А.И., Муртаев В.Н. Влияние технологий освоения и использования целинных, залежных земель на агроэкологическую устойчивость и плодородие почвы. *Аграрная наука*. 2024; (9): 82–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-82-87>

11. Lenka N.K., Lal R. Soil aggregation and greenhouse gas flux after 15 years of wheat straw and fertilizer management in a no-till system. *Soil and Tillage Research*. 2013; 126: 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.08.011>

12. Борисов Б.А., Рогожин Д.О., Ефимов О.Е. Сравнительная оценка состояния органического вещества и физических свойств чернозема обыкновенного при традиционной и нулевой обработке. *Агрохимический вестник*. 2020; (3): 7–10. <https://elibrary.ru/pownkj>

13. Магомедов Н.Р., Халилов М.Б., Бедоева С.В. Ресурсосберегающие приемы обработки почвы под озимую пшеницу в равнинной зоне Дагестана. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2017; (1): 33–35. <https://elibrary.ru/xtdnth>

14. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Система No-Till на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири. *Плодородие*. 2021; (3): 81–83. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.15>

15. Юдин С.А., Плотникова О.О., Белобров В.П., Лебедева М.П., Абросимов К.Н., Ермолаев Н.Р. Количественная характеристика микростроения типичных черноземов при использовании разных агротехнологий. *Почвоведение*. 2023; (6): 774–786. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22601438>

7. Kholodov V.A. et al. Influence of No-Till System on the Distribution of Organic Carbon and Nitrogen by Aggregate Size Fractions in Protocalcic, Endocalcic, and Pantocalcic Chernozems. *Eurasian Soil Science*. 2021; 54(2): 285–290. <https://doi.org/10.1134/S1064229321020071>

8. Gabbasova I.M. et al. Assessing the status of agro chernozems in Transurals steppe under conditions of soil treatment system No-Till. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2014; (6): 32–36 (in Russian). <https://elibrary.ru/sxgefn>

9. Zavalin A.A., Dridiger V.K., Belobrov V.P., Yudin S.A. Nitrogen in Chernozems under Traditional and Direct Seeding Cropping Systems: A Review. *Eurasian Soil Science*. 2018; 51(12): 1497–1506. <https://doi.org/10.1134/S1064229318120141>

10. Chebochakov E.Ya., Ivanov O.A., Kapsargin A.I., Murtaev V.N. The impact of technologies for the development and use of virgin, fallow lands on agroecological stability and soil fertility. *Agrarian science*. 2024; (9): 82–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-82-87>

11. Lenka N.K., Lal R. Soil aggregation and greenhouse gas flux after 15 years of wheat straw and fertilizer management in a no-till system. *Soil and Tillage Research*. 2013; 126: 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.08.011>

12. Borisov B.A., Rogozhin D.O., Efimov O.E. Comparative assessment of states of the ordinary (calcic) chernozem organic substance and physical properties in traditional and no-till treatment. *Agrochem herald*. 2020; (3): 7–10 (in Russian). <https://elibrary.ru/pownkj>

13. Magomedov N.R., Khalilov M.B., Bedoeva S.V. Resource-saving methods of processing of the soil under winter wheat in a flat zone of Dagestan. *Russian Agricultural Sciences*. 2017; (1): 33–35 (in Russian). <https://elibrary.ru/xtdnth>

14. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G. No-Till cultivation on chernozem soils of forest-steppe of northern part of Western Siberia. *Plodородие*. 2021; (3): 81–83 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.15>

15. Yudin S.A., Plotnikova O.O., Belobrov V.P., Lebedeva M.P., Abrosimov K.N., Ermolaev N.R. Quantitative Characteristics of the Microstructure of Typical Chernozems under Different Agricultural Technologies. *Eurasian Soil Science*. 2023; 56(6): 807–817. <https://doi.org/10.1134/s1064229323600343>

## ОБ АВТОРАХ

### Елена Валентиновна Дубовик

доктор биологических наук  
dubovikev@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5999-9718>

### Дмитрий Вячеславович Дубовик

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор РАН  
dubovikdm@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

Курский федеральный аграрный научный центр,  
ул. им. Карла Маркса, 70Б, Курск, 305021, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

### Elena Valentinovna Dubovik

Doctor of Biological Sciences  
dubovikev@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5999-9718>

### Dmitry Vyacheslavovich Dubovik

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian  
Academy of Sciences  
dubovikdm@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

Federal Agricultural Kursk Research Center,  
70B Karl Marx Str., Kursk, 305021, Russia



## Разнообразие фосформобилизующих, азотфиксирующих и патогенных бактерий в почвах возделываемых полей Свердловской области

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Доступность органических веществ и патогенность среды — ключевые факторы для роста растений. Фосфатмобилизующие бактерии переводят фосфаты в доступную форму. Азотфиксирующие бактерии обеспечивают растения азотом. Бактериальные инфекции ослабляют растения и вызывают их гибель и потерю урожая. Современные технологии секвенирования ускоряют изучение микробного разнообразия. **Цель работы** — оценить присутствие фосфор- и азотмобилизующих бактерий, а также патогенов, поражающих картофель, на возделываемых угодьях Свердловской области.

**Методы.** В статье рассмотрены характеристика почв Свердловской области, их минеральный и органический состав и бактериальное разнообразие. Исследования проводились на дерново-подзолистых почвах, где определялись содержание гумуса, уровень кислотности и содержание питательных веществ. Анализ микробиологического состава почв включал секвенирование и фильтрацию данных 16S рРНК.

**Результаты.** Было обнаружено, что бактерии, участвующие в мобилизации фосфора и фиксации азота, составляют значимую часть микробного сообщества, свыше 12% относительного обилия приходится на эти группы. Распределение этих бактерий по полям показало отсутствие значимых различий в их относительной численности и видовом составе. Не было обнаружено значимых корреляций между видовым богатством бактерий и минеральным составом почвы. Однако корреляционный анализ относительных обилий родов *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Phyllobacterium*, *Arthrobacter* и *Phyllobacterium* продемонстрировал значимую связь этих родов к кислотности почвы, содержанию общего и легкогидролизуемого азота. Качественный анализ выявил наличие патогенных бактерий, вызывающих бактериозы картофеля, таких как *Ralstonia solanacearum*, *Pectobacterium carotovorum*, *Liberibacter crescens*, *Streptomyces* sp.

**Ключевые слова:** микробиота, *Solanum tuberosum* L., азотфиксаторы, фосфатмобилизующие бактерии, патогены

**Для цитирования:** Лиходеевский Г.А., Шанина Е.П. Разнообразие фосформобилизующих, азотфиксирующих и патогенных бактерий в почвах возделываемых полей Свердловской области. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 129–137.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-129-137>

## Diversity of phosphate-solubilizing, nitrogen-fixing and pathogenic bacteria in soils of cultivated fields of the Sverdlovsk region

### ABSTRACT

**Relevance.** The availability of organic substances and environmental pathogenicity are key factors in plant growth. Phosphate solubilizing bacteria convert phosphate to an available form, while nitrogen fixing bacteria provide nitrogen for plants. Bacterial infections can weaken plants, causing them to die or lose their crops. Modern sequencing technologies have accelerated the study of human microbial diversity.

**The aim of this study** was to assess the presence of phosphate solubilizing and nitrogen fixing bacteria, as well as pathogenic bacteria affecting potatoes in the cultivated areas of the Sverdlovsk region.

**Methods.** This article examines the characteristics of the soils in the Sverdlovsk area, their mineral and organic composition, and bacterial diversity. Studies were conducted on sod-podzolic soils where humus content, acidity levels, and nutrient content were measured. Analysis of the microbiological composition of the soil included sequencing and filtration of 16S rRNA data.

**Results.** It was found that bacteria involved in phosphate mobilization and nitrogen fixation make up a significant portion of the microbial community, with more than 12% accounted for by these groups. The distribution of these bacteria across fields showed no significant difference in relative abundance or species composition. Additionally, no significant correlation was found between bacterial species richness and mineral composition of soil. However, correlation analysis of relative abundances of genera *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Phyllobacteri*, *Arthrobater* and *Phyllobacter* revealed a significant relationship between these genera and soil acidity and total and easily hydrolysable nitrogen content. Qualitative analysis also revealed the presence of pathogenic bacteria causing potato bacteriosis such as *Ralstonia solanacearu*, *Pectobacterium carotovar*, *Liberibacter crecens*, *Streptomyces* spp.

**Key words:** microbiota, *Solanum tuberosum* L., nitrogen fixers, phosphate solubilizing bacteria, pathogens

**For citation:** Lihodeevskiy G.A., Shanina E.P. Diversity of phosphate-solubilizing, nitrogen-fixing and pathogenic bacteria in soils of cultivated fields of the Sverdlovsk region. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 129–137 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-129-137>

## Введение/Introduction

Доступность органических веществ и уровень патогенности среды — основные лимитирующие факторы развития растений. Широко известно, что фосфаты необходимы для роста растений и участвуют в различных реакциях. Они — лимитирующий фактор для развития растений, их дефицит в почвах сегодня решается внесением удобрений. Однако химические удобрения дороги и менее эффективны, чем органические. Почвенные микроорганизмы способны переводить фосфатные соединения в доступные для растений формы [1].

Фосфатомобилизующие (ФМ) бактерии в основном относятся к трем филумам бактерий: *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Proteobacteria* [2]. А на уровне рода выделяют *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Burkholderia*, *Citrobacter*, *Cyanobacteria*, *Delftia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Gordonia*, *Klebsiella*, *Kushneria*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Phyllobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodococcus*, *Salmonella*, *Serratia*, *Sinomonas*, *Sphingobium*, *Streptomyces*, *Thiobacillus* и *Xanthomonas* [3–5].

Отмечается видовая специфичность бактерий в зависимости от растения хозяина, и у культурных растений выявлены связи со следующими видами: *Acinetobacter rizosphaerae*, *Acinetobacter sp.*, *Alcaligenes faecalis*, *Arthrobacter defluvi*, *Arthrobacter sp.*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus cepacia*, *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Burkholderia cenocepacia*, *Chryseobacterium sp.*, *Chryseomonas luteola*, *Cupriavidus sp.*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter sp.*, *Enterobacter taylorae*, *Exiguobacterium acetylicum*, *Klebsiella sp.*, *Klebsiella variicola*, *Kluyvera cryocrescens*, *Leclercia adecarboxylata*, *Mycobacterium phlei*, *Ochrobactrum pseudogrignonense*, *Paenibacillus macerans*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Pseudomonas corrugata*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi*, *Pseudomonas frederiksbergensis*, *Pseudomonas fulva*, *Pseudomonas lurida*, *Pseudomonas poae*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas sp.*, *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas trivalis*, *Rahnella aquatilis HX2*, *Rhizobium sp.*, *Rhodanobacter sp.*, *Rhodococcus erythropolis*, *Rhodococcus sp.*, *Serratia marcescens*, *Staphylococcus cohnii*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Tetrathiodibacter sp.*, *Vibrio proteolyticus*, *Vibrio paradoxus*, *Xanthobacter agilis*, *Xanthomonas campestris* [6].

Известны некоторые виды, ассоциированные преимущественно с картофелем, например *Bacillus pumilus*, который оказывает значимое влияние на развитие побегов картофеля [7], или виды *Bacillus thuringiensis*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, выделенные из дикого картофеля и отмеченные в качестве кандидатов, способных повысить урожайность и усвоение питательных веществ культурными сортами картофеля [8].

Азот является ключевым питательным элементом для роста растений, несмотря на то что он присутствует в атмосфере в молекулярной форме и не может быть непосредственно усвоен растениями. Для того чтобы растение могло метаболизировать азот, он должен быть преобразован в доступную форму. Биологическая фиксация азота играет важную роль в круговороте азота в экосистемах, обеспечивая растения доступным азотом для синтеза нуклеиновых кислот, аминокислот, белков и других жизненно важных органических соединений. Этот процесс осуществляется различными видами бактерий, которые принадлежат разнообразным таксонам.

Выделяют свободноживущие азотфиксаторы (АФ), к которым относятся *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Gluconoacetobacter*, цианобактерии *Anabaena*, *Nostoc* [9] и симбиотические *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* и *Sinorhizobium*, которые образуют связь с представителями бобовых [10]. Известны некоторые отдельные виды, например *Burkholderia vietnamiensis*, единственный представитель своего рода, способный к фиксации атмосферного азота [11], патогенный вид *Ralstonia solanacearum* вызывает увядание картофеля или бурую гниль [12], *Rhodobacter capsulatus* [13], *Leptospirillum ferrooxidans* [14].

Бактериальные инфекции приводят к ослаблению и гибели растений в процессе их роста, а также к загниванию клубней как в почве, так и в процессе хранения. Ежегодные потери урожая от бактериальных заболеваний составляют от 10 до 15%, а в годы, когда бактериальные инфекции приобретают характер эпифитотий, они могут превышать 50% [15].

На картофеле паразитирует широкий спектр бактериальных бактерий, в основном представленный *Ralstonia*, *Clavibacter*, *Pectobacterium*, *Dickeya*, *Streptomyces* и *Liberibacter* [16]. *Ralstonia solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* и *R. syzygii* — возбудители коричневой гнили [17]. *Pectobacterium* вызывает такое заболевание, как черная ножка (некроз стебля) [18], а его представители способны поражать растения совместно с видами рода *Dickeya* [19]. *Liberibacter crescens* вызывает патологию клубня — *Zebra chip* (картофель пятнистый) [20]. *Clavibacter michiganensis* — причина круговой гнили клубня [21]. Широкий спектр представителей рода *Streptomyces* вызывает паршу обыкновенную [22], в частности на картофеле преимущественно паразитируют виды *Streptomyces scabies*, *S. acidiscabiei* и *S. turgidiscabiei* [23].

Изучение всего вышеперечисленного разнообразия заняло бы продолжительное время, если бы не современные технологии высокопроизводительного секвенирования второго (Illumina) или третьего поколения (PacBio, Oxford Nanopore). Они позволяют получать большой объем данных секвенирования с достаточно высокой степенью достоверности. Это позволяет покрыть

максимально возможное число родов бактерий и даже их видов, а также выявить низкообильные по сравнению с другими группами бактерий, патогенные виды.

**Цель работы** — оценка присутствия и разнообразия известных таксонов фосформобилизующих и азотфиксирующих бактерий, а также патогенных видов бактерий картофеля в возделываемых полях Свердловской области.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для данной работы были использованы результаты секвенирования 2022 года образцов почв с восьми полей, расположенных в трех зонах Свердловской области — г. Екатеринбурге, Белоярском и Сысертском районах. Более подробное описание методики отбора, секвенирования и результатов секвенирования в предыдущей работе авторов [24]. Выявление групп азотфиксаторов и фосформобилизующих бактерий проводили в соответствии со списком видов и родов, представленным в обзоре данной работы.

Содержание гумуса<sup>1</sup>, реакцию почвенной среды  $pH_{\text{сол}}^2$ , содержание общего азота<sup>3</sup>, азота легкогидролизующего и фосфора подвижного<sup>4</sup> определяли в объединенной пробе, сложенной из отобранных точечных образцов. Анализ проводили в аналитической лаборатории Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Результаты опыта были обработаны биометрически с помощью программного обеспечения R<sup>5</sup>.

Матрицы обилия таксономических единиц создавали с помощью пакета OTUtable [25], там же проводили фильтрацию.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Почвы на территории Свердловской области, на которых ведется сельскохозяйственная деятельность относятся к подтипу дерново-подзолистых.

По результатам определения содержания гумуса (табл. 1), во всех полях, кроме Е2, почва относится к сильногумусным (> 4%). По уровню кислотности выделяются сильнокислые (диапазон 4–4,5), среднекислые (4,5–5,0), слабокислые (5–6) и нейтральные (6–7,5) почвы.

Содержание подвижного фосфора повышенное или высокое. Значительный выброс свыше 1500 мг на 1 кг почвы на поле Б2 объясняется тем, что поле в момент забора образцов оставалось под паром и было обильно унавожено. Содержание легкогидролизующего азота низкое на полях Е2, Е4; среднее — на поле Б2, на остальных — высокое в соответствии с оценкой [26]. Наибольшее содержание общего азота обнаружено на поле Е1, а наименьшее — на поле Е2.

По результатам секвенирования и фильтрации данных для анализа было доступно 565 618 чтений фрагмента 16S бактериальной рРНК. После фильтрации и расчета матрицы обилия операционных таксономических единиц (ОТЕ) до видового уровня были определены 564 262 чтения (табл. 2).

Из-за того, что почва является достаточно проблематичным типом образцов для исследования нуклеиновых кислот (большое разнообразие

**Таблица 2. Результат определения бактериального разнообразия**

**Table 2. The result of the determination of bacterial diversity**

Район	Поле	Суммарное количество чтений	Суммарное количество выявленных родов	Количество родов АФ	Количество родов ФМ
Белоярский р-н	Б1	22 511	425	2	14
	Б2	45 422	529	4	16
	Е1	95 504	619	4	17
	Е2	37 427	412	4	13
	Е3	96 898	625	4	15
г. Екатеринбург	Е4	100 014	625	4	20
	Е5	137 333	617	4	18
	С1	29 153	483	4	13

**Таблица 1. Результат анализа дерново-подзолистой почвы в исследуемых образцах**

**Table 1. The result of the analysis of sod-podzolic soil in the studied samples**

Район	Поле	Содержание гумуса, %	pH	Азот общий, %	Азот легкогидролизующий, мг N / 1 кг почвы	Фосфор подвижный, мг $P_2O_5$ / 1 кг почвы	Характеристика почвы
Белоярский район	Б1	4,9	5,36	0,37	270	154,5	сильногумусная слабокислая
Белоярский район	Б2	5,1	6,26	0,37	193	1562,5	сильногумусная нейтральная
г. Екатеринбург	Е1	4,54	4,62	0,56	366	212,5	сильногумусная среднекислая
г. Екатеринбург	Е2	2,91	5,73	0,17	106	212,5	среднегумусная слабокислая
г. Екатеринбург	Е3	4,45	4,95	0,27	219	282,5	сильногумусная среднекислая
г. Екатеринбург	Е4	4,14	4,29	0,2	130	262	сильногумусная сильнокислая
г. Екатеринбург	Е5	4,40	4,32	0,27	209	515	сильногумусная сильнокислая
Сысертский р-н	С1	5,46	5,65	0,4	220	257,5	сильногумусная слабокислая

<sup>1</sup> ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества.

<sup>2</sup> ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

<sup>3</sup> ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота.

<sup>4</sup> ГОСТ 26207-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

<sup>5</sup> R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria 2023 [электронный ресурс]. — URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 22.06.2024).



типов, различный уровень кислотности и содержания минеральных веществ, наличие гумусовых кислот и других органических соединений) при использовании стандартизированной методики выделения и секвенирования, выход чтений значительно разнится. Однако можно анализировать относительные обилия бактерий. Так, суммарно по всем образцам 3,73% всех ОТЕ принадлежат группе фосформобилизирующих бактерий, 1,01% — группе азотфиксаторов, 8,54% — бактериям, входящим в обе группы.

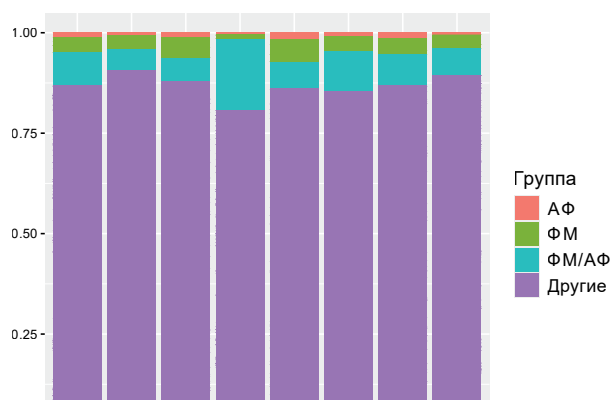
Распределение по полям (рис. 1) следующее: максимальное относительное обилие бактерий АФ наблюдается на поле Е3 (1,77%), минимальное — на поле Е2 (0,47%); наибольшая доля группы ФМ обнаружена на поле Е3 (5,46%), минимальная — на поле Е2 (1,09%), но на поле Е2 больше всего представлена группа ФМ/АФ — 17,73%, меньше всего она на поле Б2 — 5,2%.

В группе АФ преобладает род *Mesorhizobium* с общей долей 1,14% и доминантным видом *Mesorhizobium terrae*; в группе ФМ/АФ самые распространенные род *Bradyrhizobium* и вид *Bradyrhizobium mercantei*. Наибольшую долю в группе ФМ насчитывает *Paenibacillus* с суммарным весом в 1,62% и наиболее представленным видом *Paenibacillus solisilvae*.

Оценка видового альфа-разнообразия показала достоверные различия для группы фосформобилизирующих бактерий между полями Е2 и Б2

**Рис. 1.** Относительные обилия функциональных групп бактериального сообщества сельскохозяйственных полей Свердловской области: АФ — азотфиксирующие бактерии, ФМ — фосформобилизирующие

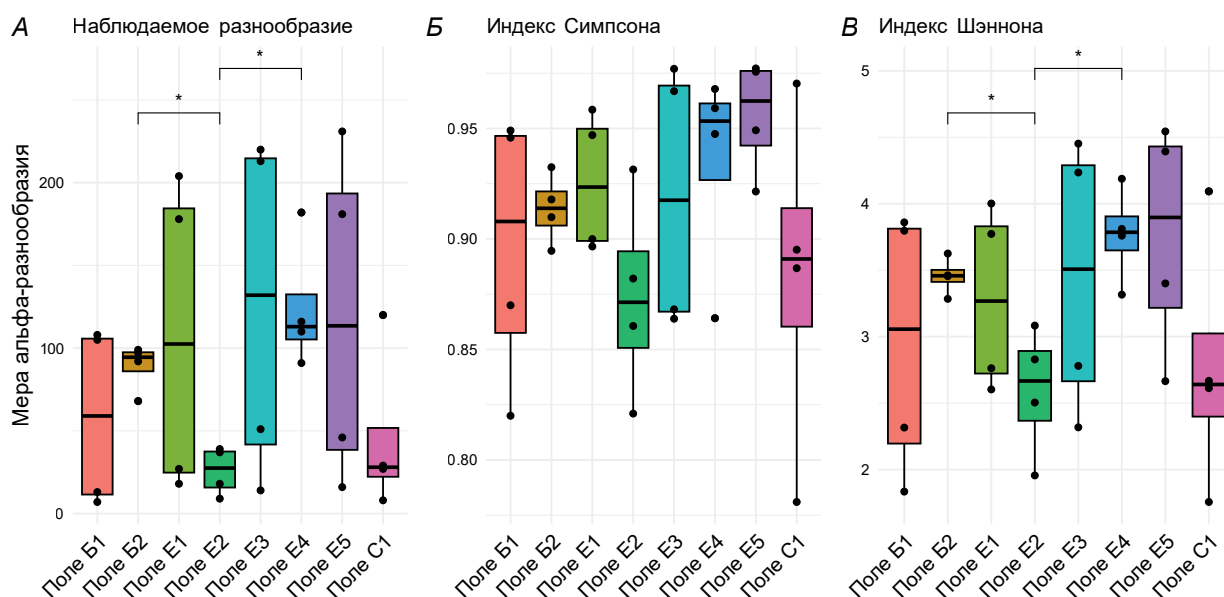
**Fig. 1.** Relative abundance of functional groups of the bacterial community of agricultural fields in the Sverdlovsk region: АФ — nitrogen fixing bacteria, ФМ — phosphate solubilizing bacteria



для оценок наблюдаемого разнообразия, оценки по Симпсону и Шэннону (рис. 2), при этом видовое разнообразие ниже на поле Е2. Подобные результаты получены и в отношении альфа-разнообразия азотфиксирующих и объединенной групп бактерий (рис. 3, 4), оценки Симпсона и Шэннона также демонстрируют значимые различия между полями Е1 и Е2.

**Рис. 2.** Альфа-разнообразие группы фосформобилизирующих бактерий исследованных полей Свердловской области: А — наблюдаемое разнообразие; Б — разнообразие, оцененное по Симпсону; В — разнообразие, оцененное по Шэннону. Прямоугольники представляют нижний и верхний квартили, утолщенные горизонтальные линии, внутри прямоугольников — медианы, вертикальные линии, проходящие от прямоугольника к наименьшим и наибольшим значениям, отдельные точки — выбросы. Горизонтальные отрезки — попарные сравнения по Критерию Уилкоксона

**Fig. 2.** Alpha-diversity of a group of phosphate solubilizing bacteria of the studied fields of the Sverdlovsk region: A is the observed diversity; B is the diversity estimated by Simpson; B is the diversity estimated by Shannon. Rectangles represent the lower and upper quartiles, thickened horizontal lines, medians inside rectangles, vertical lines extending from the rectangle to the smallest and largest values, individual points are outliers. Horizontal segments are pairwise comparisons according to the Wilcoxon Criterion

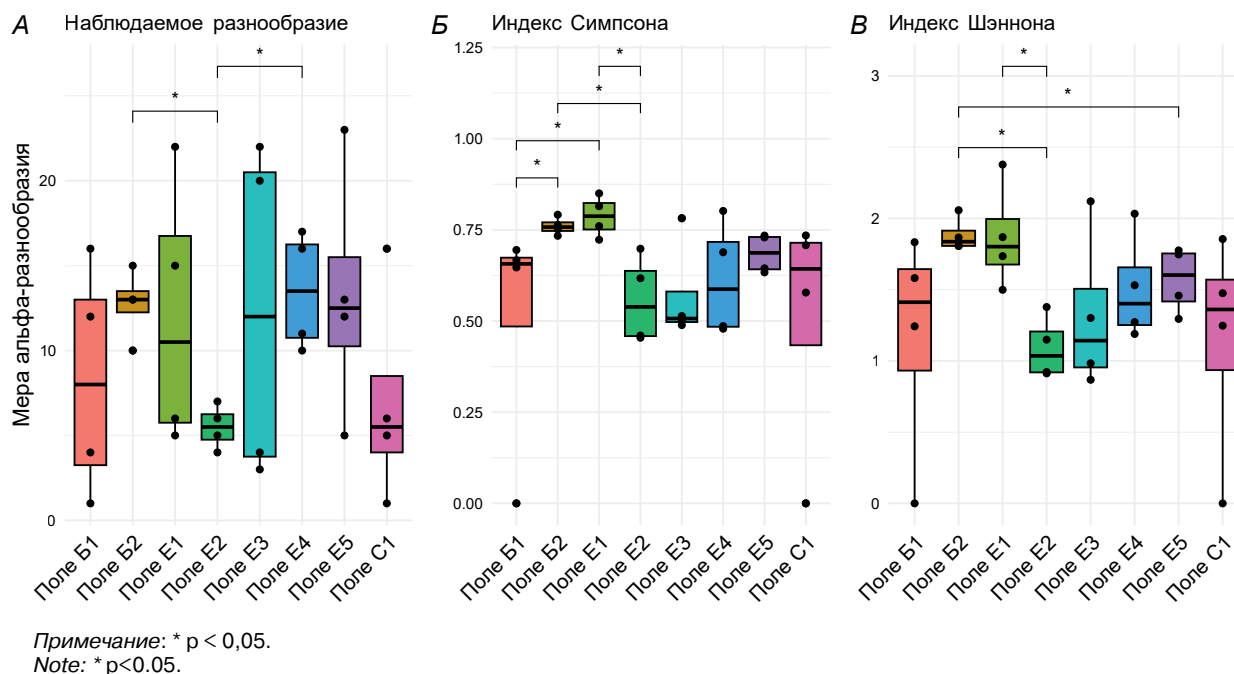


Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Note: \*  $p < 0.05$ .

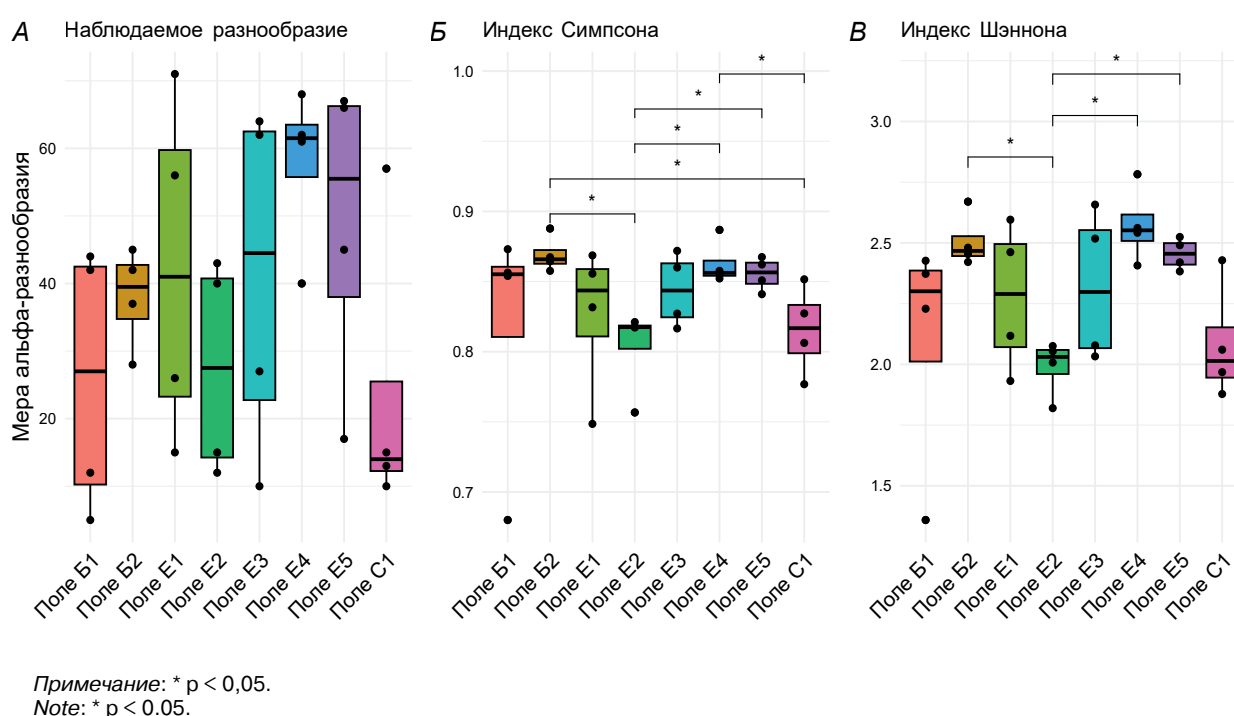
**Рис. 3.** Альфа-разнообразие группы азотфиксирующих бактерий исследованных полей Свердловской области: А — наблюдаемое разнообразие; Б — разнообразие, оцененное по Симпсону; В — разнообразие, оцененное по Шэннону. Прямоугольники представляют нижний и верхний квартили, утолщенные горизонтальные линии, внутри прямоугольников — медианы, вертикальные линии, проходящие от прямоугольника к наименьшим и наибольшим значениям, отдельные точки — выбросы. Горизонтальные отрезки — попарные сравнения по Критерию Уилкоксона

**Fig. 3.** Alpha-diversity of a group of nitrogen fixing bacteria of the studied fields of the Sverdlovsk region: A is the observed diversity; Б is the diversity estimated by Simpson; В is the diversity estimated by Shannon. Rectangles represent the lower and upper quartiles, thickened horizontal lines, medians inside rectangles, vertical lines extending from the rectangle to the smallest and largest values, individual points are outliers. Horizontal segments are pairwise comparisons according to the Wilcoxon Criterion



**Рис. 4.** Альфа-разнообразие объединенной группы фосформобилизирующих и азотфиксирующих бактерий исследованных полей Свердловской области: А — наблюдаемое разнообразие; Б — разнообразие, оцененное по Симпсону; В — разнообразие, оцененное по Шэннону. Прямоугольники представляют нижний и верхний квартили, утолщенные горизонтальные линии, внутри прямоугольников — медианы, вертикальные линии, проходящие от прямоугольника к наименьшим и наибольшим значениям, отдельные точки — выбросы. Горизонтальные отрезки — попарные сравнения по Критерию Уилкоксона

**Fig. 4.** Alpha-diversity of a group of nitrogen fixing bacteria of the studied fields of the Sverdlovsk region: A is the observed diversity; Б is the diversity estimated by Simpson; В is the diversity estimated by Shannon. Rectangles represent the lower and upper quartiles, thickened horizontal lines, medians inside rectangles, vertical lines extending from the rectangle to the smallest and largest values, individual points are outliers. Horizontal segments are pairwise comparisons according to the Wilcoxon Criterion



Полученные результаты анализа почв и видового разнообразия не продемонстрировали значимых корреляций между видовыми богатствами групп бактерий ФМ, ФМ/АФ и АФ и минеральным составом. Только у 5 родов из 23 были обнаружены значимые корреляции относительного обилия с показателями pH (*Agrobacterium*, *Rhizobium*), общего азота (*Bradyrhizobium*, *Phyllobacterium*) и азота легкогидролизуемого (*Arthrobacter*, *Phyllobacterium*) (рис. 5).

*Agrobacterium*, *Rhizobium* увеличивают свою относительную численность тем больше, чем кислее почва, представители *Rhizobium* толерантны к понижению pH [27, 28], в свою очередь у *Agrobacterium* при таком изменении pH запускается механизм перехода в вирулентную фазу [29]. Наблюдается отрицательная корреляция представителей рода *Bradyrhizobium* относительно доли общего азота, что интересно, ведь в род входят азотфиксаторы [30]. Виды рода *Arthrobacter* способны метаболизировать широкий список неорганического азота [31], в том числе сообщалось об их азотфиксирующих способностях [32]. *Phyllobacterium* род богат видами, заселяющими клубеньки бобовых и участвующими в фиксации атмосферного азота [33].

В рамках выявления бактерий, вызывающих бактериозы, ограничились качественным анализом.

Во всех образцах были обнаружены различные патогенные виды бактерий, приводящие к заболеваниям картофеля (табл. 3).

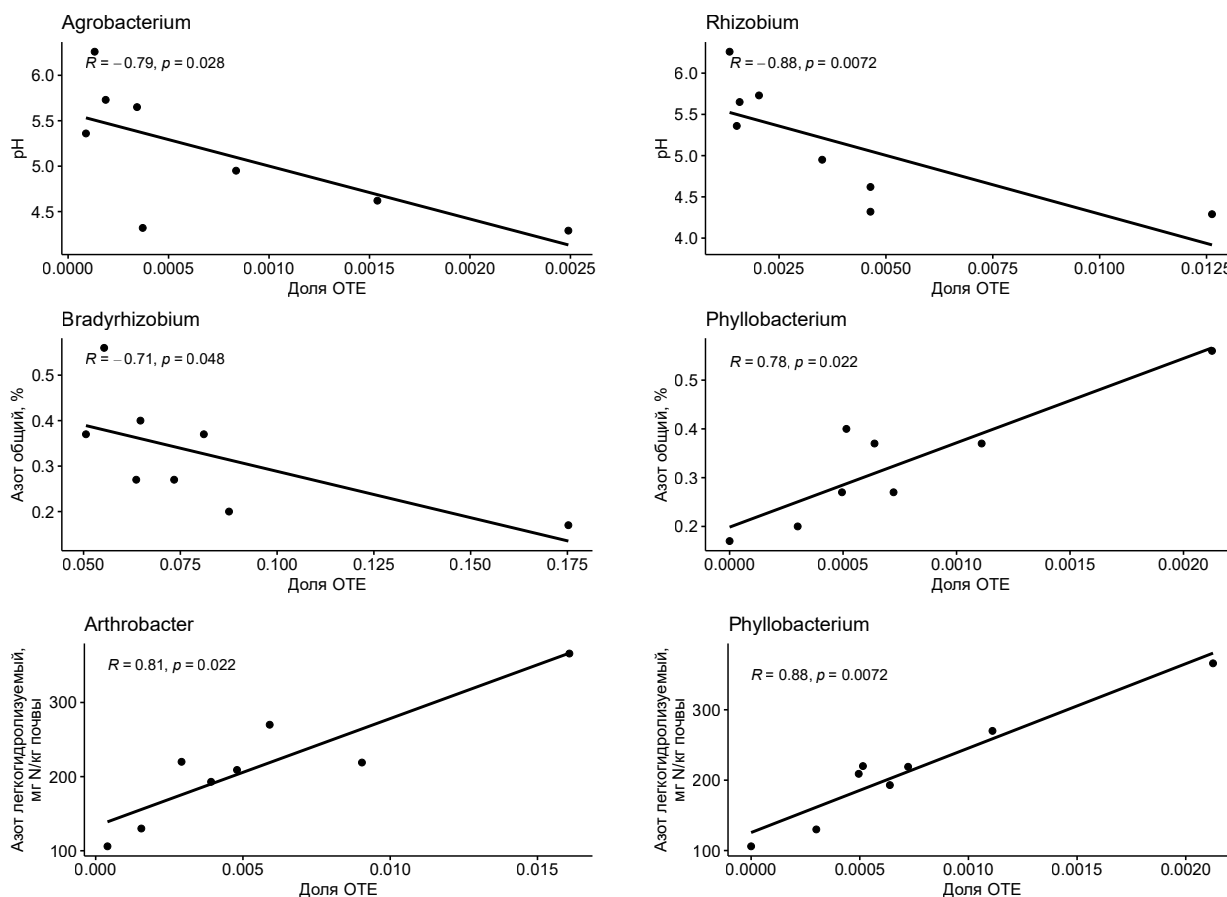
Таблица 3. Результат выявления патогенных видов бактерий

Table 3. The result of the detection of pathogenic bacterial species

Виды	Белоярский р-н		г. Екатеринбург					Сысертинский р-н
	Поле Б1	Поле Б2	Поле Е1	Поле Е2	Поле Е3	Поле Е4	Поле Е5	Поле С1
<i>Clavibacter michiganensis</i>						+	+	
<i>Liberibacter crescens</i>			+	+		+	+	+
<i>Pectobacterium carotovorum</i>		+				+		
<i>Pectobacterium parmentieri</i>						+		
<i>Pseudomonas fluorescens</i>			+	+		+	+	
<i>Ralstonia solanacearum</i>	+	+		+	+	+	+	
<i>Ralstonia syzygii</i>		+			+		+	
<i>Streptomyces acidiscabies</i>		+	+		+	+		
<i>Streptomyces caviscabies</i>		+	+		+	+		+
<i>Streptomyces diastatochromogenes</i>			+		+			+
<i>Streptomyces europaeiscabiei</i>		+	+		+	+	+	
<i>Streptomyces scabiei</i>	+	+	+		+	+		
<i>Streptomyces turgidiscabies</i>	+	+	+		+	+	+	+

Рис. 5. Корреляционный анализ относительного обилия родов бактерий и показателей почвы Свердловской области. Показаны только значимые результаты: R — коэффициент корреляции Пирсона; p — p-значение

Fig. 5. Correlation analysis of the relative abundance of bacterial genera and soil parameters of the Sverdlovsk region. Only significant results are shown: R is the Pearson correlation coefficient; p is the p-value





В частности, *Ralstonia solanacearum* и *R. syzygii* — возбудитель коричневой гнили, *Pectobacterium carotovorum* вызывает некроз, *Liberibacter crescens* — заболевание клубня (Zebra chip), *Clavibacter michiganensis* — причина кольцевой гнили клубня.

Выявлен широкий спектр представителей рода *Streptomyces*, вызывающих паршу обыкновенную (результаты в табл. 1). Виды родов *Bacillus*, *Erwinia* и *Dickeya* не обнаружены. Наиболее всего в почве распространены виды *Streptomyces europaeiscabiei*, *S. scabiei*, *S. turgidiscabies*. Общая доля выявленных патогенных бактерий в полях составляет от 0,0267 до 0,0638%. Наибольшее количество видов болезнетворных бактерий обнаружено на поле Е4 — 11 из 13, меньше всего — на полях Б1 и С1, что в первую очередь связано со сравнительно низким выходом секвенирования.

### Выводы/Conclusions

В почвах возделываемых полей Свердловской области обнаружены свыше 20 родов фосформобилизирующих и азотфиксирующих бактерий, которые способны улучшать плодородие почвы путем снабжения растений минеральными веществами, а также 6 родов патогенных видов бактерий картофеля, которые способны снижать урожайность.

Общее относительное обилие фосформобилизирующих бактерий составляет 3,73%, азотфиксирующих — 1,01%, бактерий, входящих в обе группы, — 8,54%. Доля выявленных патогенных видов не превышает 0,1%.

Оценка разнообразия показала отсутствие значимых различий в видовом разнообразии групп ФМ, ФМ/АФ и АФ между полями Свердловской области. Наибольшее разнообразие бактерий обнаружено на поле Е3, наименьшее — на поле Е2.

Корреляционный анализ показал, что бактерии родов *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Phyllobacterium*, *Arthrobacter* и *Phyllobacterium* могут быть чувствительны к кислотности почвы, содержанию общего и легкогидролизуемого азота.

Во всех образцах обнаружены патогенные виды бактерий, вызывающие заболевания картофеля. Наиболее распространены виды родов *Streptomyces*, *Ralstonia*, *Pectobacterium*, *Liberibacter*, *Clavibacter*.

Для оценки присутствия в почве полезных и вредных бактерий необходимо проводить регулярные исследования. Это позволит разработать меры по улучшению плодородия почвы и снижению заболеваемости картофеля путем целенаправленного внесения удобрений или бактериальных агентов.

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 при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения подпрограммы Комплексного плана научных исследований «Селекция и семеноводство картофеля».

### FUNDING

The work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the implementation of the Comprehensive scientific research plan subprogram "Selection and seed production of potatoes".

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pan L., Cai B. Phosphate-Solubilizing Bacteria: Advances in Their Physiology, Molecular Mechanisms and Microbial Community Effects. *Microorganisms*. 2023; 11(12): 2904. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11122904>
2. Liang J.-L. et al. Novel phosphate-solubilizing bacteria enhance soil phosphorus cycling following ecological restoration of land degraded by mining. *The ISME Journal*. 2020; 14(6): 1600–1613. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0632-4>
3. Chung H. et al. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. *Soil Biology and Biochemistry*. 2005; 37(10): 1970–1974. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.025>
4. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*. 2013; 2: 587. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
5. Korir H., Mungai N.W., Thuita M., Hamba Y., Masso C. Co-inoculation Effect of Rhizobia and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Common Bean Growth in a Low Phosphorus Soil. *Frontiers in Plant Science*. 2017; 8: 141. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00141>
6. Rawat P., Das S., Shankhdhar D., Shankhdhar S.C. Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2021; 21(1): 49–68. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>
7. Yañez-Ocampo G. et al. Isolated Phosphate-Solubilizing Soil Bacteria Promotes *In vitro* Growth of *Solanum tuberosum* L. *Polish Journal of Microbiology*. 2020; 69(3): 357–365. <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-039>

### REFERENCES

1. Pan L., Cai B. Phosphate-Solubilizing Bacteria: Advances in Their Physiology, Molecular Mechanisms and Microbial Community Effects. *Microorganisms*. 2023; 11(12): 2904. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11122904>
2. Liang J.-L. et al. Novel phosphate-solubilizing bacteria enhance soil phosphorus cycling following ecological restoration of land degraded by mining. *The ISME Journal*. 2020; 14(6): 1600–1613. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0632-4>
3. Chung H. et al. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. *Soil Biology and Biochemistry*. 2005; 37(10): 1970–1974. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.025>
4. Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*. 2013; 2: 587. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
5. Korir H., Mungai N.W., Thuita M., Hamba Y., Masso C. Co-inoculation Effect of Rhizobia and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Common Bean Growth in a Low Phosphorus Soil. *Frontiers in Plant Science*. 2017; 8: 141. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00141>
6. Rawat P., Das S., Shankhdhar D., Shankhdhar S.C. Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2021; 21(1): 49–68. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>
7. Yañez-Ocampo G. et al. Isolated Phosphate-Solubilizing Soil Bacteria Promotes *In vitro* Growth of *Solanum tuberosum* L. *Polish Journal of Microbiology*. 2020; 69(3): 357–365. <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-039>

8. Pantigoso H.A., He Y., Manter D.K., Fonte S.J., Vivanco J.M. Phosphorus-solubilizing bacteria isolated from the rhizosphere of wild potato *Solanum bulbocastanum* enhance growth of modern potato varieties. *Bulletin of the National Research Centre*. 2022; 46: 224. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00913-x>
9. Ahemad M., Kibret M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University — Science*. 2014; 26: 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
10. Sharma P.K., Kundu B.S., Dogra R.C. Molecular mechanism of host specificity in legume-rhizobium symbiosis. *Biotechnology Advances*. 1993; 11(4): 741–779. [https://doi.org/10.1016/0734-9750\(93\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0734-9750(93)90002-5)
11. Estrada-De Los Santos P., Bustillos-Cristales R., Caballero-Mellado J. *Burkholderia*, a Genus Rich in Plant-Associated Nitrogen Fixers with Wide Environmental and Geographic Distribution. *Applied and Environmental Microbiology*. 2001; 67(6): 2790–2798. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.6.2790-2798.2001>
12. Dalsing B.L., Truchon A.N., Gonzalez-Orta E.T., Milling A.S., Allen C. *Ralstonia solanacearum* Uses Inorganic Nitrogen Metabolism for Virulence, ATP Production, and Detoxification in the Oxygen-Limited Host Xylem Environment. *mBio*. 2015; 6(2): e02471-14. <https://doi.org/10.1128/mBio.02471-14>
13. Masepohl B. *et al.* Regulation of Nitrogen Fixation in the Phototrophic Purple Bacterium *Rhodobacter capsulatus*. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*. 2002; 4(3): 243–248
14. Parro V., Moreno-Paz M. Nitrogen fixation in acidophile iron-oxidizing bacteria: The *nif* regulon of *Leptospirillum ferrooxidans*. *Research in Microbiology*. 2004; 155(9): 703–709. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2004.05.010>
15. Еланский С.Н. (ред.). Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофелевод. 2009; 270. ISBN 978-5-903906-02-4 <https://www.elibrary.ru/qladmr>
16. Charkowski A., Sharma K., Parker M.L., Secor G.A., Elphinstone J. Bacterial Diseases of Potato. Campos H., Ortiz O. (eds.). The Potato Crop. Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind. Cham: Springer. 2020; 351–388. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10)
17. Pérombelon M.C.M. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology*. 2002; 51(1): 1–12. <https://doi.org/10.1046/j.0032-0862.2001.Shorttitle.doc.x>
18. Kim H.-S., Ma B., Perna N.T., Charkowski A.O. Phylogeny and Virulence of Naturally Occurring Type III Secretion System-Deficient *Pectobacterium* Strains. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75(13): 4539–4549. <https://doi.org/10.1128/AEM.01336-08>
19. van der Waals J.E., Krüger K. Emerging potato pathogens affecting food security in southern Africa: Recent research. *South African Journal of Science*. 2020; 116(11–12): 8055. <https://doi.org/10.17159/sajs.2020/8055>
20. Mora V. *et al.* Potato Zebra Chip: An Overview of the Disease, Control Strategies, and Prospects. *Frontiers in Microbiology*. 2021; 12: 700663. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.700663>
21. Schaad N.W., Berthier-Schaad Y., Sechler A., Knorr D. Detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* in Potato Tubers by BIO-PCR and an Automated Real-Time Fluorescence Detection System. *Plant Disease*. 1999; 83(12): 1095–1100. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.12.1095>
22. Prieto M.C., Lapaz M.I., Lucini E.I., Pianzola M.J., Grosso N.R., Asensio C.M. Thyme and suico essential oils: promising natural tools for potato common scab control. *Plant Biology*. 2020; 22(1): 81–89. <https://doi.org/10.1111/plb.13048>
23. Shi H., Li W., Zhou Y., Wang J., Shen S. Can we control potato fungal and bacterial diseases? — microbial regulation. *Heliyon*. 2023; 9(12): e22390. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22390>
24. Шанина Е.П., Лиходеевский Г.А. Бактериальное сообщество сельскохозяйственных почв, используемых для возделывания картофеля в Свердловской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(6): 989–998. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.989-998>
25. Linz A.M. *et al.* Bacterial Community Composition and Dynamics Spanning Five Years in Freshwater Bog Lakes. *mSphere*. 2017; 2(3): e00169-17. <https://doi.org/10.1128/mSphere.00169-17>
26. Лукин С.В., Четверикова Н.С., Ероховец М.А. Агроэкологическая оценка содержания азота в сельскохозяйственных растениях и почвах Белгородской области. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2011; (21): 95–101. <https://www.elibrary.ru/orqsvn>
8. Pantigoso H.A., He Y., Manter D.K., Fonte S.J., Vivanco J.M. Phosphorus-solubilizing bacteria isolated from the rhizosphere of wild potato *Solanum bulbocastanum* enhance growth of modern potato varieties. *Bulletin of the National Research Centre*. 2022; 46: 224. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00913-x>
9. Ahemad M., Kibret M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University — Science*. 2014; 26: 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
10. Sharma P.K., Kundu B.S., Dogra R.C. Molecular mechanism of host specificity in legume-rhizobium symbiosis. *Biotechnology Advances*. 1993; 11(4): 741–779. [https://doi.org/10.1016/0734-9750\(93\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0734-9750(93)90002-5)
11. Estrada-De Los Santos P., Bustillos-Cristales R., Caballero-Mellado J. *Burkholderia*, a Genus Rich in Plant-Associated Nitrogen Fixers with Wide Environmental and Geographic Distribution. *Applied and Environmental Microbiology*. 2001; 67(6): 2790–2798. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.6.2790-2798.2001>
12. Dalsing B.L., Truchon A.N., Gonzalez-Orta E.T., Milling A.S., Allen C. *Ralstonia solanacearum* Uses Inorganic Nitrogen Metabolism for Virulence, ATP Production, and Detoxification in the Oxygen-Limited Host Xylem Environment. *mBio*. 2015; 6(2): e02471-14. <https://doi.org/10.1128/mBio.02471-14>
13. Masepohl B. *et al.* Regulation of nitrogen fixation in the phototrophic purple bacterium *Rhodobacter capsulatus*. *J Mol Microbiol Biotechnol*. 2002; 4(3): 243–248
14. Parro V., Moreno-Paz M. Nitrogen fixation in acidophile iron-oxidizing bacteria: The *nif* regulon of *Leptospirillum ferrooxidans*. *Research in Microbiology*. 2004; 155(9): 703–709. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2004.05.010>
15. Yelanskiy S.N. (ed.). Protection of potatoes from diseases, pests and weeds. Moscow: Kartofelevod. 2009; 270 (in Russian). ISBN 978-5-903906-02-4 <https://www.elibrary.ru/qladmr>
16. Charkowski A., Sharma K., Parker M.L., Secor G.A., Elphinstone J. Bacterial Diseases of Potato. Campos H., Ortiz O. (eds.). The Potato Crop. Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind. Cham: Springer. 2020; 351–388. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10)
17. Pérombelon M.C.M. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology*. 2002; 51(1): 1–12. <https://doi.org/10.1046/j.0032-0862.2001.Shorttitle.doc.x>
18. Kim H.-S., Ma B., Perna N.T., Charkowski A.O. Phylogeny and Virulence of Naturally Occurring Type III Secretion System-Deficient *Pectobacterium* Strains. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75(13): 4539–4549. <https://doi.org/10.1128/AEM.01336-08>
19. van der Waals J.E., Krüger K. Emerging potato pathogens affecting food security in southern Africa: Recent research. *South African Journal of Science*. 2020; 116(11–12): 8055. <https://doi.org/10.17159/sajs.2020/8055>
20. Mora V. *et al.* Potato Zebra Chip: An Overview of the Disease, Control Strategies, and Prospects. *Frontiers in Microbiology*. 2021; 12: 700663. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.700663>
21. Schaad N.W., Berthier-Schaad Y., Sechler A., Knorr D. Detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* in Potato Tubers by BIO-PCR and an Automated Real-Time Fluorescence Detection System. *Plant Disease*. 1999; 83(12): 1095–1100. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.12.1095>
22. Prieto M.C., Lapaz M.I., Lucini E.I., Pianzola M.J., Grosso N.R., Asensio C.M. Thyme and suico essential oils: promising natural tools for potato common scab control. *Plant Biology*. 2020; 22(1): 81–89. <https://doi.org/10.1111/plb.13048>
23. Shi H., Li W., Zhou Y., Wang J., Shen S. Can we control potato fungal and bacterial diseases? — microbial regulation. *Heliyon*. 2023; 9(12): e22390. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22390>
24. Shanina E.P., Lihodeevsky G.A. Bacterial community of agricultural soils used for potato cultivation in Sverdlovsk region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24(6): 989–998 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.989-998>
25. Linz A.M. *et al.* Bacterial Community Composition and Dynamics Spanning Five Years in Freshwater Bog Lakes. *mSphere*. 2017; 2(3): e00169-17. <https://doi.org/10.1128/mSphere.00169-17>
26. Lukin S.V., Chetverikova N.S., Erokhovets M.A. Agroecological Estimation of Nitrogen Content in Agricultural Crops and Soils of Belgorod Region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*. 2011; (21): 95–101 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/orqsvn>

27. Glenn A.R., Reeve W.G., Tiwari R.P., Dilworth M.J. Acid Tolerance in Root Nodule Bacteria. Chadwick D.J., Cardew G. (eds.). Bacterial Responses to pH. Novartis Foundation Symposium. *John Wiley & Sons*. 1999; 221: 112–130. <https://doi.org/10.1002/9780470515631.ch8>
28. Morón B. *et al.* Low pH Changes the Profile of Nodulation Factors Produced by *Rhizobium tropici* CIAT899. *Cell Chemical Biology*. 2005; 12(9): 1029–1040. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2005.06.014>
29. Yuan Z.-C., Liu P., Saenkham P., Kerr K., Nester E.W. Transcriptome Profiling and Functional Analysis of *Agrobacterium tumefaciens* Reveals a General Conserved Response to Acidic Conditions (pH 5.5) and a Complex Acid-Mediated Signaling Involved in *Agrobacterium*-Plant Interactions. *Journal of Bacteriology*. 2008; 190(2): 494–507. <https://doi.org/10.1128/JB.01387-07>
30. Zhong C., Hu G., Hu C., Xu C., Zhang Z., Ning K. Comparative genomics analysis reveals genetic characteristics and nitrogen fixation profile of *Bradyrhizobium*. *iScience*. 2024; 27(2): 108948. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108948>
31. He T., Xie D., Ni J., Li Z., Li Z. Characteristics of nitrogen transformation and intracellular nitrite accumulation by the hypothermia bacterium *Arthrobacter arilaitensis*. *Science of The Total Environment*. 2020; 701: 134730. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134730>
32. Liu Y. *et al.* Spatial and temporal conversion of nitrogen using *Arthrobacter* sp. 24S4-2, a strain obtained from Antarctica. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 14: 1040201. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1040201>
33. Eren Eroğlu A.E., Eroğlu V., Yaşa İ. Genomic Insights into the Symbiotic and Plant Growth-Promoting Traits of “*Candidatus Phyllobacterium onerii*” sp. nov. Isolated from Endemic *Astragalus flavescens*. *Microorganisms*. 2024; 12(2): 336. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020336>

## ОБ АВТОРАХ

**Георгий Александрович Лиходеевский**  
младший научный сотрудник  
georglihodey@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-2616-2166>

**Елена Петровна Шанина**  
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник  
shanina08@yandex.ru  
<https://orcid.org/0009-0000-5818-3813>

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Главная, 21, Екатеринбург, 620061, Россия

27. Glenn A.R., Reeve W.G., Tiwari R.P., Dilworth M.J. Acid Tolerance in Root Nodule Bacteria. Chadwick D.J., Cardew G. (eds.). Bacterial Responses to pH. Novartis Foundation Symposium. *John Wiley & Sons*. 1999; 221: 112–130. <https://doi.org/10.1002/9780470515631.ch8>
28. Morón B. *et al.* Low pH Changes the Profile of Nodulation Factors Produced by *Rhizobium tropici* CIAT899. *Cell Chemical Biology*. 2005; 12(9): 1029–1040. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2005.06.014>
29. Yuan Z.-C., Liu P., Saenkham P., Kerr K., Nester E.W. Transcriptome Profiling and Functional Analysis of *Agrobacterium tumefaciens* Reveals a General Conserved Response to Acidic Conditions (pH 5.5) and a Complex Acid-Mediated Signaling Involved in *Agrobacterium*-Plant Interactions. *Journal of Bacteriology*. 2008; 190(2): 494–507. <https://doi.org/10.1128/JB.01387-07>
30. Zhong C., Hu G., Hu C., Xu C., Zhang Z., Ning K. Comparative genomics analysis reveals genetic characteristics and nitrogen fixation profile of *Bradyrhizobium*. *iScience*. 2024; 27(2): 108948. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108948>
31. He T., Xie D., Ni J., Li Z., Li Z. Characteristics of nitrogen transformation and intracellular nitrite accumulation by the hypothermia bacterium *Arthrobacter arilaitensis*. *Science of The Total Environment*. 2020; 701: 134730. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134730>
32. Liu Y. *et al.* Spatial and temporal conversion of nitrogen using *Arthrobacter* sp. 24S4-2, a strain obtained from Antarctica. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 14: 1040201. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1040201>
33. Eren Eroğlu A.E., Eroğlu V., Yaşa İ. Genomic Insights into the Symbiotic and Plant Growth-Promoting Traits of “*Candidatus Phyllobacterium onerii*” sp. nov. Isolated from Endemic *Astragalus flavescens*. *Microorganisms*. 2024; 12(2): 336. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020336>

## ABOUT THE AUTHORS

**Georgiy Aleksandrovich Lihodeevskiy**  
Junior Research Assistant  
georglihodey@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-2616-2166>

**Elena Petrovna Shanina**  
Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher  
shanina08@yandex.ru  
<https://orcid.org/0009-0000-5818-3813>

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 21 Glavnaya Str., Yekaterinburg, 620061, Russia

## Подпишитесь на печатные выпуски «АГРАРНОЙ НАУКИ» с любого месяца и на любой срок

» В РЕДАКЦИИ по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453, по [agrovetpress@inbox.ru](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)





Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — филиал «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Дербент, Россия

✉ kre\_05@mail.ru

Поступила в редакцию: 13.09.2024

Одобрена после рецензирования: 13.01.2025

Принята к публикации: 28.01.2025

© Казахмедов Р.Э.

Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing-branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking", Dербent, Russia

✉ kre\_05@mail.ru

Received by the editorial office: 13.09.2024

Accepted in revised: 13.01.2025

Accepted for publication: 28.01.2025

© Kazakhmedov R.E.

## Технология восстановления угнетенных филлоксерой корнесобственных растений винограда

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Переход виноградарства на выращивание виноградных насаждений в привитой культуре только частично решил проблему филлоксеры. С учетом недостатков привитой культуры проблема остается актуальной. Ввиду этого необходимо сохранение и расширение корнесобственной культуры винограда. Фундаментальным решением проблемы должны стать создание и внедрение устойчивых к вредителю генотипов на основе современных достижений генетики и селекции, пригодных для выращивания в корнесобственной культуре. В настоящее время в арсенале отечественного виноградарства достаточно много высококачественных отечественных сортов, толерантных к корневой филлоксере и пригодных для возделывания в корнесобственной культуре. Экономически оправданными и научно обоснованными путями решения проблемы филлоксеры могут стать внедрение толерантных к вредителю сортов отечественной селекции и использование технологических регламентов применения физиологически активных соединений, способствующих повышению физиологического иммунитета и устойчивости винограда к филлоксере..

**Ключевые слова:** виноград, филлоксера, корнесобственная культура, физиологически активные соединения, устойчивость

**Для цитирования:** Казахмедов Р.Э. Технология восстановления угнетенных филлоксерой корнесобственных растений винограда. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 138–144. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-138-144>

## Technology of restoration of phylloxera-suppressed root-related grape plants

### ABSTRACT

**Relevance.** The transition of viticulture to the cultivation of grape plantations in a grafted culture has only partially solved the problem of phylloxera. Taking into account the shortcomings of the instilled culture, the problem remains urgent. In view of this, we consider it necessary to preserve and expand the indigenous grape culture. The fundamental solution to the problem should be the creation and introduction of pest-resistant genotypes based on modern advances in genetics and breeding, suitable for growing in a root crop. Currently, there are quite a lot of high-quality domestic varieties tolerant to root phylloxera and suitable for cultivation in the arsenal of domestic viticulture. native culture. Economically justified and scientifically justified ways to solve the phylloxera problem may be the introduction of pest-tolerant varieties of domestic breeding and the use of technological regulations for the use of physiologically active compounds that enhance physiological immunity and resistance of grapes to phylloxera.

**Key words:** grapes, phylloxera, root culture, physiologically active compounds, resistance

**For citation:** Kazakhmedov R.E. Technology of restoration of phylloxera-suppressed root-related grape plants. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 138–144 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-138-144>

## Введение/Introduction

Филлоксеры, завезенная более 100 лет назад в Европу из США, уничтожила за 20–30 лет около 7–8 млн га корнесобственных виноградников, в том числе до 350 тыс. га на территории бывшего Советского Союза и около 20–30 тыс. в России [1, 2]. Многолетние усилия научного мира по решению проблемы филлоксеры не смогли снять ее с повестки дня, и в настоящее время она остается актуальной [3–5].

Следует выделить несколько путей решения проблемы филлоксеры: ведение привитой культуры, создание и внедрение устойчивых генотипов к вредителю на основе современных достижений генетики и селекции и, как мы полагаем, изменение биохимического (гормонального) статуса и повышение физиологического иммунитета винограда к вредителю (рис. 1).

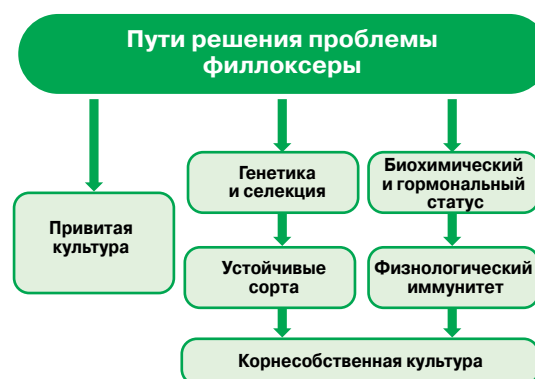
Привитая культура винограда решила проблему спасения виноградарства от филлоксеры, однако недостатки привитой культуры (высокая изреженность насаждений к началу плодоношения, подверженность кустов бактериальному раку и хлорозу, задержка созревания урожая, снижение качества виноматериалов, значительные материальные затраты для восстановления насаждений после экстремально низких температур, повышение пестицидной нагрузки на ампелоценозы при возделывании восприимчивых к болезням и филлоксере сортов в привитой культуре) свидетельствуют, что проблема полностью не решена.

Достигнуты результаты по созданию принципиально нового генома виноградной лозы [6], однако их внедрение требует глубокого изучения, и они не могут пока отвечать возросшим требованиям к качеству урожая в современном виноградарстве и виноделии в практическом аспекте. С другой стороны, в настоящее время в арсенале отечественного виноградарства достаточно много высококачественных отечественных сортов, толерантных к корневой филлоксере и пригодных для возделывания в корнесобственной культуре — селекции Анапской ЗОСВиВ [7, 8] и НИИВиВ «Магарач» [9].

Полагаем, что одним из экономически оправданных и научно обоснованных путей решения проблемы филлоксеры может стать внедрение толерантных к вредителю сортов отечественной селекции с использованием технологических регламентов применения физиологически активных соединений, способствующих повышению физиологического иммунитета и устойчивости винограда к филлоксере. Следовательно, в связи с недостатками привитой культуры и изменившимися объективными условиями промышленного

**Рис. 1.** Пути решения проблемы филлоксеры (составлено автором)

**Fig. 1.** Ways to solve the phylloxera problem (the scheme is author)



виноградарства (толерантные сорта, изменение климатических условий, достижения селекции и физиологии винограда, новые агротехнологии) возрастает целесообразность сохранения и расширения корнесобственной культуры винограда там, где возможно, что послужило основанием для проведения целенаправленных комплексных исследований на ДСОСВиО по разработке способов повышения физиологической устойчивости корнесобственных растений винограда к корневой филлоксере в 2012–2021 гг.

Важно отметить, что практически не используются возможности физиологической регуляции в повышении степени реализации генетического потенциала в части увеличения продуктивности и устойчивости винограда к биотическим и абиотическим стрессорам, в частности к филлоксере, на основе современных знаний физиологии винограда и результатов исследований по изучению гормональной системы и воздействия гормональных факторов на рост и развитие виноградного растения.

*Цель работы* — представить основные результаты и сформулировать технологические регламенты повышения устойчивости корнесобственных растений винограда к корневой филлоксере.

## Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводились в 2012–2021 гг. на экспериментальной базе Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства (ДСОСВиО) (г. Дербент, Республика Дагестан, Россия) филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» в лабораторных, вегетационных и полевых опытах с использованием методических указаний<sup>1, 2</sup> по общепринятым методикам<sup>3–6</sup>.

<sup>1</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985; 351.

<sup>2</sup> Бондарев В.П., Захарова Е.И. Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе / общая ред. Новочеркасск. 1978; 178.

<sup>3</sup> Современные методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда / Монография. Краснодар, 2017.

<sup>4</sup> Недов П.Н. Новые методы фитопатологических и иммунологических исследований в виноградарстве / П.Н. Недов. Кишинев: Штиинца. 1985; 139.

<sup>5</sup> Недов П.Н. Иммунология винограда к филлоксере и возбудителям гниения корней. Кишинев: Штиинца. 1977.

<sup>6</sup> Простосердов Н.Н. Технологическая характеристика винограда и продуктов его переработки: Увология. Ампелография СССР. Москва. 1946; 1: 40–468.

Объекты исследований — черенки, вегетирующие молодые и плодоносящие растения сортов винограда Бианка, Первенец Магарача, Кобер 5 ББ, а также аборигенного дагестанского сорта Агадаи и сортов селекции ДСОСВиО Мускат дербентский, Слава Дербента.

Использовались физиологически активные соединения (ФАС) гормонального (цитокинин — ЦАС, ауксин — НАС) и трофического (ЭАС) действия ООО «Агросинтез» (г. Москва, Россия). Растворы ФАС готовились непосредственно перед обработкой. Уход за растениями винограда заключался в регулярном поливе, рыхлении почвы, борьбе с сорняками, грибными болезнями и вредителями. Математическая обработка данных проводилась по Б.А. Доспехову<sup>1</sup> с применением стандартных программ Exsel (США).

В вегетационном опыте методом капиллярно-го электрофореза («Капель 105М», ООО «Люмэкс маркетинг», г. Санкт-Петербург) на базе ЦКП «Приборно-аналитический» СКФНЦБВ изучено содержание фитогормонов<sup>7</sup> (индолилуксусной кислоты, абсцизовой кислоты) и биологически активных веществ<sup>8</sup> (суммы углеводов, фенолкарбоновой кислоты) в элементах корневой системы сортов винограда Агадаи, Первенец Магарача и подвоя Кобер 5ББ, различающихся по устойчивости к корневой филлоксерой на фоне искусственного заражения филлоксерой и обработке раствором физиологически активных соединений, содержащим ЦАС 40 мг/л, НАС 2,5 мг/л, ЭАС 50 мг/л.

Модельные растения получали из черенков в вегетационных сосудах в полевых условиях. Обработка раствором ФАС растений сорта Агадаи проводилась при достижении побегом модельного растения длины 15–20 см. Биохимический анализ элементов корневой системы опытных растений изучаемых сортов проводился через 30 суток после применения раствора ФАС.

Корнесобственные растения винограда сорта Агадаи были посажены на опытный участок по схеме 1,0 x 1,0 м однолетними саженцами. В год посадки (2012 г.) производилось двукратное искусственное заражение филлоксерой (конец июля, конец августа) листьями с галлами сорта винограда Бианка. Одновременно были высажены корнесобственные растения эталонного, толерантного к филлоксерой сорта Первенец Магарача. Количество учетных кустов в каждом варианте — 10, куст-повторность. Контрольные кусты сорта Агадаи обрабатывались водой, а опытные — раствором физиологически активных соединений, содержащим ЦАС 40 мг/л, НАС 2,5 мг/л, ЭАС 50 мг/л в два срока: перед цветением (I декада июня) и в начале созревания урожая (I декада августа).

На корнесобственных растениях винограда сорта Мускат дербентский в ампелографической кол-

лекции ДСОСВиО (1997 г. посадки), угнетенных корневой формой филлоксерой в орошаемой культуре со схемой посадки кустов 3,5 x 2,0 и высокоштамбовой форме «двулучий кордон Казенава», проводилось применение физиологически активных соединений в два срока методом опрыскивания листовой поверхности растений раствором, содержащим ЦАС 40 мг/л, НАС 2,5 мг/л, ЭАС 50 мг/л с расходом рабочей жидкости 0,5 л/куст. I срок обработки — 3–8 дней до начала цветения (I декада июня), II срок — начало созревания урожая (I декада августа). Количество учетных кустов в каждом варианте — 10, куст-повторность. Обработки раствором ФАС проводились ежегодно в течение 2012–2015 гг. вегетации. С 2016 по 2021 год обработки опытных растений растворами физиологически активных соединений не проводились.

На корнесобственных растениях винограда сорта Слава Дербента в ампелографической коллекции ДСОСВиО (1997 г. посадки), угнетенных корневой формой филлоксерой, в орошаемой культуре со схемой посадки кустов 3,5 x 2,0 и высокоштамбовой форме «двулучий кордон Казенава», проводилась апробация результатов исследований путем применения физиологически активных соединений в два срока методом опрыскивания листовой поверхности растений раствором, содержащим ЦАС 40 мг/л, НАС 2,5 мг/л, ЭАС 50 мг/л с расходом рабочей жидкости 0,5 л/куст. I срок обработки — 3–8 дней до начала цветения (I декада июня), II срок — начало созревания урожая (I декада августа). Количество учетных кустов в вариантах — 10, куст-повторность. Обработки раствором ФАС проводились в течение 2017–2020 гг. вегетации.

В 2021 году обработка опытных растений раствором физиологически активных соединений не проводилась. Достоверность принята на уровне 95%.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

Было предложено несколько способов повышения толерантности корнесобственных растений вида *Vitis vinifera* L. к корневой форме филлоксеры. Известен способ применения водного раствора бета-индолилуксусной кислоты в качестве хемотростериланта филлоксерой на винограднике, предназначенном под выкорчевку, в связи с сильной зараженностью филлоксерой. Кусты винограда опрыскивали 0,01%-ным водным раствором. Наблюдалось постепенное снижение численности вредителя. При последнем учете численность филлоксеры снизилась на 98,5%<sup>9</sup>.

Однако раздельное опрыскивание раствором ауксинового препарата в концентрации 0,01% в данных исследованиях при попадании на коронки побегов оказывало фитотоксическое действие,

<sup>7</sup> Кислин Е.Н. Определение природных фитогормонов с помощью хроматографических методов. Санкт-Петербург, 2004.

<sup>8</sup> Хомич Л.М., Мильруд В.Е. Методические аспекты определения (оценки) содержания углеводов в соковой продукции при вынесении информации для потребителей на упаковку. Вопросы питания. 2022; 91(2): 81–92.

<sup>9</sup> Иванова А.Н. Патент (SU 544343. Заявка: 2135429, 1975.05.19(22). Дата подачи заявки: 1975.05.19(45). Опубликовано 15.03.1978.



ингибировало рост побегов, способствовало чрезмерному развитию пасынков, снижению завязываемости ягод, одревеснению гребня, повышению осыпаемости ягод и снижению качества урожая, что не позволяет производить многократные обработки по листовой поверхности вегетирующих растений винограда для достижения агробиологического и агротехнического эффекта в производственных корнесобственных насаждениях винограда на фоне филлоксеры.

Известен способ повышения устойчивости растений вида *Vitis Vinifera* L. к поражению корневой формой филлоксеры, при котором вносится композиция препаратов «Фуrolан» (в дозе 10 г/га) и «Метионин» (в дозе 10 г/га) в соотношении 1:1 в виде водного раствора в 1000 л воды на 1 га путем опрыскивания растений винограда в период первой яйцепродукции с последующими двумя обработками с интервалом в 14 дней каждая<sup>10</sup>. Данный способ ориентирован на применение в молодых насаждениях винограда сорта Бианка, то есть на сорте с генетической толерантностью к корневой филлоксере, что позволяет вести корнесобственную культуру данного сорта на высоком агротехническом фоне без дополнительного применения физиологически активных соединений. В связи с этим способ не может претендовать на метод восстановления и ведения корнесобственных насаждений винограда восприимчивых сортов в зоне заражения филлоксерой.

Многолетние комплексные исследования на основе постановки ряда лабораторных и полевых опытов позволили установить положительное влияние физиологически активных соединений на морфофизиологию и биохимию корневой системы винограда на фоне заражения филлоксерой, что повышает физиологические возможности, адаптивность и жизнеспособность корнесобственных растений винограда и лежит в основе противостояния вредителю, восстановления и сохранения продуктивности насаждений [10, 11].

Совместное применение раствора физиологически активных соединений по листовой поверхности растений повышает содержание индолилуксусной кислоты, снижает содержание углеводов и фенольных соединений, соответственно, предполагается, что приближает биохимический

состав корней восприимчивого к филлоксере сорта Агадаи к биохимическим показателям толерантного (Первенец Магарача) и иммунного (Кобер 5ББ) сортов. Применение раствора ФАС на фоне филлоксеры нивелирует отрицательное действие вредителя на биохимию корней (табл. 1).

Известно, что долговечность кустов винограда на фоне филлоксеры зависит от возраста насаждений и срока заражения корней филлоксерой — чем раньше происходит заражение, тем выше вредоносность филлоксеры и сильнее угнетается куст [12]. В связи с этим для более объективной оценки влияния ФАС на развитие корнесобственных растений было изучено их действие на формирование растений на фоне заражения молодых растений с года посадки.

Установлено, что в контрольном варианте корнесобственные растения сорта Агадаи на четвертый год вегетации не вступили в плодоношение, более того, прирост кустов был ниже почти в 2 раза, чем в опытном варианте. При обработке раствором физиологически активных соединений корнесобственные растения вступили в плодоношение, так же как и корнесобственные растения эталонного сорта Первенец Магарача, толерантного к филлоксере (табл. 2), что свидетельствует о повышении жизнеспособности корнесобственных растений сорта Агадаи при обработке ФАС и их достаточно сильном росте и развитии с первого года посадки на фоне филлоксеры.

**Таблица 2. Продуктивность молодых корнесобственных растений сорта Агадаи на четвертый год вегетации на фоне заражения филлоксерой**

**Table 2. Productivity of young root-bearing plants of the Agadai variety for the 4<sup>th</sup> year of vegetation against the background of phylloxera**

Вариант опыта	Число гроздей, шт.	Масса грозди, г	Урожай с куста, кг	Массовая концентрация сахаров, г/дм <sup>3</sup>	Общий прирост куста, см
Контроль — обработка водой	0	—	—	—	227
Опыт — обработка ФАС	19,5	256	5,0	193	529
Первенец Магарача — эталон, без обработки	15,7	272	4,3	206	1718

**Таблица 1. Биохимический состав корней винограда**

**Table 1. Biochemical composition of grape roots**

Сорт	Вариант опыта	ИУК, мг/кг сырой массы	Сумма углеводов, г/кг сухой массы	Фенолкарбоновые кислоты, мг/кг сухой массы
Агадаи	Растения, свободные от филлоксеры	5,30 ± 0,27	1,91 ± 0,10	38,40 ± 1,92
	Растения, свободные от филлоксеры + обработка ФАС	6,60 ± 0,33	0,88 ± 0,04	9,20 ± 0,46
	Растения, зараженные филлоксерой	2,10 ± 0,11	18,68 ± 0,93	90,60 ± 4,53
	Растения, зараженные филлоксерой + обработка ФАС	4,10 ± 0,21	15,42 ± 0,77	91,00 ± 4,55
Первенец Магарача (эталон 1) — толерантный		9,30 ± 0,47	0,91 ± 0,05	21,90 ± 1,10
Кобер 5ББ (эталон 2) — иммунный		8,20 ± 0,41	1,03 ± 0,05	15,20 ± 0,76

<sup>10</sup> Ненько Н.И., Егоров Е.А., Ильина И.А., Петров В.С., Сундырева М.А., Талаш А.И., Шадрин Ж.А. Патент RU 254 7173. Способ повышения устойчивости растений винограда *Vitis vinifera* L. к поражению корневой формой филлоксеры // ФГБНУ СКЗНИИСиВ (RU), заявка от 09.01.2014 № 2014100338.

Эффективность применения листовых обработок растворами ФАС выявлена в многолетнем стационарном полевом опыте на корнесобственных растениях 15-летнего возраста сорта Мускат дербентский. В процессе исследований контрольные растения без применения ФАС к 20-летнему возрасту почти потеряли продуктивность, тогда как листовые обработки растворами ФАС позволили восстановить продуктивность угнетенных филлоксерой корнесобственных растений винограда — урожай с куста в опытном варианте превышал значение в контрольном варианте в 5,5 раз в среднем за 6 лет после обработок (табл. 3).

Апробация результатов лабораторных и полевых исследований в сопряженном полевом опыте на коллекционном участке ДСОСВиО в аналогичных производственных условиях показала, что применение раствора физиологически активных соединений в течение 4 лет на угнетенных филлоксерой корнесобственных растениях сорта Слава Дербента позволило усилить вегетативный рост, повысить коэффициент плодоношения (отношение числа соцветий к общему числу побегов) и коэффициент плодоносности (отношение числа соцветий к числу плодоносных побегов), улучшить формирование и качество урожая опытных растений (табл. 4, 5).

Таким образом, на основании многолетних комплексных исследований можно заключить, что

техническим результатом предлагаемой технологии являются восстановление и увеличение срока эксплуатации корнесобственных насаждений винограда на фоне заражения филлоксерой, который достигается использованием физиологически активных соединений на определенных этапах вегетации винограда в различных соотношениях:

- для сортов *Vitis vinifera* L., восприимчивых к филлоксере (Агадаи, Мускат дербентский, Мускат гамбургский, Слава Дербента и др.), I срок обработки — за 3–8 дней до начала цветения (I декада июня), II срок — начало созревания урожая (I декада августа) раствором ФАС в течение первых 4 лет вегетации. Далее в те же сроки повторять цикл трехлетних обработок раствором ФАС с интервалом в 5 лет весь период эксплуатации корнесобственных насаждений винограда;

- для сортов межвидового происхождения, толерантных к филлоксере (Первенец Магарача, Бианка, Молдова и др.), проводить обработку: I срок — 3–8 дней до начала цветения (I декада июня), II срок — начало созревания урожая (I декада августа) раствором ФАС в течение первых двух лет. Далее однократно за вегетацию первым сроком обработки 3–8 дней до начала цветения (I декада июня) повторять цикл двухлетних обработок с интервалом в три года раствором, содержащим ФАС, весь период эксплуатации корнесобственных насаждений винограда.

Таблица 3. Влияние физиологически активных соединений на урожай сорта Мускат дербентский, 2016–2021 гг., ДСОСВиО

Table 3. The effect of physiologically active compounds on the yield of the Muscat Derbent variety, 2016–2021, DSOSViO

Варианты опыта	Урожай с куста, кг						
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средний за 6 лет
Контроль, растения на фоне заражения филлоксерой, обработка водой	5,7	2,5	5,5	3,4	0,9	0,4	3,1
Опыт, растения на фоне заражения филлоксерой, обработка ФАС	8,0	15,8	10,0	34,8	22,2	12,4	17,2
НСР <sub>05</sub>							2,1

Таблица 4. Плодоносность кустов сорта Слава Дербента

Table 4. Fruitfulness of bushes of the Slava Derbent variety

Вариант опыта	Коэффициент плодоношения				Коэффициент плодоносности			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Прирост за 3 года	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Прирост за 3 года
Растения на фоне заражения филлоксерой, обработка ФАС	0,22	0,46	0,61	+0,39	0,80	1,21	1,55	+0,75
Контроль, растения на фоне заражения филлоксерой, обработка водой	0,49	0,49	0,46	-0,03	0,93	1,16	1,34	+0,41
НСР <sub>05</sub>			0,10				0,10	

Таблица 5. Агробιοιογιϰеские показатели сорта Слава Дербента

Table 5. Agrobiological indicators of the Slava Derbent variety

Вариант опыта	Кол-во гроздей на куст, шт.			Масса грозди, г			Общий прирост куста, % к контролю			Масс. конц. сахаров, г/дм <sup>3</sup>			Урожай с куста, кг		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Растения на фоне заражения филлоксерой, обработка ФАС	15,1	15,3	19,5	179	234	223	145	119	141	185	189	215	2,7	3,6	4,5
Растения на фоне заражения филлоксерой, обработка водой	14,2	12,5	14,4	156	190	202	100	100	100	169	172	195	2,2	2,4	2,8
НСР <sub>05</sub>			2,6												0,4

Конкурентные преимущества технологии обеспечены за счет достижения возможности ведения корнесобственной культуры на фоне филлоксеры и обеспечения защиты от вредителя и жизнеспособности насаждений при заражении в период эксплуатации промышленных плодоносящих насаждений, а также преимуществами ведения корнесобственной культуры в сравнении с привитой культурой.

Использование протекторных свойств физиологически активных соединений повышает неспецифическую устойчивость растений винограда не только непосредственно к филлоксере, но и к абиотическим и биотическим стрессорам, что в целом снижает распространение и интенсивность развития грибных болезней и повышает засухоустойчивость растений.

В результате использования разработанного автором технологического решения<sup>11</sup> повышаются урожайность и качество винограда, увеличивается срок продуктивной эксплуатации корнесобственных насаждений винограда, снижаются затраты на единицу продукции.

### Выводы/Conclusion

Применение физиологически активных соединений гормонального действия в два срока (I срок обработки — 3–8 дней до начала цветения (I декада июня), II срок — начало созревания урожая (I декада августа) по листовой поверхности угнетенных филлоксерой корнесобственных растений

винограда восприимчивых сортов (раздельное или совместное в зависимости от биологических особенностей сортов и степени угнетенности насаждений) путем опрыскивания раствором при расходе 0,5 л/куст и рабочей жидкости 500–1000 л/га усиливает регенерацию, формирование и развитие новых элементов корневой системы, достоверно увеличивает плодоносность кустов и прирост побегов за вегетацию, что характеризуется повышением урожая с куста корнесобственных растений в 4–7 раз (начиная с третьего года применения препаратов).

Обработка растворами препаратов имеет пролонгированное действие, в связи с чем необходимы циклические 2–3-летние обработки с перерывом 2–5 лет весь период эксплуатации корнесобственных насаждений винограда.

При необходимости «реанимирования» филлоксерных корнесобственных насаждений целесообразно производить ежегодные двукратные обработки растворами ФАС по листовой поверхности в период вегетации (перед цветением и в начале созревания урожая, расход жидкости — 0,5 л/куст) в течение 3–4 лет до достижения необходимых параметров плодоносности и урожая. Далее (при их достижении) приостановить применение ФАС до начала снижения показателей — критериев нормального физиологического состояния растений: плодоносности, процента завязывания гроздей, длины побега перед цветением.

<sup>11</sup> Патент № 2793813 С1 Российская Федерация, МПК А01G 17/00. Способ восстановления и увеличения срока эксплуатации корнесобственных насаждений винограда на фоне заражения филлоксерой: № 202210962: заявл. 11.04.2022 : опубл. 06.04.2023 / Р.Э. Казахмедов; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия». EDN JUZRCA

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 Министерства образования и науки Российской Федерации № 0498-2022-0004.7.

### FUNDING

The research was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 0498-2022-0004.7.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кискин П.Х. Филлоксеры. Кишинев: Штиинца. 1977; 210.
2. Аджиев А.М. Виноградарство Дагестана: (стратегия, система и инновационные технологии возделывания). Махачкала: Дагестанское книжное издательство. 2009; 287. ISBN 978-5-297-01564-7 <https://elibrary.ru/qlaiiv>
3. Талаш А.И., Трошин Л.П. Современное фитосанитарное состояние виноградников России. *Научный журнал КубГАУ*. 2012; 80: 324–333. <https://elibrary.ru/pbuvmf>
4. Trapp O., Töpfer R. Adoption of New Winegrape Cultivars to Reduce Pesticide Use in Europe. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2023; 74(2): 0740032. <https://doi.org/10.5344/ajev.2023.23041>
5. Shavadze L., Kevlishvili M., Gagolishvili M., Shildelashvili I. Modern methods of Phylloxera-resistant Rootstock Vine growth and formation. *International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research*. 2022; 8(3): 49–56. <https://doi.org/10.21744/irjeis.v8n3.2086>
6. Топалэ Ш.Г., Даду К.Я. Филлоксеры — проблема мирового виноградарства. Средства и меры борьбы против самого страшного вредителя винограда, предложенные учеными на протяжении XIX–XXI вв. Виноделие и виноградарство. 2007; (5): 44–46. <https://elibrary.ru/ijcljp>

### REFERENCES

1. Kiskin P.Kh. Phylloxera. Chişinău: Ştiinţa. 1977; 210 (in Russian).
2. Adzhiev A.M. Viticulture of Dagestan: (strategy, system and innovative cultivation technologies). Makhachkala: Dagestan Book Publishing House. 2009; 287 (in Russian). ISBN 978-5-297-01564-7 <https://elibrary.ru/qlaiiv>
3. Talash A.I., Troshin L.P. Modern phytosanitary state of Russian vineyards. *Scientific Journal of KubSAU*. 2012; 80: 324–333 (in Russian). <https://elibrary.ru/pbuvmf>
4. Trapp O., Töpfer R. Adoption of New Winegrape Cultivars to Reduce Pesticide Use in Europe. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2023; 74(2): 0740032. <https://doi.org/10.5344/ajev.2023.23041>
5. Shavadze L., Kevlishvili M., Gagolishvili M., Shildelashvili I. Modern methods of Phylloxera-resistant Rootstock Vine growth and formation. *International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research*. 2022; 8(3): 49–56. <https://doi.org/10.21744/irjeis.v8n3.2086>
6. Topale Sh.G., Dadu K.Ya. Phylloxera — problem world viticulture. means and measures of struggle against the most terrible wrecker of grapes, offered by scientists during XIX–XXI centuries. *Vinodeliye i vinogradarstvo*. 2007; (5): 44–46 (in Russian). <https://elibrary.ru/ijcljp>



7. Ларькина М.Д., Никулушкина Г.Е., Щербаков С.В. Филлоксероустойчивые гибридные формы винограда технического направления для совершенствования сортимента. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2014; (5): 10–17. <https://elibrary.ru/qqfplj>
8. Никулушкина Г.Е., Ларькина М.Д. Технические сорта винограда селекции АЗОС, толерантные к филлоксере, — потенциал отечественного виноградарства. *Виноградарство и виноделие*. 2015; 45: 56–58. <https://elibrary.ru/umxpil>
9. Сироткина Н.А., Манацков А.Г., Тарасенко И.А. Толерантные к филлоксере сорта винограда для переработки на вино и крепкие напитки. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023; (3): 173–182. <https://elibrary.ru/ddxreo>
10. Казахмедов Р.Э. Модели повышения устойчивости к филлоксере и качества винограда методом гормональной регуляции. *Агрохимия*. 2021; (8): 27–42. <https://doi.org/10.31857/S0002188121080093>
11. Казахмедов Р.Э., Петров В.С., Агаханов А.Х., Абдуллаева Т.И. Новые научно-методические подходы к закладке корнесобственных насаждений винограда. *Аграрная наука*. 2023; (12): 129–137. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-129-137>
12. Казас И., Горкавенко А., Кирюхин Г., Пойченко В. Виноградная филлоксера: система мероприятий по борьбе с филлоксерой по зонам страны. Симферополь: *Крым*. 1966; 157.

## ОБ АВТОРАХ

**Рамидин Эфендиевич Казахмедов**

доктор биологических наук, заведующий лабораторией биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда, ведущий научный сотрудник, заместитель директора по научной работе  
kre\_05@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0613-4662>

Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», ул. Вавилова, 9, Дербент, Республика Дагестан, 368600, Россия

7. Larkina M.D., Nikulushkina G.E., Shcherbakov S.V. Phylloxera-resistant hybrid forms of technical grapes for improving of the assortment. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2014; (5): 10–17 (in Russian). <https://elibrary.ru/qqfplj>
8. Nikulushkina G.E., Larkina M.D. Phylloxera-tolerant wine grape varieties released by the Anapa Station of the North-Caucasian Institute for Horticulture and Viticulture as the country's grape and wine growing potential. *Viticulture and Winemaking*. 2015; 45: 56–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/umxpil>
9. Sirotkina N.A., Manatskov A.G., Tarasenko I.A. Phylloxera-tolerant grape varieties for processing for wine and strong drinks. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2023; (3): 173–182 (in Russian). <https://elibrary.ru/ddxreo>
10. Kaziahmedov R.E. Models of increasing resistance to the phylloxera and grape quality method of hormonal regulation. *Agricultural Chemistry*. 2021; (8): 27–42 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188121080093>
11. Kazakhmedov R.E., Petrov V.S., Agakhanov A.Kh., Abdullaeva T.I. New scientific and methodological approaches to the laying of root-related plantings of grapes. *Agrarian science*. 2023; (12): 129–137 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-129-137>
12. Kazas I., Gorkavenko A., Kiryukhin G., Poychenko V. Grape phylloxera: A system of measures to combat phylloxera by country zones. Simferopol: *Krym*. 1966; 157 (in Russian).

## ABOUT THE AUTHORS

**Ramidin Efendievich Kazakhmedov**

Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Biotechnology, Physiology and Grape Processing Products, Senior Researcher, Deputy Director for Scientific Work  
kre\_05@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0613-4662>

Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing-branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking",

9 Vavilov Str., Dербent, Republic of Dagestan, 368600, Russia



# САДЫ РОССИИ PRO ЯБЛОКО 2025

## ГЛАВНАЯ ВЫСТАВКА ДЛЯ САДОВОДОВ

### 9-11 ИЮНЯ 2025

7-я международная выставка  
технологий выращивания, хранения  
и сбыта плодово-ягодной продукции



г. Минеральные Воды,  
МВЦ Минводы ЭКСПО  
РЕКЛАМА

УДК 630.181.2:634.21

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-145-149

Е.А. Савинич

Сибирский государственный  
университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
Красноярск, Россия

✉ elenasavinich@gmail.com

Поступила в редакцию: 13.06.2024

Одобрена после рецензирования: 13.01.2025

Принята к публикации: 28.01.2025

© Савинич Е.А. .

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-145-149

Elena A. Savinich

Reshetnev Siberian State University  
of Science and Technology,  
Krasnoyarsk, Russia

✉ dat.tj@mail.ru

Received by the editorial office: 13.06.2024

Accepted in revised: 13.01.2025

Accepted for publication: 28.01.2025

© Savinich E.A.

## Изменчивость плодов и семенного потомства абрикоса сорта Академик и сортообразца Поздний Филиппева на юге Средней Сибири

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследований** — изучение изменчивости абрикоса обыкновенного, произрастающего в Шушенском районе Красноярского края, и семенного потомства, выращиваемого в Ботаническом саду им. В.М. Крутовского.

**Методы.** Провести анализ крупности плодов деревьев абрикоса сорта Академик, сортообразца Поздний Филиппева и их семенного потомства по интенсивности роста и повышенной экологической эффективности, определить уровни изменчивости показателей. Объекты исследований — девятилетние деревья абрикоса обыкновенного и их двухлетнее потомство. У плодов измеряли длину, диаметр, определяли массу. Посев проводили семенами, стратифицированными в течение 90 дней во влажном песке. У сеянцев измеряли высоту, диаметр стволика, размеры листьев; определяли их фотосинтетическую поверхность. Установлено, что средняя масса плодов урожая 2022 года составила 33,8–41,9 г. Большей массой (на 24,0%) отличались плоды сорта Академик. Уровень варьирования длины и диаметра плодов низкий и средний, массы — высокий. В семенном потомстве большей высотой (на 35,0%) отличались сеянцы сортообразца Поздний Филиппева. Уровень варьирования высоты и диаметра стволика — средний и повышенный (13,2–24,0%). Между высотой и диаметром стволика установлена связь ( $r = 0,706–0,775$ ). При оценке размеров листьев установлено, что большая площадь листа отмечена у сеянцев сортообразца Поздний Филиппева (на 14,4% больше, чем у сорта Академик).

**Результаты.** В результате исследований отмечено значительное варьирование массы плодов и размеров двухлетних сеянцев от свободного опыления. Выделены по крупности плодов деревья для дальнейшего размножения, по скорости роста и площади листа — сеянцы, имеющие наибольшую фотосинтетическую поверхность.

**Ключевые слова:** абрикос обыкновенный, *Prunus armeniaca*, сорт, плод, сеянцы, листья, изменчивость

**Для цитирования:** Савинич Е.А. Изменчивость плодов и семенного потомства абрикоса сорта Академик и сортообразца Поздний Филиппева на юге Средней Сибири. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 145–149.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-145-149>

## Variability of fruits and seed progeny cultivars apricot Akademik and Pozdnyy Filipyev in the south of Central Siberia

### ABSTRACT

**The purpose of the research** is to study the variability of the common apricot growing in the Shushensky district of the Krasnoyarsk Territory and the seed progeny grown in the V.M. Krutovsky Botanical Garden.

**Methods.** To analyze the size of the fruits of apricot trees of the Akademik variety, the Late Filipyev variety and their seed progeny in terms of growth intensity and increased environmental efficiency, to determine the levels of variability of indicators. The objects of research are nine-year-old apricot trees and their two-year-old offspring. The length and diameter of the fruits were measured, and the weight was determined. Sowing was carried out with seeds stratified for 90 days in wet sand. In seedlings, the height, diameter of the trunk, and the leaves size were measured; their photosynthetic surface was determined. It was found that the average weight of fruits in the 2022 harvest was 33.8–41.9 g. The fruits of the Academic variety were heavier (by 24.0%). The level of the length and diameter fruits variation is low and medium, and the weight is high. In the seed offspring of the selected mother trees, the seedlings of the Pozdnyy Filipyev variety differed in higher height (by 35.0%). The level of variation in the height and stem diameter is medium and elevated (13.2–24.0%). There is a high dependence between the height and the diameter of the stem ( $r = 0.706–0.775$ ). When estimating the size of the leaves, it was found a large leaf area was in the seedlings of the Pozdnyy Filipyeva variety (14.4% more than in the Academic variety).

**Results.** As a result of the research, there was a significant variation in the weight of fruits and the size of two-year-old seedlings from free pollination. Trees for further reproduction are distinguished by the size of the fruits, seedlings with the largest photosynthetic surface are distinguished by the speed of growth and leaf area.

**Key words:** common apricot, *Prunus armeniaca*, variety, fruit, seedlings, leaves, variability

**For citation:** Savinich E.A. Variability of fruits and seed progeny cultivars apricot Academic and Pozdnyy Filipyev in the South of Central Siberia. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 145–149 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-145-149>

## Введение/Introduction

Абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L.) — древнейшее плодовое растение, распространенное во многих странах мира, имеет высоту 5–8 м. Естественно растет на Кавказе, в Гималаях, на Тянь-Шане. Цветки белые одиночные диаметром 25–30 мм. Плоды сочные, масса у дикорастущих форм от 3 до 18 г, культурных — от 5 до 80 г. Характеризуется быстрым ростом, обладает ценными биохимическими свойствами плодов.

Это светолюбивый и засухоустойчивый вид, способный переносить некоторое засоление почвы [1–4]. Его можно использовать как плодовое и декоративное растение при создании парков и дендрариев. В период цветения и плодоношения абрикос обыкновенный обладает и декоративными свойствами. Как и многие другие древесные растения, способствует формированию микроклимата, очищает и обогащает кислородом атмосферу, снижает температуру воздуха и выполняет санитарно-гигиеническую и многие другие функции [5–6 и др.].

Абрикос обыкновенный был введен в культуру несколько тысяч лет назад. Однако, несмотря на продолжительное время выращивания этого вида, высокую потенциальную урожайность, ценное качество плодов, абрикос занимает всего лишь 3,5% площади садов. Абрикос сложно выращивать даже на юге России, так как за 10 лет он дает всего 2–4 хороших урожая [7]. Отличается ранним цветением и плодоношением. В связи с этим цветение наступает не всегда в благоприятный период из-за весенних заморозков. Большинство сортов могут перенести кратковременное понижение температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$ , а генеративные почки погибают при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$  [8].

Устойчивость растений абрикоса обыкновенного к определенным условиям имеет большое значение для промышленного садоводства, в связи с чем рекомендуют учитывать не только биологические особенности растений абрикоса, но и климатические особенности региона выращивания [9].

Выращивание абрикоса в северных районах началось с посева семян южных сортов. Выведенные новые сорта отличались повышенной зимостойкостью. Садоводы-любители успешно культивируют абрикос в Поволжье, на Южном Урале. В начале прошлого века абрикос в Сибири начали выращивать А.И. Бедро, М.Г. Никифоров, В.М. Крутовский и др. Большую работу по разведению абрикоса обыкновенного начал проводить И.Л. Байкалов в 1964 году в Хакасии путем посева семян разных видов и сортов [10].

В Красноярском крае абрикос обыкновенный в промышленном садоводстве имеет незначительные площади, так как отличается низкой зимостойкостью, нерегулярностью плодоношения из-за повреждений при резких колебаниях температур в зимне-весенний период, но получил широкое распространение в приусадебном садоводстве в условиях юга Средней Сибири [10].

С помощью селекции выведено много сортов абрикоса обыкновенного для Сибири (Академик, Хабаровский, Серафим и др.), которые дают хороший урожай [11].

Академик получен при гибридизации сортов Спутник и Хабаровский (авторы Г.Т. Казьмин и В.А. Марусич). Плоды имеют светло-желтую окраску, массу 32–55 г, приятный кисло-сладкий вкус. Дегустационная оценка плодов — 4 балла. Сорт характеризуется высокой зимостойкостью [10, 12].

Сортообразец Поздний Филиппева был выделен Т.Д. Дускабиловым при посеве семян от свободного опыления. Масса плодов составляет от 60 до 80 г. Достоинством сорта является позднее цветение (примерно на 7–10 дней позже остальных сортов), что позволяет избежать гибели генеративных почек при весенних заморозках [10, 12].

В настоящее время внедрение абрикоса обыкновенного, отличающегося высокой зимостойкостью и урожайностью, позволяет расширить его использование и при выращивании в пригородной зоне Красноярска.

*Цель исследований* — изучение изменчивости абрикоса обыкновенного, произрастающего в Шушенском районе Красноярского края, и семенного потомства, выращиваемого в Ботаническом саду им. В.М. Крутовского.

*Задачи исследования* — провести анализ крупности плодов деревьев абрикоса сорта Академик, сортообразца Поздний Филиппева, сопоставить показатели сеянцев по интенсивности роста и повышенной экологической эффективности, определить уровни изменчивости показателей.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2020–2023 гг. Объекты исследований — плоды 9-летних деревьев абрикоса обыкновенного сорта Академик, сортообразца Поздний Филиппева и их двухлетнее семенное потомство.

Оценку плодов по величине и массе проводили в коллекционном саду-питомнике фермерского хозяйства «Дружба» в Шушенском районе Красноярского края Российской Федерации. С деревьев каждого сорта собирали по 100 плодов (без выбора) [13] и измеряли штангенциркулем (диаметр ШЦ-1-150, INSIZ, Китай) длину, диаметр плодов. Массу определяли весовым методом (весы ВЛТЭ-1100, НПП «ГосМетр», Россия).

Семена из собранных плодов высевали в Ботаническом саду им. В.М. Крутовского, расположенном в пригородной зоне Красноярска, на первой и третьей террасах Енисея. Климат района расположения сада резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха —  $0,2^{\circ}\text{C}$ , количество осадков — 496 мм. Почва дерново-карбонатная.

У сеянцев измеряли высоту, диаметр стволика, определяли линейные размеры листьев по



общепринятым методикам<sup>1</sup>. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием пакета программ MS Excel (США), уровни изменчивости показателей оценивали по шкале С.А. Мамаева [14].

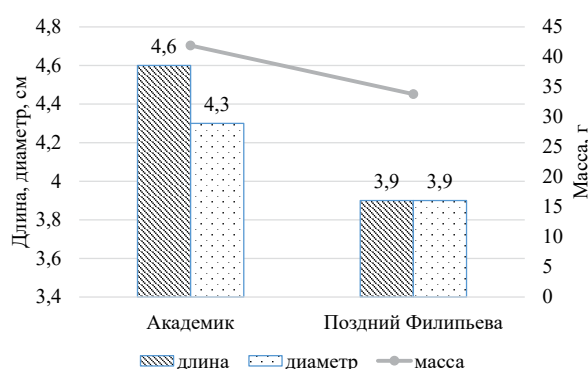
### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Исследования показали, что размеры и масса плодов варьируют в значительных пределах. Длина плодов изменяется от 2,6 до 5,5 см, то есть различие между крайними значениями составляет 1,6–2,0 раза. Наибольшая длина наблюдается у сорта Академик — на 17,9% больше, чем у сортообразца Поздний Филиппева (рис. 1).

Наибольшее среднее значение диаметра плодов было у деревьев сорта Академик. Варьирование диаметра плодов у сорта Академик низкое — от 3,4 до 5,0 см, у сорта Поздний Филиппева среднее — от 2,6 до 5,0 см.

**Рис. 1.** Размеры и масса плодов абрикоса сортов Академик и Поздний Филиппева

**Fig. 1.** Size and weight of fruits apricot fruits Academic and Pozdnyi Filipyeva varieties



**Рис. 2.** Плоды абрикоса сорта Академик. Фото автора

**Fig. 2.** Fruits of the Academician apricot variety. Photo by the author



Масса плодов варьировала от 14,7 до 67,3 г при средних значениях 33,8–41,9 г (рис. 2, 3).

Плоды сорта Академик были на 24,0% больше, чем у сравниваемого сорта, что подтверждается t-критерием ( $t_{\phi} > t_{05}$ ). Уровень изменчивости массы плодов высокий. Судя по характеристике сортов, Поздний Филиппева имеет более крупные плоды, но в условиях Шушенского района большей массой плодов отличается сорт Академик.

Сорт Академик выращивается в Шушенском районе с 2001 года, прошел многолетний отбор на крупность плодов, тогда как сортообразец Поздний Филиппева испытывается в данных условиях позднее.

Двухлетние сеянцы, выращиваемые в Ботаническом саду им. В.М. Крутовского (посев был проведен стратифицированными семенами весной 2022 г.), осенью 2023 г. имели среднюю высоту 35,1–47,4 см (в зависимости от сорта). Большей высотой (на 35,0%) отличались сеянцы сортообразца Поздний Филиппева.

Достоверность различий подтверждается между вариантами. Уровень варьирования высоты средний (табл. 1).

**Таблица 1.** Изменчивость двухлетних сеянцев абрикоса  
**Table 1.** Variability of two-age apricot seedlings

Сорт, сортообразец	M	±m	V, %	$t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$	Уровень изменчивости
<b>Высота, см</b>					
Академик	35,1	0,79	18,2	8,82	средний
Поздний Филиппева	47,4	1,15	17,0	–	средний
<b>Диаметр стволика, мм</b>					
Академик	4,0	0,06	13,2	1,86	средний
Поздний Филиппева	4,3	0,15	24,0	–	повышенный

**Рис. 3.** Плоды абрикоса сортообразца Поздний Филиппева. Фото автора

**Fig. 3.** Fruits of the Pozdnyi Filipyeva apricot variety. Photo by the author



<sup>1</sup> Программа и методика сортоиспытания плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел. 1995; 504.

Достоверность различий между сеянцами сортообразца Поздний Филиппева, имеющими наибольший диаметр стволика в сравнении с сеянцами сорта Академик, не подтверждается ( $t_{\phi} > t_{05}$ ). Между высотой и диаметром стволика установлена тесная ( $r = 0,706-0,775$ ) связь.

По длине листа различие между сравниваемыми вариантами не существенное (табл. 2).

По ширине листа сеянцы в сравниваемых вариантах не имеют достоверного различия ( $t_{\phi} > t_{05}$ ). Длина и ширина листа у сеянцев сорта Академик

имеют средний уровень изменчивости, у сортообразца Поздний Филиппева — повышенный.

Наибольшей площадью листа характеризуются сеянцы материнского дерева Поздний Филиппева — на 14,4% больше, чем у сорта Академик. Уровень варьирования показателя повышенный и высокий.

Отсеlectedированы сеянцы ПФ2-6, ПФ8-5, А-44, А-59, А-64 и др., имеющие высоту на 27,5–50,6% больше средних значений, площадь листьев — на 22,7–120,8%.

## Выводы/Conclusion

В результате проведенных исследований установлен средний и высокий уровень изменчивости плодов и сеянцев сравниваемых вариантов. Отмечено, что масса плодов абрикоса сорта Академик была больше на 24,0%, чем у сортообразца Поздний Филиппева.

Двухлетние сеянцы сортообразца Поздний Филиппева имели большую высоту (на 35%) и площадь листьев (на 14,4%) в сравнении с сеянцами сорта Академик. Учитывая изменчивость показателей, выделены деревья по крупности плодов (более 38 г), а также сеянцы, отличающиеся интенсивностью роста и повышенной фотосинтетической поверхностью (площадь листьев 10,78–14,56 см<sup>2</sup>).

Таблица 2. Изменчивость листьев двухлетних сеянцев абрикоса

Table 2. Leaf variability of two-age apricot seedlings

Сорт, сортообразец	М	±m	V, %	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,00$	Уровень изменчивости
Длина листа, см					
Академик	4,7	0,06	16,6	0,85	средний
Поздний Филиппева	4,8	0,10	24,7	–	повышенный
Ширина листа, см					
Академик	2,5	0,06	18,8	0,86	средний
Поздний Филиппева	2,6	0,10	27,0	–	повышенный
Площадь листа, см <sup>2</sup>					
Академик	7,64	0,32	32,8	2,39	высокий
Поздний Филиппева	8,74	0,33	25,3	–	повышенный

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 № FEFE-2024-0013 Министерства науки и высшего образования РФ.

## FUNDING

The study was carried out within the framework of the state assignment No. FEFE-2024-0013 of the Ministry Science and Higher Education of the Russian Federation.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Горина В.М., Корзин В.В., Корзина Н.В., Лукичева Л.А. История развития селекции абрикоса в Никитском ботаническом саду. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2022; (1): 67–87. <https://elibrary.ru/utttfv>
- Палий И.Н., Губанова Т.Б., Палий А.Е. Физиолого-биохимические параметры сортов абрикоса с различной засухоустойчивостью. *Садоводство и виноградарство*. 2020; (1): 23–28. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-23-28>
- Korzin V. Evaluation study of the interspecific hybrids between *Prunus armeniaca* and *P. brigantina* in Nikita Botanical Garden. *Acta Horticulturae*. 2021; 1308: 61–66. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1308.10>
- Корзин В.В. Анализ развития и современного состояния культуры абрикоса в мире и Российской Федерации. *Садоводство и виноградарство*. 2019; (6): 35–41. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-6-35-41>
- Гордеева Г.Н. Сравнительная характеристика *Pyrus ussuriensis* и *Pyrus rossica* в дендрарии Хакасии. *Вестник КрасГАУ*. 2023; (2): 49–55. <https://elibrary.ru/swngii>
- Савинич Е.А., Железов В.К. Изменчивость показателей плодов разных сортов абрикоса обыкновенного урожая 2022 года. *Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Материалы XVI Международной научной конференции*. Красноярск. 2023; 152–155. <https://elibrary.ru/iuwwws>
- Маслов Ю.М., Моргунова Т.Ю., Гучунова Д.С. История и перспективы выращивания абрикоса в Калмыкии. *Вестник Института комплексных исследований аридных территорий*. 2011; (2): 54–58. <https://elibrary.ru/uxaeq>

## REFERENCES

- Gorina V.M., Korzin V.V., Korzina N.V., Lukicheva L.A. History of apricot breeding development in the Nikitsky Botanical Gardens. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2022; (1): 67–87 (in Russian). <https://elibrary.ru/utttfv>
- Paliy I.N., Gubanov T.B., Paliy A.E. Physiological and biochemical parameters of apricot varieties characterized by various drought resistance. *Horticulture and viticulture*. 2020; (1): 23–28 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-23-28>
- Korzin V. Evaluation study of the interspecific hybrids between *Prunus armeniaca* and *P. brigantina* in Nikita Botanical Garden. *Acta Horticulturae*. 2021; 1308: 61–66. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1308.10>
- Korzin V.V. Analysis of the development and contemporary state of apricot culture in the world and Russian Federation. *Horticulture and viticulture*. 2019; (6): 35–41 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-6-35-41>
- Gordeeva G.N. Comparative characteristics of *Pyrus ussuriensis* and *Pyrus rossica* in the arboretum of Khakassia. *Bulletin of KrasGAU*. 2023; (2): 49–55 (in Russian). <https://elibrary.ru/swngii>
- Savinich E.A., Zhelezov V.K. Variability of fruit indicators of different varieties of apricot in the 2022 harvest. *Gardening, seed growing, introduction of woody plants. Proceedings of the XVI International scientific conference*. Krasnoyarsk. 2023; 152–155 (in Russian). <https://elibrary.ru/iuwwws>
- Maslov Yu.M., Morgunova T.Yu., Guchunova D.S. History and prospects of apricot cultivation in Kalmykia. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy*. 2011; (2): 54–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/uxaeq>

8. Драгавцева И.А., Ахматова З.П., Моренец А.С. Особенности и тенденции вариативности лимитирующих факторов среды для плодовых культур Северного Кавказа в зимне-весенний период с учетом изменения климата (на примере абрикоса). *Садоводство и виноградарство*. 2018; (4): 38–43. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2018-4-38-43>

9. Горина В.М., Корзин В.В. Зимостойкость и морозоустойчивость генеративных органов абрикоса в условиях Крыма. *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 2015; 140: 77–86. <https://elibrary.ru/uxjxvx>

10. Дускабилов Т., Дускабилова Т.И., Пискунов Е.И. Абрикос на юге Средней Сибири. Новосибирск: СО РАСХН. 2004; 78. ISBN 5-9657-0001-6 <https://elibrary.ru/qkwwgt>

11. Дускабилова Т.И., Дускабилов Т.И. Перспективы возделывания косточковых культур на юге Средней Сибири. *Достижения науки и АПК*. 2013; (6): 13–15. <https://elibrary.ru/qipwej>

12. Байкалов И.Л. Некоторые биологические особенности и результаты селекции в Сибири. *Садоводство и виноградарство*. 2001; (4): 23–24.

13. Антонов Н.М., Искуснов Ю.В., Лебедь Н.И. Результаты исследований размерно-массовых показателей плодов яблок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013; (1): 143–149. <https://elibrary.ru/pybneh>

14. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). М.: Наука. 1973; 284.

8. Dragavtseva I.A., Akhmatova Z.P., Morenets A.S. Caucasus in the winter-spring period, taking into account climate change (on the example of apricot). *Horticulture and viticulture*. 2018; (4): 38–43 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2018-4-38-43>

9. Gorina V.M., Korzin V.V. Winter hardiness and frost resistance of generative organs of apricot in the conditions of the Crimea. *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2015; 140: 77–86 (in Russian). <https://elibrary.ru/uxjxvx>

10. Duskabilov T., Duskabilova T.I., Piskunov E.I. Apricot in the south of Central Siberia. Novosibirsk: *Siberian Branch of Russian Academy of the Agricultural Sciences*. 2004; 78 (in Russian). ISBN 5-9657-0001-6 <https://elibrary.ru/qkwwgt>

11. Duskabilova T.I., Duskabilov T.I. Prospects for cultivation of horticultural crops in the south of Middle Siberia. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2013; (6): 13–15 (in Russian). <https://elibrary.ru/qipwej>

12. Baikarov I.L. Some biological features and results of breeding in Siberia. *Horticulture and viticulture*. 2001; (4): 23–24 (in Russian).

13. Antonov N.M., Iskusnov Yu.V., Lebed N.I. Results of studies of size-mass indicators of apple fruits. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2013; (1): 143–149 (in Russian). <https://elibrary.ru/pybneh>

14. Mamaev S.A. Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants (on the Example of the Family *Pinaceae* in the Urals). Moscow: *Nauka*. 1973; 284 (in Russian).

#### ОБ АВТОРАХ

**Елена Александровна Савинич**

аспирант  
[elenasavinich@gmail.com](mailto:elenasavinich@gmail.com)

Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, пр-т им. газеты «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

**Elena Alexandrovna Savinich**

Graduate Student  
[elenasavinich@gmail.com](mailto:elenasavinich@gmail.com)

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31 Avenue named after gazety "Krasnoyarskii rabochii", Krasnoyarsk, 660037, Russia



**агро 25**  
**техно**  
**ЛОГИИ**

**26–28**  
**февраля**

**7-я межрегиональная  
специализированная  
выставка-форум  
сельскохозяйственной  
техники, современных  
технологий, материалов**

**место проведения:**  
**г. Пермь,**  
**ш. Космонавтов, 59**

Организатор  
выставки:



Официальная поддержка:



Правительство  
Пермского  
края



Министерство  
агропромышленного  
комплекса  
Пермского края



Генеральный  
партнёр:

**РОСТСЕЛЬМАШ**

Банк-партнёр:



Сайт  
выставки:

**agrotech.proexpo.ru**



УДК 62-82: 669.013.5

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-150-158

Д.Е. Крамсаков<sup>1</sup>  
В.В. Сургаев<sup>2</sup> ✉  
А.Д. Кольга<sup>2</sup>  
И.Н. Столповских<sup>1</sup>  
В.А. Александров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет Сатпаева, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ vladurgaev@mail.ru

Поступила в редакцию: 01.10.2024  
Одобрена после рецензирования: 24.01.2025  
Принята к публикации: 27.01.2025

© Крамсаков Д.Е., Сургаев В.В., Кольга А.Д., Столповских И.Н., Александров В.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-150-158

Дамир Е. Крамсаков<sup>1</sup>  
Vladislav V. Surgaev<sup>2</sup> ✉  
Anatoly D. Kolga<sup>2</sup>  
Ivan N. Stolpovskikh<sup>1</sup>  
Viktor A. Alexandrov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satpayev University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ vladurgaev@mail.ru

Received by the editorial office: 01.10.2024  
Accepted in revised: 24.01.2025  
Accepted for publication: 27.01.2025

© Kramsakov D.E., Surgaev V.V., Kolga A.D., Stolpovskikh I.N., Alexandrov V.A.

## Архитектура гидроприводов промышленного, сельскохозяйственного и мобильного оборудования с повышенными энергоэффективностью и функциональностью

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В статье рассмотрены вопрос влияния работы гидрораспределителей на эффективность всей системы гидропривода и возможность создания архитектуры гидропривода на основе двухлинейных, двухпозиционных гидрораспределителей (вентилей). Отмечено, что существующая на сегодняшний день архитектура гидропривода, построенная на основе золотниковых многолинейных, многопозиционных распределителей, обладает большими массогабаритными параметрами, а самое главное — не удовлетворяет требованиям энергоэффективности.

Решение проблемы повышения энергоэффективности гидропривода авторы видят в отказе от использования сложных, громоздких, массивных и энергетически неэффективных многолинейных и многопозиционных распределителей и создании архитектуры гидропривода на основе двухлинейных, двухпозиционных гидрораспределителей (вентилей 2/2). Однако для такого перехода необходима разработка новой конструкции гидрораспределителей, удовлетворяющей современным требованиям энергоэффективности.

**Цель исследований** — обоснование возможности создания архитектуры гидроприводов на основе простейших вентилей 2/2.

**Задача.** Снижение энергозатратности и массогабаритных параметров гидрофицированных машин.

**Методы.** Решение поставленных задач проводилось на основе использования метода электрогидравлической аналогии, интегрированного в «Компас-3D» как приложение программного комплекса FlowVision.

**Новизна** заключается в установлении причин высокой энергозатратности используемых в настоящее время гидрораспределителей и возможности повышения энергоэффективности гидросистем за счет более широкого использования простейших гидравлических элементов — вентилей (распределителей 2/2).

**Результаты.** Проведенные исследования подтверждают возможность повышения энергоэффективности гидравлических систем и снижения массогабаритных параметров гидрофицированных машин.

**Ключевые слова:** гидравлический привод, коммутация, вентиль, гидрораспределитель, клапан, электрогидравлические аналогии, гидравлическая схема, система управления

**Для цитирования:** Крамсаков Д.Е., Сургаев В.В., Кольга А.Д., Столповских И.Н., Александров В.А. Архитектура гидроприводов промышленного и мобильного оборудования с повышенными энергоэффективностью и функциональностью. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 150–158.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-150-158>

## The architecture of hydraulic drives for industrial, agricultural and mobile equipment with increased energy efficiency and functionality

### ABSTRACT

**Relevance.** The article discusses the impact of hydraulic valves on the efficiency of the entire hydraulic drive system and the possibility of creating a hydraulic drive architecture based on two-line, two-position hydraulic valves (valves). It is noted that the current hydraulic drive architecture, built on the basis of spool multi—linear, multi-position valves, has large weight and size parameters, and most importantly, does not meet the requirements of energy efficiency. The authors see the solution to the problem of increasing the energy efficiency of a hydraulic drive in avoiding the use of complex, bulky, massive and energy-inefficient multi-line and multi-position valves and creating a hydraulic drive architecture based on two-line, two-position valves (valves 2/2). However, for such a transition, it is necessary to develop a new design of hydraulic valves that meets modern energy efficiency requirements.

**The purpose of the research** is to substantiate the possibility of creating a hydraulic device architecture based on the simplest 2/2 valves.

**A task.** Reduction of energy consumption and mass-dimensional parameters of hydrofected machines.

**Methods.** The tasks were solved using the electrohydraulic analogy method, integrated into “Kompas-3D” as an application of the FlowVision software package.

The novelty lies in establishing the reasons for the high energy consumption of currently used hydraulic valves and the possibility of increasing the energy efficiency of hydraulic systems through the wider use of the simplest hydraulic elements - valves (distributors 2/2).

**Results.** The conducted studies confirm the possibility of increasing the energy efficiency of hydraulic systems and reducing the weight and size parameters of hydraulic machines.

**Key words:** hydraulic drive, switching, valve, hydraulic distributor, valve, electrohydraulic analogies, hydraulic circuit, control system

**For citation:** Kramsakov D.E., Surgaev V.V., Kolga A.D., Stolpovskikh I.N., Alexandrov V.A. Architecture of hydraulic drives of industrial and mobile equipment with increased energy efficiency and functionality. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 150–158 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-150-158>

## Введение/Introduction

В соответствии с определением [1] архитектура — это искусство проектировать и строить объекты, организующие пространственную среду жизнедеятельности человека.

Таким образом, применительно к инженерной деятельности архитектуру системы понимают как принципиальную организацию системы, воплощенную в ее элементах, их взаимоотношениях друг с другом и со средой, а также принципы, направляющие ее проектирование и эволюцию.

Термин «архитектура» применительно к гидроприводу используется в работе В.К. Свешникова [2], где говорится о создании гидроприводов новой архитектуры.

Современное развитие таких основных отраслей народного хозяйства, как промышленность, сельское хозяйство и транспорт, в первую очередь определяет совершенствование компонентной базы в направлении оптимизации параметров [3, 4], удобства эксплуатации [5], встраивание в умные системы.

Благодаря таким технологиям (например, в сельском хозяйстве) намечается переход к роботизированному транспорту, и распространяется такое направление как «точное земледелие». Всё это становится возможным только на базе высокоинтеллектуальных электронных систем управления [6].

Такие новые решения в области гидравлики обеспечивают прогресс и в привычных направлениях техники, и расширяют сферу применения в различных отраслях [7, 8].

Сельскохозяйственная машина (впрочем, как и любая другая) может быть представлена последовательной совокупностью таких трех составляющих элементов, как приводной двигатель, исполнительный механизм и привод. Поэтому эффективность работы всей машины может быть обеспечена только при условии, что каждый из этих элементов работает максимально эффективно [9, 10].

В сельскохозяйственном и промышленном оборудовании, а также в мобильных машинах, как правило, используются две основные приводные технологии — электрическая (если быть более точным — электромеханическая) и гидравлическая. Каждая из этих технологий имеет свои достоинства и недостатки.

Основным элементом систем управления и в электронике, и в электроприводе является контакт (вентиль), или логический элемент, который в определенный момент при выполнении каких-либо условий либо под воздействием внешнего управляющего сигнала (электрического, механического, пневматического и т. п.) соединяет или разъединяет отдельные участки цепи.

Благодаря развитию и совершенствованию этих элементов происходят развитие и совершенствование электропривода и электроники в

целом. В процессе развития массивные и габаритные контакты в контактно-релейном приводе сменил тиристорный привод на основе компактных тиристоров.

Вместе с тем, несмотря на то что между электрическим и гидравлическим приводами имеются существенные различия, они имеют много общего. Например, некоторые понятия и работу электропривода часто поясняют с помощью аналогии с гидроприводом, а гидропривода — с помощью аналогии с электрическими приводами. Такой метод «электрогидравлической аналогии» предложил Д. Максвелл<sup>1, 2</sup>. Сущность данного метода в том, что электрическое напряжение эквивалентно гидравлическому напору, а электрический ток эквивалентен объемному расходу. Поэтому любую гидравлическую схему в соответствии с методом «электрогидравлической аналогии» можно представить в виде электрической цепи, где гидравлические компоненты заменяются на электрические эквиваленты [11–13].

Однако, несмотря на аналогичность работы элементов, эффективность электропривода и гидропривода весьма существенно отличается.

Все основные достоинства гидроприводов сводятся на нет в результате использования сложных, габаритных, массивных и недостаточно надежных элементов систем управления. Именно этим и объясняется тот факт, что в роботизированных транспортно-технологических машинах и механизмах средних (и особенно малых) мощностей, где не требуются большое давление и расходы, объемный гидропривод полностью сдает свои позиции электроприводу. Разработчики антропоморфных робототехнических комплексов полностью отказались от гидропривода и перешли на электропривод. Применение объемного гидропривода в настоящее время ограничивается применением в машинах и оборудовании большой мощности [14].

Более того, если рассматривать с точки зрения энергоэффективности, то общий (полный) КПД гидросистемы обычно находится в пределах 0,65–0,75, в то время как у электропривода величина КПД 80–90%. Для специальных машин современные технологии позволяют увеличивать это значение до 96% [15, 16].

Результаты исследований [17] показали, что при работе гидрофицированных машин наибольшие потери возникают в гидрораспределителях, в процессе дроссельного регулирования скоростей рабочего движения (20%) и в первичных предохранительных клапанах (17,2%). Значительно меньше потери в сливных гидролиниях (7,5%), в исполнительных механизмах и вторичных предохранительных клапанах (4,3%).

Анализ ранее проведенных исследований [15–19] показывает, что модернизация конструкции гидронасосов, гидроцилиндров, гидромоторов и

<sup>1</sup> Гидравлическая аналогия. — URL: <http://ru.abcdef.wiki/wiki>

<sup>2</sup> Метод электрогидравлических аналогий. Википедия. — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод\\_электрогидравлических\\_аналогий](https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_электрогидравлических_аналогий).

гидролиний не дает ощутимого положительного результата по снижению энергетических потерь, хотя и приводит к некоторым полезным усовершенствованиям.

Очевидно, что проблемы повышения КПД гидропривода в настоящее время достаточно актуальны, особенно необходимо отметить повышение эффективности работы гидрораспределителей, поскольку они являются самым слабым звеном во всей цепочке гидропривода.

Некоторые авторы отмечают, что разработка распределительных клапанов отличается сложностью и занимает много времени. Ввиду высоких нелинейностей невозможно спроектировать клапан, исключая влияние перепада давления рабочей среды на расход [20, 21].

Считают, что процесс проектирования клапанов осуществляется методом проб и ошибок на прототипах с учетом концепции дизайна и их экспериментальной проверки для выявления оптимальных характеристик для требуемого клапана. Всё это требует больших затрат — и финансовых, и временных [22].

Кроме того, практика показывает, что увеличение надежности отдельных элементов отстает от роста сложности всей системы. Поэтому большое разнообразие элементов снижает надежность системы и усложняет схемы управления.

*Цели исследований* — установление причин высокой энергозатратности существующих гидрораспределителей и обоснование возможности создания энергоэффективной архитектуры гидроприводов на основе простейших вентилей 2/2.

#### Материалы и методы исследования / Materials and methods

В Уральском государственном аграрном университете (в лаборатории гидравлики кафедры технологии металлов и ремонта машин) совместно с Казахским национальным исследовательским техническим университетом им. К.И. Сатпаева (в лаборатории гидропривода кафедры технологических машин и оборудования) ведутся работы по созданию гидравлических вентилей для коммутации гидравлических линий.

Для анализа архитектуры гидроприводов и поиска путей ее совершенствования авторами был разработан электрогидравлический аналог, а для определения путей совершенствования компонентной базы в направлении оптимизации параметров — метод расчетного моделирования на основе геометрии, созданной в системе трехмерного моделирования «Компас-3D» (ООО «АСКОН-Системы проектирования»), а также визуализация и анализ течения жидкости в проточных каналах устройства посредством программы KompasFlow, которая представляет собой версию программного комплекса FlowVision, интегрированного в

«Компас-3D» как приложение<sup>3</sup> для численного и визуального подтверждения аналитических зависимостей.

Для повышения надежности работы гидравлической распределительной аппаратуры в соответствии с электрогидравлической аналогией необходима конструктивная разработка простых, малогабаритных и надежных вентилей (контактов). В качестве такого вентиля может стать двухлинейный, двухпозиционный распределитель. На базе таких распределителей можно составлять компактные коммутации большого числа гидравлических линий.

В качестве примера в работе [11] рассмотрена замена типовой схемы управления гидроцилиндром при помощи 4/3 золотникового гидрораспределителя (рис. 1а) на схему управления с помощью двухлинейных вентилей (распределителей) (рис. 1б).

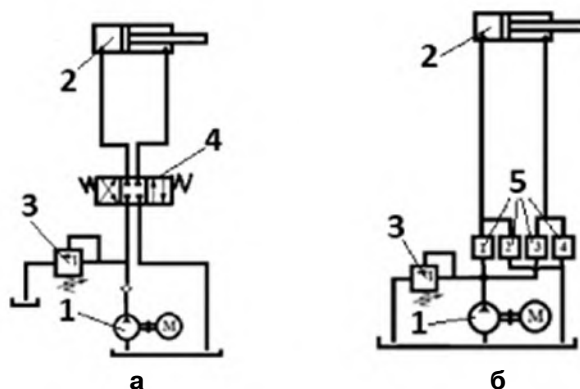
Представленная схема (рис. 1б) значительно проще и надежнее схемы, показанной на рисунке 1а. Вместо достаточно сложного гидрораспределителя (рис. 1а) в ней использованы простейшие элементы — вентили (рис. 1б).

Возможна различная компоновка таких вентилей. Их можно сгруппировать вместе, тогда они будут работать как один распределитель 4/3 с управлением от одного силового элемента управления (электромагнита). Вентили можно располагать отдельно в различных (более удобных) местах схемы (например, непосредственно у гидроцилиндра).

Компания Mannesman Rexroth (Bosch Rexroth, Германия) в качестве альтернативы существующим элементам управления гидроприводами рассматривает двухлинейный встроенный

**Рис. 1.** Схема управления гидроцилиндром: а — при помощи 4/3 золотникового распределителя; б — при помощи двухлинейных вентилей: 1 — насос; 2 — гидроцилиндр; 3 — предохранительный клапан; 4 — распределитель 4/3; 5 — вентили (распределители) 2/2 [11]

**Fig. 1.** Hydraulic cylinder control scheme: a — using a 4/3 spool distributor; b — using two-line valves: 1 — pump; 2 — hydraulic cylinder; 3 — safety valve; 4 — distributor 4/3; 5 — valves (distributors) 2/2



<sup>3</sup> Официальный сайт «Компас-3D». <http://kompas.ru/Web> — документация по KompasFlow (v.20). — URL: <https://flowvision.ru/webhelp/kf-v20-ru/>



клапан [23] (обозначения такого клапана по DIN 24 342 и по DIN ISO 1219 показаны на рис. 2а, 2б).

При соответствующем исполнении схемы управления и соединения такой клапан может взять на себя функции как соединения, так и изменения направления, расхода и давления рабочей жидкости.

Однако, как отмечают в компании, при большой мощности потока для управления такими клапанами потребуются значительные усилия. Поэтому управление представленными клапанами фирмы Mannesman Rexroth реализовано гидравлически с помощью пилотных клапанов.

Типовая схема управления гидроцилиндром (рис. 3), реализуемая с помощью четырехлинейного, трехпозиционного распределителя в соответствии с предложением фирмы Mannesman Rexroth<sup>4</sup>, может быть организована с использованием двухлинейных встроенных клапанов. Схема использования таких клапанов представлена на рисунке 4 (пунктиром показаны линии управления).

В данном случае (как и на рис. 2) схему управления гидроцилиндром с помощью распределителя 4/3 (рис. 3) Mannesman Rexroth заменяют четырьмя распределителями 2/2 (рис. 4).

В.К. Свешникова [2, 24] рассматривает золотниковые гидрораспределители с точки зрения энергоэффективности. При движении рабочего органа (золотника распределителя) неизбежен перепад давлений  $\Delta p_{вх}$  на входной кромке, который определяет расход и скорость движения рабочей жидкости через эту кромку. Максимум отдаваемой мощности в гидрораспределителе достигается при потере 1/3 подводимого давления на дросселирующих рабочих кромках золотника. Установлено [24], что зависимость суммарных потерь давления

$$p = \Delta p_{вх} + \Delta p_{вых}$$

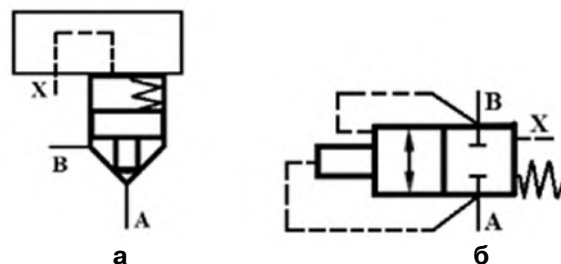
на дросселирующих кромках имеет вид, показанный на рисунке 5.

Идея раздельного открытия (закрытия) и регулирования потока была высказана Giacomo Kolks и Jürgen Weber (Технический университет Дрездена) [25]. Авторы предлагают замену классического четырехлинейного распределителя четырьмя двухлинейными аппаратами (рис. 6), что, несмотря на усложнение конструкции, обеспечит, по их мнению, экономию до 63% энергии и одновременно гибкую индивидуализацию под конкретную задачу потребителя. Такое решение получило название IM-технологии (IM — individual metering).

В работе [25] исследован гидропривод машины для испытаний на усталостную прочность консольно закрепленной балки (рис. 7), которая содержит гидроцилиндр с управлением от пяти двухлинейных гидрораспределителей — 1–5.

**Рис. 2.** Обозначение клапана: а — по DIN 24 342; б — по DIN ISO 1219 [23]

**Fig. 2.** Valve designation: а — according to DIN 24 342; б — according to DIN ISO 1219 [23]



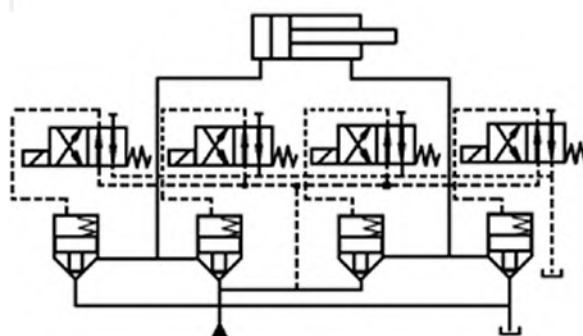
**Рис. 3.** Схема управления цилиндром при помощи 4/3 распределителя [23]

**Fig. 3.** Cylinder control scheme using a 4/3 distributor [23]



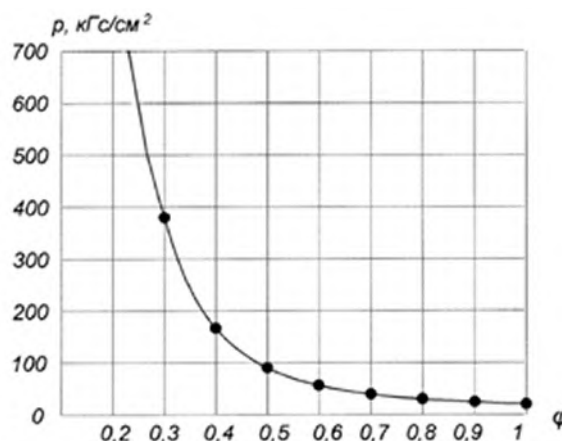
**Рис. 4.** Схема управления цилиндром при помощи двухлинейных клапанов [23]

**Fig. 4.** Cylinder control scheme using 2-line valves [23]



**Рис. 5.** Зависимость суммарных потерь давления  $p$  от коэффициента соотношения площадей штоковой и поршневой камер гидроцилиндра  $\phi$  [24]

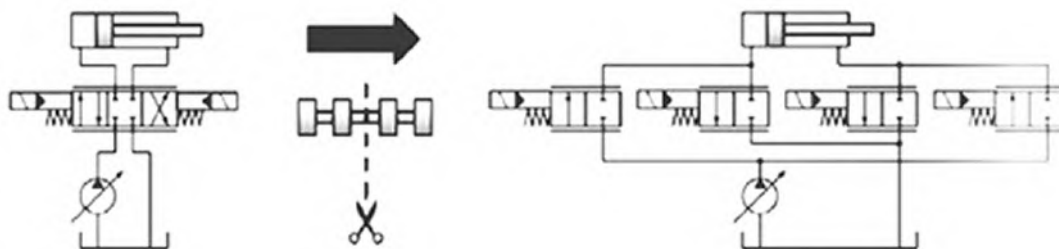
**Fig. 5.** The dependence of the total pressure loss  $p$  on the ratio of the areas of the rod and piston chambers of the hydraulic cylinder  $\phi$



<sup>4</sup> А. Шмидт. Учебный курс по гидравлике. Т. 4. Двухлинейные встроенные клапаны. Mannesman Rexroth ГмбХ. Лор-на-Майне. ФРГ. 1989.

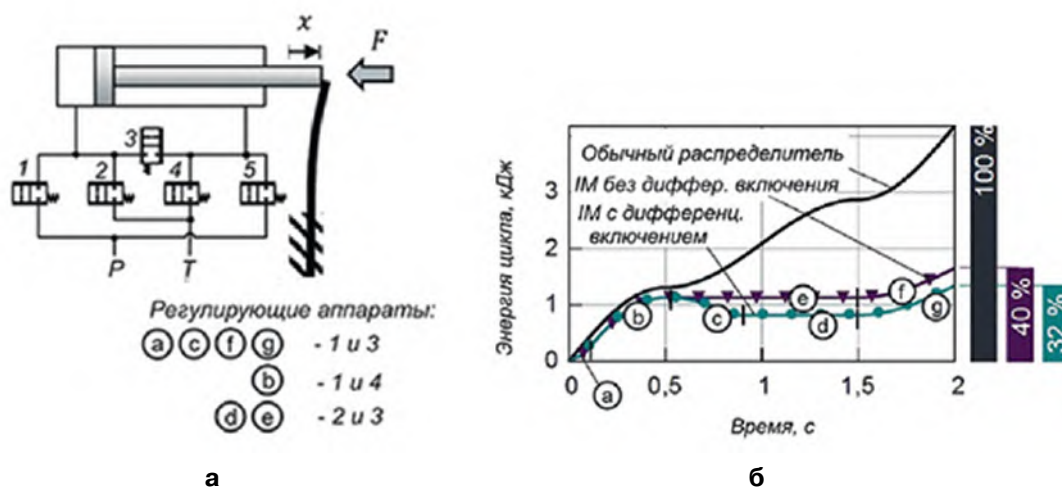
**Рис. 6.** Схема замены классического четырехлинейного распределителя четырьмя двухлинейными аппаратами [24]

**Fig. 6.** The scheme of replacing the classic four-line distributor with four two-line devices [24]



**Рис. 7.** Схема гидропривода машины (а), зависимость энергопотребления (б) [24]

**Fig. 7.** Hydraulic drive scheme of the machine (a), energy consumption dependence (b) [24]



Пары аппаратов 1–2 и 4–5 соединяют камеры цилиндра с напорной Р или сливной Т линией, а аппарат 3 реализует дифференциальное включение. В процессе движения в точках а, с, f и g цикла потоки регулируются аппаратами 1 и 3, в точке b — аппаратами 1 и 4, в точках d и e — аппаратами 2 и 3.

Анализ энергопотребления в цикле показал, что при использовании ИМ-технологии оно снижается на 60% или на 68% с применением дифференциального включения.

Конечно же, глядя на эти примеры, в глаза сразу бросается объем. Действительно, нецелесообразно менять один 4/3 распределитель на четыре, пять — 2/2 распределителя (рис. 1, 6, 7), а при большой мощности требуются еще четыре распределителя для управления первыми распределителями (рис. 4).

Но в этих примерах идет речь не о техническом или экономическом преимуществе, а о понимании места двухлинейных клапанов в общем контуре и об их функциональном назначении, поэтому рассматривалась простая замена существующих 4/3 распределителей на существующие распределители 2/2.

Развитие техники ставит перед гидравликами новые масштабные задачи. Для перехода на ИМ-технологии разработчикам систем управления гидроприводами необходимо переходить на

более простые, надежные и энергоэффективные двухпозиционные гидрораспределители. Просто переход на существующие двухпозиционные распределители проблему не решит, поскольку они не отвечают заявленным требованиям ни по габаритам, ни по массе, ни по энергоэффективности.

Для реализации технических и экономических преимуществ предлагаемого перехода требуется создание новой конструкции распределителя 2/2, работающего на других принципах, отличных от существующих и обеспечивающих небольшие габаритные размеры, массу и высокую энергоэффективность, независимо от передаваемой мощности.

Постоянно развивающиеся программные продукты моделирования в настоящее время позволяют визуализировать процессы движения жидкости в любом элементе гидропривода, в том числе и в гидрораспределителях. С помощью таких программ конструктор может визуально определять конкретные зоны в гидрораспределителе, где происходят какие-либо явления, которые оказывают влияние на те или иные параметры (например, приводят к потере энергии), и принимать конструктивные решения для их устранения или снижения величины этих явлений.

Расчет ведется на основе уравнения движения Навье-Стокса (аппроксимация расчетного пространства конечными объемами — расчетными ячейками. Весь расчетный объем разбивается

на параллелепипеды и многогранные ячейки у граничных условий. Затем производится вычисление потоков физических величин, входящих и исходящих через каждую грань ячеек).

В векторном виде это уравнение записывается следующим образом:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \times \nabla) \vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f},$$

где:  $\nabla$  — оператор набла;  $\Delta$  — векторный оператор Лапласа;  $t$  — время;  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости;  $\rho$  — плотность;  $p$  — давление;  $\vec{v} = (\vec{v}^1 \dots \vec{v}^n)$  — векторное поле скорости;  $\vec{f}$  — векторное поле массовых сил.

Неизвестные  $p$  и  $\vec{v}$  являются функциями времени  $t$  и координаты  $x \in \Omega$  трехмерная область, в которой движется жидкость.

Для несжимаемой жидкости уравнение Навье-Стокса дополняется уравнением несжимаемости:

$$\nabla \times \vec{v} = 0$$

В качестве примера представлено использование программы KompasFlow применительно к гидрораспределителю 2/2, принцип работы которого представлен на рисунке 3 [26].

При положении рычага управления (рис. 3) напорная линия соединена с рабочей линией. При перемещении рычага управления вправо золотник перемещается и разъединяет каналы.

Общий вид визуализационного слоя давления потока, проходящего через гидрораспределитель, в плоскости симметрии с расцветкой имеет вид, показанный на рисунке 9. Расчет проведен для массового расхода 1,42 кг/с (100 л/мин) и давления 1 МПа на выходе гидрораспределителя с диаметром условного прохода (ДУ) 10 мм.

На иллюстрации видны места сужения, расширения и поворотов потока, наличие застойных зон, а также характер изменения давления в потоке от максимального (красный) к минимальному (синий). Преодоление этих участков приводит к потерям энергии и снижению КПД.

Конструкция гидрораспределителя, имеющего минимальные потери энергии (давления), должна исключать крутые повороты потока, застойные зоны и иметь минимальное количество участков сужения и расширения потока. Конструкция существующих золотниковых распределителей этого обеспечить не в состоянии.

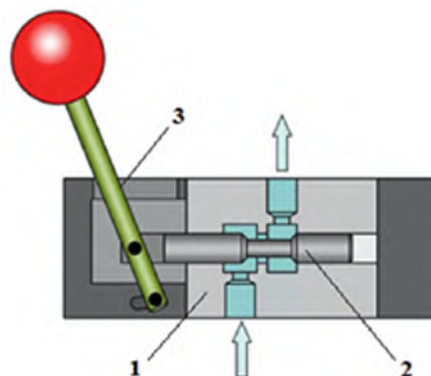
Очевидно, что конструкция гидрораспределителя, исключающая вышеприведенные недостатки, должна иметь новый принцип работы, отличающийся от существующего.

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

В качестве одного из вариантов гидравлических вентилей для коммутации гидравлических линий по методу электрогидравлической аналогии рассматривается конструкция вентиля, разрабатываемая авторами (рис. 10).

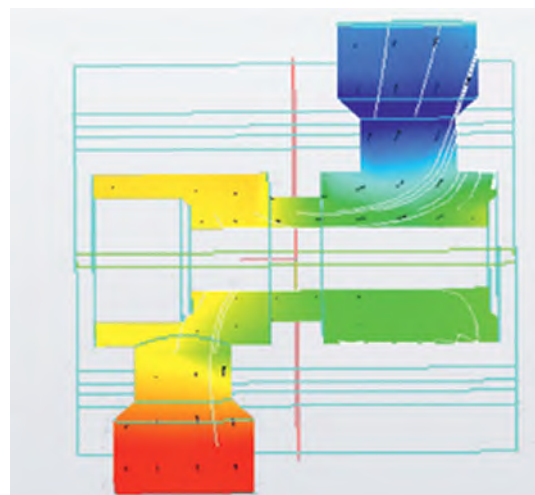
**Рис. 8.** Принцип работы двухпозиционного, двухлинейного гидрораспределителя: 1 — корпус; 2 — золотник; 3 — рычаг управления [26]

**Fig. 8.** The principle of operation of a two-position, two-line hydraulic distributor: 1 — housing; 2 — spool; 3 — control lever [26]



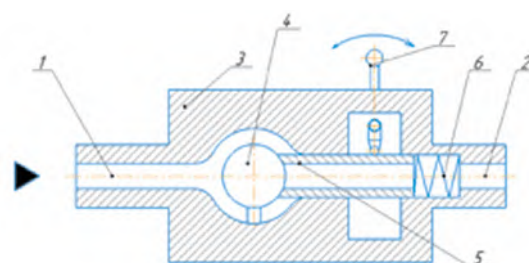
**Рис. 9.** Движение потока с линиями тока и векторами через гидрораспределитель в плоскости симметрии — визуализационный слой давления

**Fig. 9.** Flow movement with current lines and vectors through a hydraulic distributor in the plane of symmetry — visualization layer of pressure



**Рис. 10.** Принцип работы вентиля: 1 — входная линия; 2 — выходная линия; 3 — корпус; 4 — запорный элемент; 5 — золотник; 6 — пружина; 7 — механизм управления

**Fig. 10.** The principle of operation of the valve: 1 — input line; 2 — output line; 3 — housing; 4 — shut-off element; 5 — spool; 6 — spring; 7 — control mechanism



Подвижный золотник в исходном положении пружиной прижат к запорному элементу и разъединяет входной и выходной каналы. Под действием механизма управления золотник отводится от запорного элемента, смещаясь в осевом направлении, сжимает пружину и соединяет входной и выходной каналы между собой.



Поскольку пустотелый золотник находится в гидравлически уравновешенном состоянии (независимо от мощности потока), усилие управления золотником невелико, поэтому механизм управления может быть ручным, электромагнитным, электромеханическим и т. п.

Запорный элемент имеет обтекаемую форму с минимальным коэффициентом лобового сопротивления движению потока. Отсутствие поворотов и наличие одной кромки с перепадом давления обеспечивают такому распределителю минимальные потери энергии и высокий КПД.

Общий вид визуализационного слоя давления, проходящего через ventиль, потока в плоскости симметрии с раскраской представлен на рисунке 11.

Расчет в программе KompasFlow был проведен с такими же данными, что и у предыдущего золотникового гидрораспределителя (рис. 8).

Необходимо отметить тот факт, что в варианте конструкции ventиля рассматривается запорный элемент, выполненный в форме сферы. Но форма сферы не является идеальной, существуют формы, имеющие меньший, чем у сферы, коэффициент сопротивления.

Изменяя расход, в программе KompasFlow для распределителей 8 и 10 были найдены потери давления и построены графические зависимости потерь давления в зависимости от расхода (рис. 12а, 12б).

Полученная расчетным путем графическая зависимость золотникового распределителя (рис. 12а) практически совпадает с экспериментальными зависимостями, представленными в каталоге компании Ponar Wadowice для золотниковых распределителей типа WE10<sup>5</sup>.

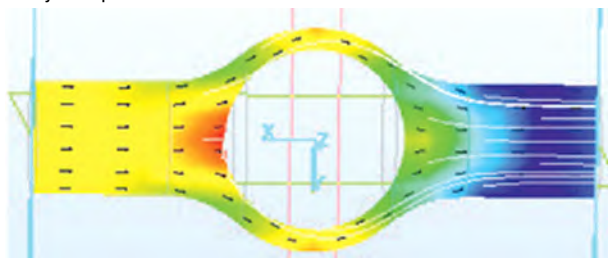
Графическая зависимость (рис. 12б) распределителя предлагаемой конструкции выгодно отличается от предшествующей. При равных условиях (расходе, давлении и проходном сечении) потери давления на данном ventиле ниже, чем в рассмотренном выше золотниковом распределителе, более чем в два раза.

Необходимо отметить, что в настоящих условиях невозможно обеспечить высокую надежность и энергоэффективность систем гидропривода при использовании существующих элементов управления, характеризующихся большими массогабаритными параметрами, сложностью, малой надежностью и, главное, низкой энергоэффективностью.

Модернизация гидравлических насосов, цилиндров, моторов и линий не в состоянии дать существенного положительного результата для снижения энергетических потерь. Такая модернизация может привести только к некоторым полезным усовершенствованиям, поскольку наибольшие потери возникают именно в элементах управления — распределителях и первичных предохранительных клапанах.

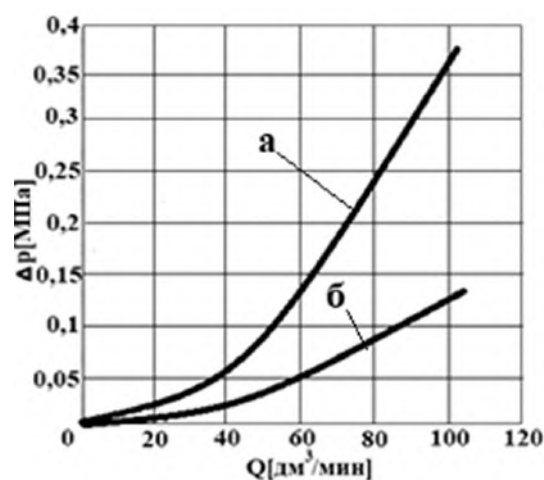
**Рис. 11.** Движение потока с линиями тока и векторами через ventиль в плоскости симметрии — визуализационный слой давления

**Fig. 11.** The flow movement with current lines and vectors through the valve in the plane of symmetry is a visualization layer of pressure



**Рис. 12.** Расчетные зависимости потерь давления  $\Delta p$  в золотниковом распределителе (а) и ventиле предлагаемой конструкции (б)

**Fig. 12.** The calculated dependences of the pressure losses of the  $\Delta p$  in the spool distributor (a) and the valve of the proposed design (b)



## Выводы/Conclusions

Для повышения энергоэффективности архитектуру гидропривода целесообразно создавать на основе простейших ventилей 2/2, обеспечивающих минимальные потери энергии при прохождении потока. Используемые в настоящее время ventили для таких целей не годятся, поскольку они обладают большим сопротивлением.

Для этих целей необходима разработка новых конструкций ventилей, которые обеспечат потоку жидкости, проходящему через ventиль, более благоприятные условия движения с плавным обтеканием поворотных участков, исключением участков возникновения застойных зон и минимальным количеством зон расширения и сужения потока.

Аналитические расчеты, выполненные в программе KompasFlow, разрабатываемой авторами конструкции ventиля, подтверждают возможность создания конструкции ventиля, который обеспечит значительное (более чем в два раза) снижение потерь давления (в сравнении с существующими золотниковыми, двухпозиционными, двухлинейными распределителями).

<sup>5</sup> Распределитель золотниковый с электрическим управлением типа WE10. — URL: WK499495\_WE10s12 rus.dft (hydropart.ru)

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. Ткачев В.Н. Архитектура всего. Монография. М.: МИСИ — МГСУ. 2021; 260.  
ISBN 978-5-7264-2820-8  
<https://elibrary.ru/gzudld>
2. Свешников В.К. Индивидуализация — новое слово в гидравлике. *РИТМ машиностроения*. 2017; (2): 38–43.
3. Прохасько Л.С. Расчет кавитационного устройства для очистки промышленных вод. *Аграрная наука*. 2023; (11): 117–121.  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-117-121>
4. Prokhasko L. et al. Development of a mathematical model of the movement of uncompressed plunger with consideration of the non-isothermal fluid flow in the ring gap. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020; 29(S6): 2668–2676.  
<https://elibrary.ru/ragzgj>
5. Аксаян Г.С. и др. Концепция автоматизированной системы биологической защиты агропромышленных предприятий на базе новых плазменно-оптических технологий. *Аграрная наука*. 2022; (7–8): 193–198.  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-193-198>
6. Шалумов А.С., Шалумов М.А. Опыт применения автоматизированной системы АСОНИКА в промышленности Российской Федерации. Монография. Владимир: Владимирский филиал РАНХиГС. 2017; 422.  
ISBN 978-5-906773-57-9  
<https://elibrary.ru/zrsgghv>
7. Бельчик Л.Д., Жилевич М.И., Ананчиков А.А., Козловский В.А., Шабунко В.А. Анализ эффективности применения цифровой гидравлики. *Автомобильное строительство и автомобильный транспорт. Сборник научных. Минск: Белорусский национальный технический университет*. 2023; 1: 268–271.  
<https://elibrary.ru/ngldgu>
8. Узунов В.О., Денежко Л.В. Анализ программных комплексов машиностроительной гидравлики в России. *Технические и технологические решения для АПК. Сборник статей Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022; 83–87.  
<https://elibrary.ru/hupfhc>
9. Ереско А.С. Совершенствование гидропривода грузоподъемных механизмов подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Красноярск. 2004; 189.  
<https://elibrary.ru/nmsvbj>
10. Буриев Б.А., Акулов Д.В. Гидроприводы: обзор современного состояния и технического приложения в машинах и аппаратах. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики*. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева. 2022; 1: 258–260.  
<https://elibrary.ru/dzoxce>
11. Аканова Г.К., Гальчак И.П., Кольга А.Д., Столповских И.Н., Александров В.А. Коммутация гидравлических линий по методу электрогидравлической аналогии. *Транспортное машиностроение*. 2022; (3): 31–41.  
<https://doi.org/10.30987/2782-5957-2022-3-31-41>
12. Лемешко М.А., Волков Р.Ю. Использование метода электрогидравлической аналогии для моделирования работы адаптивной буровой машины. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2014; (3): 62–65.  
<https://elibrary.ru/swncbd>
13. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Выскубов Е.В., Чабров С.Е. Принципиальные гидравлические схемы агрегированных инерционных устройств очистки жидкости на основе спирали Архимеда. *XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос*. Краснодар: Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. Героя Советского Союза А.К. Серова Министерства обороны Российской Федерации. 2024; 174–180.  
<https://elibrary.ru/ahdovu>
14. Круглов В.Ю. От экспансии электропривода к «симбиозу» электро- и объемного гидропривода. *Вооружение. Технология. Безопасность. Управление. Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции*. Ковров: Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева. 2018; 281–288.  
<https://elibrary.ru/uzijis>

## REFERENCES

1. Tkachev V.N. Architecture of everything. Monograph Moscow: Moscow State University of Civil Engineering. 2021; 260 (in Russian).  
ISBN 978-5-7264-2820-8  
<https://elibrary.ru/gzudld>
2. Sveshnikov V.K. Individualization — a new word in hydraulics. *RHYTHM of machinery*. 2017; (2): 38–43 (in Russian).
3. Prokhasko L.S. Calculation of a cavitation device for industrial water treatment. *Agrarian science*. 2023; (11): 117–121 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-117-121>
4. Prokhasko L. et al. Development of a mathematical model of the movement of uncompressed plunger with consideration of the non-isothermal fluid flow in the ring gap. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020; 29(S6): 2668–2676.  
<https://elibrary.ru/ragzgj>
5. Axanyan G.S. et al. The concept of an automated biological protection system for agro-industrial enterprises based on new plasma-optical technologies. *Agrarian science*. 2022; (7–8): 193–198 (in Russian).  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-193-198>
6. Shalumov A.S., Shalumov M.A. Experience of using an automated system ASONIKA in the industry of the Russian Federation. Monograph. Vladimir: Vladimir branch of RANEPA. 2017; 422 (in Russian).  
ISBN: 978-5-906773-57-9  
<https://elibrary.ru/zrsgghv>
7. Belchik L.D., Zhylevich M.I., Ananchikov A.A., Kozlovsky V.A., Shabunko V.A. Analysis of the efficiency of digital hydraulics. *Automotive and tractor manufacturing and automobile transport. Collection of scientific papers*. Minsk: Belarusian National Technical University. 2023; 1: 268–271 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/ngldgu>
8. Uzunov V.O., Denezhko L.V. Analysis of software complexes of machine-building hydraulics in Russia. *Technical and technological solutions for the agro-industrial complex. Collection of articles of the International scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2022; 83–87 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/hupfhc>
9. Yeresko A.S. Improvement of hydraulic drive of lifting mechanisms of lifting and transport and road construction machines. PhD (Engineering) Thesis. Krasnoyarsk. 2004; 189 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/nmsvbj>
10. Buriev B.A., Akulov D.V. Hydraulic drives: an overview of the current state and technical application in machines and apparatus. *Actual problems of aviation and cosmonautics. Collection of materials of the VIII International scientific and practical conference dedicated to Cosmonautics Day*. Krasnoyarsk: Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. 2022; 1: 258–260 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/dzoxce>
11. Akanova G.K., Galchak I.P., Kolga A.D., Stolpovskikh I.N., Alexandrov V.A. Switching of hydraulic lines by the method of electrohydraulic analogy. *Transport engineering*. 2022; (3): 31–41 (in Russian).  
<https://doi.org/10.30987/2782-5957-2022-3-31-41>
12. Lemesko M.A., Volkov R.Yu. The use of the method electrohydraulically analogy for simulation of adaptive drilling machines. *Technico-tehnologicheskie problemy servisa*. 2014; (3): 62–65 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/swncbd>
13. Terekhov V.V., Savitsky Yu.A., Vyskubov E.V., Chabrov S.E. Basic hydraulic diagrams of aggregated inertial liquid purification devices based on the spirals of Archimedes. *XIV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the 63<sup>rd</sup> anniversary of Yu.A. Gagarin's flight into space*. Krasnodar: Krasnodar Higher Military Aviation School of Pilots named after Hero of the Soviet Union A.K. Serov, Ministry of Defense of the Russian Federation. 2024; 174–180 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/ahdovu>
14. Kruglov V.Yu. From the expansion of the electric drive to the «symbiosis» of the electric and volumetric hydraulic drive. *Armament. Technology. Safety. Management. Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference*. Kovrov: Kovrov State Technological Academy named after V.A. Degtyarev. 2018; 281–288 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/uzijis>

15. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А. Построение характеристик гидравлической системы с центробежными насосами. *Научное обозрение. Технические науки*. 2021; (3): 27–31. <https://elibrary.ru/gojtns>
16. Щагин А.В., Нгуен Т.З., Чжо С.В. Сравнительный анализ электроприводов производственных станков. *Известия высших учебных заведений. Электроника*. 2022; 27(2): 193–204. <https://elibrary.ru/bzzgav>
17. Якушев А.Е. Исследование энергетических параметров одноковшовых гидравлических экскаваторов. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук*. Москва. 2004; 179. <https://elibrary.ru/nmtwzx>
18. Побегайло П.А. Одноковшовые гидравлические экскаваторы: локальные показатели качества рабочего оборудования при проектировании на этапе анализа нагруженности. *Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XIX Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады*. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет. 2021; 263–267. <https://elibrary.ru/ceahao>
19. Бекбоев А.Р., Жылкычиев М.К. Математическое моделирование преобразователя скорости перемещения штока гидроцилиндра с цилиндрическим мембранным запорно-регулирующим элементом. *Универсум: технические науки*. 2016; (5): 2. <https://elibrary.ru/vzjnav>
20. Zardin B., Borghi M., Cillo G., Rinaldini C.A., Mattarelli E. Design Of Two-Stage On/Off Cartridge Valves For Mobile Applications. *Energy Procedia*. 2017; 126: 1123–1130. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.275>
21. Frosina E., Marinaro G., Senatore A., Pavanetto M. Numerical and experimental investigation for the design of a directional spool valve. *Energy Procedia*. 2018; 148: 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.078>
22. Casoli P., Scolari F., Minav T., Rundo M. Comparative Energy Analysis of a Load Sensing System and a Zonal Hydraulics for a 9-Tonne Excavator. *Actuators*. 2020; 9(2): 39. <https://doi.org/10.3390/act9020039>
23. Галиахметов Р.Т., Кольга А.Д., Александров В.А., Салихова М.Н., Гальчак И.П. Использование вентилей (клапанов 2/2) в системах управления гидроприводами машин. *Известия Международной академии аграрного образования*. 2023; 69: 27–34. <https://elibrary.ru/wditbm>
24. Свешников В.К. Повышение энергоэффективности приводов с дросселирующими гидрораспределителями. *Гидравлика. Пневматика. Приводы*. 2016; (1): 17–19.
25. Kolks G., Weber J. Modiciency — Efficient industrial hydraulic drives through independent metering using optimal operating modes. *10<sup>th</sup> International Fluid Power Conference (10. IFK)*. Dresden. 2016; 1: 105–120.
26. Merkle D., Schrader B., Thomes B. *Hydraulik. Grundstufe*. 2. Aufl. Berlin; Heidelberg: Springer. 2004; IV, 233. ISBN 978-3-540-35008-8 <https://doi.org/10.1007/3-540-35008-X>
51. Ilichev V.Yu., Yurik E.A. Creation of characteristics of hydraulic system with centrifugal pumps. *Scientific Review. Technical science*. 2021; (3): 27–31 (in Russian). <https://elibrary.ru/gojtns>
56. Shchagin A.V., Nguyen T.Z., Zhuo S.V. Comparative analysis of electric drives of processing equipment. *Proceedings of Universities. Electronics*. 2022; 27(2): 193–204 (in Russian). <https://elibrary.ru/bzzgav>
57. Yakushev A.E. Investigation of the energy parameters of single-bucket hydraulic excavators. PhD (Engineering) Thesis. Moscow. 2004; 179 (in Russian). <https://elibrary.ru/nmtwzx>
58. Pobegailo P.A. Hydraulic excavators: local indicators of quality of orking equipment during the design stage analysis of loading. *Technological equipment for the mining and oil and gas industries. Collection of works of the XIX International scientific and technical conference held within the framework of the Ural Mining Decade*. Yekaterinburg: Ural State Mining University. 2021; 263–267 (in Russian). <https://elibrary.ru/ceahao>
59. Bekboev A.R., Zhylkychiev M.K. Mathematical modeling of moving hydraulic-cylinder rod reductor with the cylindrical membrane shut-off-and-regulating element. *Universum: tekhnicheskiye nauki*. 2016; (5): 2 (in Russian). <https://elibrary.ru/vzjnav>
60. Zardin B., Borghi M., Cillo G., Rinaldini C.A., Mattarelli E. Design Of Two-Stage On/Off Cartridge Valves For Mobile Applications. *Energy Procedia*. 2017; 126: 1123–1130. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.275>
61. Frosina E., Marinaro G., Senatore A., Pavanetto M. Numerical and experimental investigation for the design of a directional spool valve. *Energy Procedia*. 2018; 148: 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.078>
62. Casoli P., Scolari F., Minav T., Rundo M. Comparative Energy Analysis of a Load Sensing System and a Zonal Hydraulics for a 9-Tonne Excavator. *Actuators*. 2020; 9(2): 39. <https://doi.org/10.3390/act9020039>
63. Galiakhmetov R.T., Kolga A.D., Alexandrov V.A., Salikhova M.N., Galchak I.P. Use of valves (valves 2/2) in machinery hydraulic drive control systems. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2023; 69: 27–34 (in Russian). <https://elibrary.ru/wditbm>
64. Sveshnikov V.K. Increasing the energy efficiency of drives with throttling hydraulic distributors. *HPD*. 2016; (1): 17–19 (in Russian).
65. Kolks G., Weber J. Modiciency — Efficient industrial hydraulic drives through independent metering using optimal operating modes. *10<sup>th</sup> International Fluid Power Conference (10. IFK)*. Dresden. 2016; 1: 105–120.
66. Merkle D., Schrader B., Thomes B. *Hydraulik. Grundstufe*. 2nd ed. Berlin; Heidelberg: Springer. 2004; IV, 233 (in German). ISBN 978-3-540-35008-8 <https://doi.org/10.1007/3-540-35008-X>

## ОБ АВТОРАХ

### Дамир Едыгеулы Крамсаков<sup>1</sup>

докторант PhD кафедры технологических машин и транспорта  
kramsakov.d@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4504-3392>

### Владислав Владимирович Сургаев<sup>2</sup>

аспирант кафедры технологии металлов и ремонта машин  
vladsurgaev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6861-295X>

### Анатолий Дмитриевич Кольга<sup>2</sup>

доктор технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин  
kad-55@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3194-2274>

### Иван Никитович Столповских<sup>1</sup>

доктор технических наук, профессор кафедры технологических машин и транспорта  
stolpovskih\_i@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2893-5070>

### Виктор Алексеевич Александров<sup>2</sup>

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин  
alexandrov\_vikt@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6637-7917>

<sup>1</sup>Университет Сатпаева, ул. им. Сатпаева, 22А, Алматы, 050013, Казахстан

<sup>2</sup>Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

### Damir Edygeuly Kramsakov<sup>1</sup>

PhD student of the Department of Technological Machines and Transport  
kramsakov.d@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4504-3392>

### Vladislav Vladimirovich Surgaev<sup>2</sup>

Postgraduate Student of the Department of Metal Technology and Machine Repair  
vladsurgaev@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6861-295X>

### Anatoly Dmitrievich Kolga<sup>2</sup>

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair  
kad-55@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3194-2274>

### Ivan Nikitovich Stolpovskikh<sup>1</sup>

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Machines and Transport  
stolpovskih\_i@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2893-5070>

### Viktor Alekseevich Alexandrov<sup>2</sup>

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair  
alexandrov\_vikt@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-6637-7917>

<sup>1</sup>Satpayev University, 22A Satpayev Str. Almaty city, 050013, Kazakhstan

<sup>2</sup>Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia



УДК 619.614.31

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-159-167

Ю.О. Лящук<sup>1</sup> ✉А.С. Лизунова<sup>2</sup>Е.А. Мурашова<sup>3</sup>А.В. Санкин<sup>1</sup>Г.Н. Самарин<sup>1</sup><sup>1</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия<sup>2</sup>Рязанский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова, Рязань, Россия<sup>3</sup>Федеральный научный центр пчеловодства, Рыбное, Россия

✉ ularzn@mail.ru

Поступила в редакцию: 15.10.2024

Одобрена после рецензирования: 24.01.2025

Принята к публикации: 27.01.2025

© Лящук Ю.О., Лизунова А.С., Мурашова Е.А., Санкин А.В., Самарин Г.Н.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-159-167

Yulia O. Lyashchuk<sup>1</sup> ✉Alla S. Lizunova<sup>2</sup>Elena A. Murashova<sup>3</sup>Anton V. Sankin<sup>1</sup>Gennady N. Samarin<sup>1</sup><sup>1</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia<sup>2</sup>Ryazan State Medical University named after I.P. Pavlova, Ryazan, Russia<sup>3</sup>Federal Scientific Center for Beekeeping, Rybnoe, Russia

✉ ularzn@mail.ru

Received by the editorial office: 15.10.2024

Accepted in revised: 24.01.2025

Accepted for publication: 27.01.2025

©Lyashchuk Yu.O., Lizunova A.S., Murashova E.A., Sankin A.V., Samarin G.N.

## Оценка бактерицидных и органолептических свойств монофлорных медов из разных регионов России

### РЕЗЮМЕ

В работе рассмотрены бактерицидные свойства монофлорных медов различного ботанического и географического происхождения, проведена стандартная и рейтинговая квалиметрическая оценка их органолептических свойств и сделаны выводы о перспективах применения различных сортов монофлорных медов при создании биологически активных препаратов и кормовых добавок с антибактериальными свойствами. В качестве объекта исследования были выбраны монофлорные меда, поскольку они производятся медоносными пчелами из нектара преимущественно одного вида растений и обладают гораздо большей стабильностью химического состава, нежели полифлорные. Монофлорный мед разных лет сбора, полученный в схожих условиях (одна и та же порода пчел, однотипные способы получения и переработки, максимально приближенные друг к другу условия хранения), имеет довольно стабильные органолептические характеристики, химический состав и биомедицинские свойства. Наличие бактерицидной активности относительно стандартных тест-штаммов (*Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*), а также органолептические характеристики вкуса, аромата и консистенции высокого уровня открывают довольно широкие перспективы применения монофлорных медов при создании биологически активных препаратов и кормовых добавок функционального назначения. Постоянство перечня компонентов химического состава монофлорных медов дает возможность проводить стандартизацию разрабатываемой продукции, что играет важную роль для дальнейших исследований в данной области и организации производства новых биологически активных препаратов и кормовых добавок функционального назначения.

**Ключевые слова:** органолептические показатели качества, продукты пчеловодства, монофлорный мед, квалиметрическая оценка

**Для цитирования:** Лящук Ю.О., Лизунова А.С., Мурашова Е.А., Санкин А.В., Самарин Г.Н. Оценка бактерицидных и органолептических свойств монофлорных медов из разных регионов России. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 159–167. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-159-167>

## Evaluation of bactericidal and organoleptic properties of monofloral honeys from different regions of Russia

### ABSTRACT

The paper examines the bactericidal properties of monofloral honeys of various botanical and geographical origins, conducts standard and rating qualimetric assessments of their organoleptic properties, and draws conclusions about the prospects for using various varieties of monofloral honeys in creating biologically active preparations and feed additives with antibacterial properties. Monofloral honeys were chosen as the object of the study, since they are produced by honey bees from the nectar of mainly one plant species and have a much greater stability of chemical composition than polyfloral honeys. Monofloral honeys of different years of collection, obtained under similar conditions (the same breed of bees, the same methods of production and processing, storage conditions as close to each other as possible), have fairly stable organoleptic characteristics, chemical composition, and biomedical properties. The presence of bactericidal activity relative to standard test strains (*Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*), as well as organoleptic characteristics of taste, aroma and consistency of a high level, open up quite broad prospects for the use of monofloral honeys in the creation of biologically active preparations and functional feed additives. The constancy of the list of components of the chemical composition of monofloral honeys makes it possible to standardize the products being developed, which plays an important role for further research in this area and the organization of production of new biologically active preparations and functional feed additives.

**Key words:** organoleptic quality indicators, bee products, monofloral honey, qualimetric assessment

**For citation:** Lyashchuk Yu.O., Lizunova A.S., Murashova E.A., Sankin A.V., Samarin G.N. Evaluation of bactericidal and organoleptic properties of monofloral honeys from different regions of Russia. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 159–167 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-159-167>

## Введение/Introduction

Актуальность применения меда в качестве компонента биологически активных препаратов и кормовых добавок функционального назначения обусловлена его богатым химическим составом.

По оценкам экспертов, мед может включать в себя от 200 до 300 биологически активных компонентов, при этом более 100 из них — «медовые маркеры», то есть вещества, стабильно входящие в состав всех видов меда [1].

На стабильность и разнообразие химического состава, как и на активность медовых компонентов, влияет множество факторов, к которым относятся ботаническое и географическое происхождение продукта [2], индивидуальные особенности и породную принадлежность пчел-сборщиц [3], методы обработки и условия хранения меда [4, 5], климатические особенности, присущие каждому году сбора [5–7] и другие параметры, часть из которых являются случайными величинами, не поддающимися строгому контролю и учету [8].

В совокупности описанные факторы оказывают довольно существенное влияние как на биологический потенциал, так и на органолептические и бактерицидные свойства меда [3].

Вопросы, связанные с изучением антибактериальных свойств продуктов пчеловодства, рассматривались в работах не только российских, но и зарубежных ученых, таких как Н. Abuelgasim, С. Albury, J. Lee [6], К. Brudzynski, С. Sjaarda [7, 9, 10], А. Freitas, А. Cunha, R. Oliveira, С. Almeida-Aguiar [11].

В качестве объекта исследования были выбраны монофлорные меда, поскольку они производятся медоносными пчелами из нектара преимущественно одного вида растений и обладают гораздо большей стабильностью химического состава, нежели полифлорные<sup>1</sup>.

Монофлорный мед разных лет сбора, полученный в схожих условиях (одна и та же порода пчел, однотипные способы получения и переработки, максимально приближенные друг к другу условия хранения), имеет довольно стабильные органолептические характеристики, химический состав и биомедицинские свойства [12].

Постоянство перечня компонентов химического состава монофлорных медов дает возможность проводить стандартизацию разрабатываемой продукции, что играет важную роль для дальнейших исследований в данной области и организации производства новых биологически активных препаратов и кормовых добавок функционального назначения [13].

Таким образом, монофлорные меда могут иметь довольно широкие перспективы применения в агропромышленном производстве.

*Цель исследования* — оценка органолептических свойств и бактерицидной активности отобранных образцов монофлорного меда в отношении стандартных тест-штаммов бактериальных культур.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Микробиологические исследования были проведены на базе ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации<sup>2</sup>.

Органолептическая и физико-химическая оценка качества отобранных образцов монофлорного меда осуществлялась группой специалистов ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства»<sup>3</sup> на соответствие требованиям ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия<sup>4</sup>.

Период проведения исследований — 2023 г.

Объект исследования — образцы монофлорного меда 2023 года сбора из разных регионов Российской Федерации.

Предмет исследования — органолептические показатели и бактерицидное воздействие биоактивных компонентов монофлорных сортов меда на стандартные тест-штаммы бактериальных культур.

Для проведения исследований были отобраны образцы монофлорных медов высокого качества, собранного в разных регионах нашей страны:

- М1 — мед с белой акации (Краснодарский край);
- М2 — мед с каштана (Краснодарский край);
- М3 — мед с василька (Алтайский край);
- М4 — мед с клена (Краснодарский край);
- М5 — мед с дягиля (Алтайский край);
- М6 — мед с подсолнечника (Краснодарский край);
- М7 — мед с гречихи (Орловская область);
- М8 — мед с кориандра (Краснодарский край);
- М9 — мед с липы (Краснодарский край);
- М10 — мед с липы (Приморский край).

Образцы липового меда, собранного на территории Краснодарского края (М9) и Приморского края (М10) использовались для сравнительного анализа органолептических и бактерицидных свойств одного вида монофлорного меда, произведенного в разных регионах.

Бактерицидная активность отобранных образцов меда оценивалась на стандартных тест-штаммах *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Государственная коллекция патогенных микроорганизмов и клеточных культур, производитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Государственный

<sup>1</sup> ГОСТ 31766-2022 Меды монофлорные. Технические условия. МКС 67.180.10. Дата введения: 01.01.2023. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200193713>

<sup>2</sup> Официальный сайт ФГБОУ ВО «РязГМУ им. академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Режим доступа: <https://www.rzgmu.ru/>

<sup>3</sup> Официальный сайт ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства». Режим доступа: <https://beecentr.ru/>

<sup>4</sup> ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия. МКС 67.180.10. Дата введения: 01.01.2019. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200157439>

научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», г. Оболensk, Россия)<sup>5</sup>.

Антимикробную активность отобранных образцов монофлорного меда оценивали в соответствии с ОФС.1.2.4.0010.18<sup>6</sup> с модификацией, предполагающей замену дисков на пустотелые цилиндры объемом 0,5 мл (внутренний диаметр — 8 мм, толщина стенки — 1 мм, высота — 10 мм), в связи с особенностями исследуемых образцов.

Проверка отобранных образцов монофлорного меда на соответствие ГОСТ 6658-2016<sup>7</sup> осуществлялась профильными специалистами ФГБНУ «Федеральный научный центр человодства» в количестве 5 человек. Для проведения ранжирования монофлорных медов по органолептическим показателям была проведена оценка параметров аромата, вкуса и консистенции по 5-балльной шкале, характеризующей уровень качества пищевой продукции в соответствии с ГОСТ ISO 16779-2017<sup>8</sup>.

Параметры цвета и уровня кристаллизации не учитывались при ранжировании, поскольку эти показатели не являются конгруэнтными для медов, собранных с разных видов растений.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для проведения исследований были отобраны образцы монофлорного меда, собранного в разных регионах нашей страны, с условными номерами от М1 до М10. Образцы М9 и М10 использовались для сравнительного анализа органолептических и бактерицидных свойств монофлорного меда, собранного с одного вида растений (липы), но произведенного в разных регионах — Краснодарском крае и Приморском крае.

Органолептическая и физико-химическая оценка качества монофлорного меда показала, что все отобранные образцы соответствуют требованиям ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия<sup>9</sup> и являются высококачественными продуктами. Результаты оценки и ранжирования представлены ниже в виде таблиц и рисунков.

Анализ данных (табл. 1) показывает, что наибольшую оценку по параметрам аромата получил васильковый мед (М3), собранный на территории Алтайского края.

Результаты ранжирования образцов монофлорных медов по параметрам аромата представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, по параметрам аромата лидируют васильковый (М3), каштановый (М2) и дягилевый (М5) мед.

Таблица 1. Органолептическая оценка аромата образцов монофлорных медов

Table 1. Organoleptic evaluation of the aroma of monofloral honey samples

Экспертная группа	Образцы монофлорного меда 2023 года сбора									
	М1	М2	М3	М4	М5	М6	М7	М8	М9	М10
Э1	1	3	5	3	4	4	5	4	3	4
Э2	2	5	5	1	3	3	3	3	4	2
Э3	1	5	5	2	4	4	4	2	2	3
Э4	1	5	4	5	5	2	3	5	4	3
Э5	1	5	5	3	4	2	4	4	4	3
Средний балл	1,2	4,6	4,8	2,8	4,0	3,2	3,8	3,6	3,4	3,0

Рис. 1. Результаты ранжирования образцов монофлорных медов по параметрам аромата

Fig. 1. Results of ranking monofloral honey samples by aroma parameters

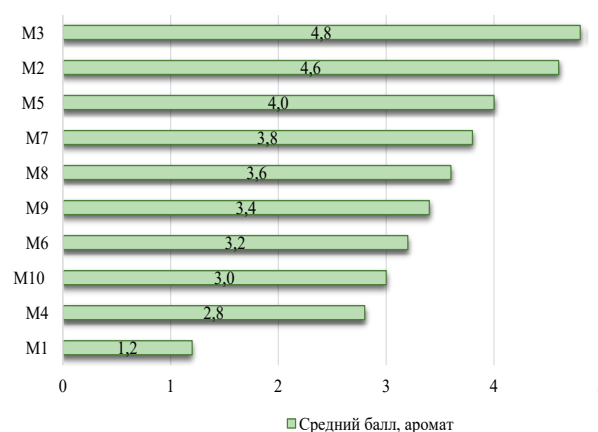


Таблица 2. Органолептическая оценка вкуса образцов монофлорных медов

Table 2. Organoleptic assessment of the taste of monofloral honey samples

Экспертная группа	Образцы монофлорного меда 2023 года сбора									
	М1	М2	М3	М4	М5	М6	М7	М8	М9	М10
Э1	3	5	4	5	4	4	3	5	4	3
Э2	3	3	4	5	3	4	4	3	3	4
Э3	4	5	5	4	3	3	3	3	5	4
Э4	3	5	5	5	5	3	5	5	3	5
Э5	5	3	5	5	4	4	3	5	4	4
Средний балл	3,6	4,2	4,6	4,8	3,8	3,6	3,6	4,2	3,8	4,0

Анализ данных (табл. 2) показывает, что наибольшую оценку по параметрам вкуса получил кленовый мед (М4), собранный на территории Краснодарского края.

Результаты ранжирования образцов монофлорных медов по параметрам вкуса представлены на рисунке 2.

<sup>5</sup> Государственная коллекция патогенных микроорганизмов и клеточных культур (ГКПМ-Оболensk). Режим доступа: <https://obolensk.org/services/state-coll-microorg>

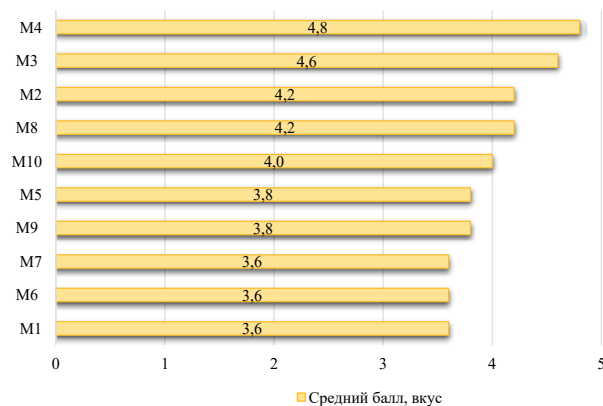
<sup>6</sup> Общая фармакопейная статья «Определение антимикробной активности антибиотиков методом диффузии в агар. ОФС.1.2.4.0010.18» (Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Т. I). Режим доступа: [https://e-ecolog.ru/docs/WqSZlgk4C8-LUsvkodx7n/15?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.yandex.ru%2F](https://e-ecolog.ru/docs/WqSZlgk4C8-LUsvkodx7n/15?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.yandex.ru%2F)

<sup>7</sup> ГОСТ 6658-2016 Органолептический анализ. Методология. Общее руководство. Дата введения: 07.01.2017. Ред. от 01.01.2021. Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62936/>

<sup>8</sup> ГОСТ ISO 16779-2017 Межгосударственный стандарт. Органолептический анализ. Оценка (определение и верификация) срока годности пищевой продукции. Дата введения: 01.01.2019. Ред. от 01.01.2021. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200147084>

<sup>9</sup> ГОСТ 19792-2017 Мед натуральный. Технические условия. МКС 67.180.10. Дата введения: 01.01.2019. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200157439>



**Рис. 2.** Результаты ранжирования образцов монофлорных мёдов по параметрам вкуса**Fig. 2.** Results of ranking monofloral honey samples according to taste parameters

Как видно из рисунка 2, по параметрам вкуса лидируют кленовый (M4), васильковый (M3) и каштановый (M2) мед.

Анализ данных (табл. 3) показывает, что наибольшую оценку по параметрам консистенции получили каштановый мед (M2), собранный на территории Краснодарского края, и васильковый мед (M3), собранный на территории Алтайского края.

Результаты ранжирования образцов монофлорных мёдов по параметрам консистенции представлены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, по параметрам консистенции лидируют подсолнечниковый (M6), каштановый (M2) и васильковый (M3) мед.

Суммарная органолептическая оценка образцов монофлорных мёдов представлена в таблице 4.

Анализ данных (табл. 4) показывает, что наибольшее количество баллов по результатам суммарной органолептической оценки набрал васильковый мед (M3).

Ранжирование образцов монофлорных мёдов по результатам суммарной органолептической оценки представлено на рисунке 4.

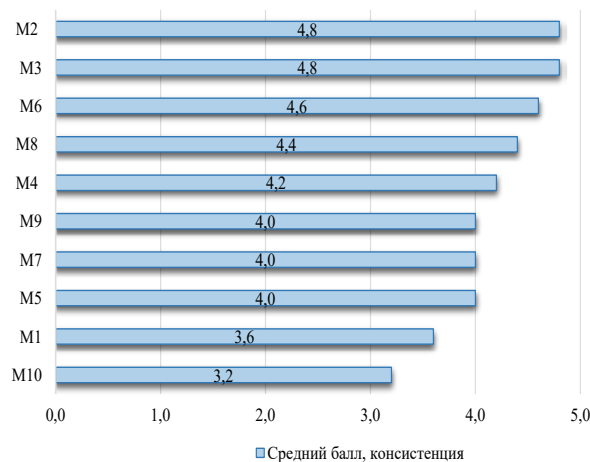
Проведенное ранжирование монофлорных мёдов по суммарным результатам органолептической оценки показало, что в тройку лидеров входят васильковый (M3), каштановый (M2) и кориандровый (M8) мед.

Для подведения итогов ранжирования монофлорных мёдов по органолептическим показателям аромата, вкуса и консистенции использовалась шкала оценки категорий качества пищевой продукции<sup>10</sup>:

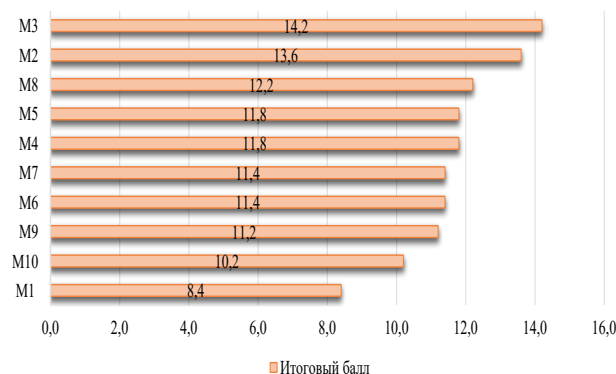
- от 12 до 15 баллов — продукт премиального качества;
- от 8 до 12 баллов — продукт высокого качества;
- от 5 до 8 баллов — продукт удовлетворительного качества;
- менее 5 баллов — продукт неудовлетворительного качества.

**Таблица 3.** Органолептическая оценка консистенции образцов монофлорных мёдов**Table 3.** Organoleptic evaluation of the consistency of monofloral honey samples

Экспертная группа	Образцы монофлорного меда 2023 года сбора									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Э1	3	5	5	5	5	4	4	5	4	3
Э2	2	5	5	2	2	4	4	5	3	2
Э3	3	4	5	4	4	5	3	3	4	3
Э4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Э5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	3
Средний балл	3,6	4,8	4,8	4,2	4,0	4,6	4,0	4,4	4,0	3,2

**Рис. 3.** Результаты ранжирования образцов монофлорных мёдов по параметрам консистенции**Fig. 3.** Results of ranking monofloral honey samples by consistency parameters**Таблица 4.** Суммарная органолептическая оценка образцов монофлорных мёдов**Table 4.** Total organoleptic evaluation of monofloral honey samples

Параметры оценки	Образцы монофлорного меда 2023 года сбора									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Аромат	1,2	4,6	4,8	2,8	4,0	3,2	3,8	3,6	3,4	3,0
Вкус	3,6	4,2	4,6	4,8	3,8	3,6	3,6	4,2	3,8	4,0
Консистенция	3,6	4,8	4,8	4,2	4,0	4,6	4,0	4,4	4,0	3,2
Итоговый балл	8,4	13,6	14,2	11,8	11,8	11,4	11,4	12,2	11,2	10,2

**Рис. 4.** Ранжирование образцов монофлорных мёдов по результатам суммарной органолептической оценки**Fig. 4.** Ranking of monofloral honey samples based on the results of the total organoleptic assessment

<sup>10</sup> ГОСТ ISO 16779-2017 Межгосударственный стандарт. Органолептический анализ. Оценка (определение и верификация) срока годности пищевой продукции. Дата введения: 01.01.2019. Ред. от 01.01.2021. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200147084>

Таким образом, согласно результатам органолептической оценки, все отобранные образцы монофлорных медов являются продуктами высокого (M1, M4, M5, M6, M7, M9, M10) и премиального (M2, M3, M8) качества, которые могут быть исследованы на наличие бактерицидной активности с целью возможного дальнейшего использования в процессе создания биологически активных препаратов и кормовых добавок.

При подготовке к анализу образцы меда, собранные с подсолнечника, гречихи, кориандра и липы, «распускали» в термостате при температуре 35–37 °С для повышения текучести с целью внесения на чашки с бактериальными тест-штаммами.

Показатели бактерицидной активности монофлорных медов представлены в таблице 5.

Анализ данных (табл. 5) показывает, что исследованные образцы монофлорного меда можно условно разделить на три группы:

MI — группа монофлорных медов с выраженными бактерицидными свойствами (имеют четкую зону подавления роста бактериальной культуры).

**Ч** Четкая зона подавления роста

Данные образцы обладают наиболее выраженными бактерицидными свойствами и длительно (без ослабления) сохраняют чистый результат с четко выраженной зоной подавления роста при диффузии в питательную среду.

MII — группа монофлорных медов с выраженным первичным бактерицидным эффектом, который угасает со временем (имеют два участка подавления роста бактериальной культуры).

**Ч/ВР** Четкая зона подавления роста / Вторичный рост

Смешанный результат, дают образцы с выраженным первичным бактерицидным эффектом, который угасает со временем, в результате чего зону задержки роста можно разбить на два участка: внутренний — примыкающий к цилиндру, на котором рост микроорганизмов подавлен полностью, внешний (на периферии) — где на короткое время рост и размножение были подавлены, однако этого оказалось недостаточно для полного обеспоживания.

MIII — группа монофлорных медов с краткосрочным бактерицидным эффектом (имеют только зону вторичного роста).

**ВР** Зона вторичного роста

Зоны вторичного роста дают образцы с краткосрочным бактерицидным эффектом. Подавление роста и размножения происходит в краткий период (сразу после начала эксперимента) и со временем полностью затухает, в результате чего наблюдается вторичный

Таблица 5. Показатели бактерицидной активности образцов монофлорных медов

Table 5. Indicators of bactericidal activity of monofloral honey samples

Образцы монофлорного меда	Диаметр зоны бактерицидного воздействия, мм			
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
M1	28 ВР	20 ВР	18 ВР	20 ВР
M2	28 ВР	21 ВР	20 ВР	16 ВР
M3	14 Ч / 30 ВР	20 ВР	30 ВР	12 Ч
M4	15 Ч / 30 ВР	20 ВР	26 ВР	14 Ч
M5	30 ВР	20 ВР	25 ВР	8 Ц <sup>11</sup>
M6	14 Ч / 30 ВР	11 Ч / 25 ВР	27 ВР	12 Ч / 20 ВР
M7	13 Ч / 30 ВР	15 Ч / 28 ВР	24 ВР	20 ВР
M8	19 Ч / 26 ВР	15 ВР	25 ВР	11 Ч / 18 ВР
M9	12 Ч / 27 ВР	13 ВР	24 ВР	14 ВР
M10	12 Ч / 30 ВР	22 ВР	16 ВР	18 ВР

рост бактериальной культуры на первоначально обеспоженном участке.

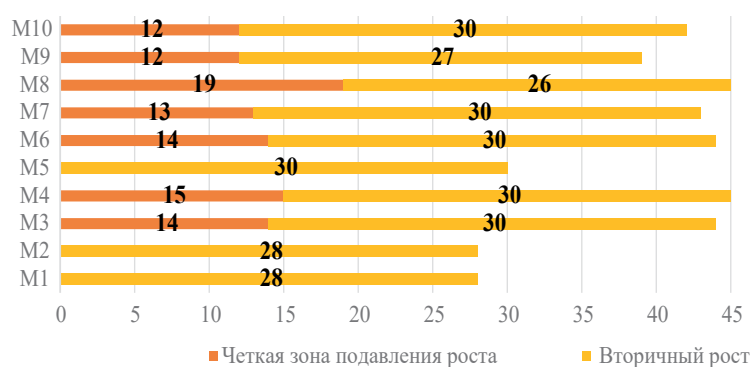
Таким образом, мед группы MI обладает наиболее выраженными бактерицидными свойствами, MII — ярким первичным бактерицидным эффектом, который угасает со временем, MIII — краткосрочным бактерицидным эффектом.

Рассмотрим более детально показатели бактерицидной активности образцов монофлорных медов относительно *Staphylococcus aureus* (рис. 5), *Escherichia coli* (рис. 6), *Bacillus cereus* (рис. 7) и *Pseudomonas aeruginosa* (рис. 8).

Анализ данных (рис. 5) показывает, что ранжирование образцов монофлорных медов по параметрам бактерицидной активности относительно *Staphylococcus aureus* можно представить следующим образом: M8, M4, M3, M6, M7, M10, M9, M5, M1, M2.

Рис. 5. Показатели бактерицидной активности образцов монофлорных медов относительно *Staphylococcus aureus* (диаметр зоны бактерицидного воздействия, мм)

Fig. 5. Indicators of bactericidal activity of monofloral honey samples against *Staphylococcus aureus* (diameter of the bactericidal action zone, mm)



<sup>11</sup> Подавление роста культуры наблюдается только под цилиндром (d = 8 мм).

Анализ данных (рис. 6) показывает, что ранжирование образцов монофлорных мёдов по параметрам бактерицидной активности относительно *Escherichia coli* можно представить следующим образом: M7, M6, M10, M2, M1, M3, M4, M5, M8, M9.

Анализ данных (рис. 7) показывает, что ранжирование образцов монофлорных мёдов по параметрам бактерицидной активности относительно *Bacillus cereus* можно представить следующим образом: M3, M6, M4, M5, M8, M7, M9, M2, M1, M10.

Анализ данных (рис. 8) показывает, что ранжирование образцов монофлорных мёдов по параметрам бактерицидной активности относительно *Pseudomonas aeruginosa* можно представить следующим образом: M4, M3, M6, M8, M1, M7, M10, M2, M9, M5.

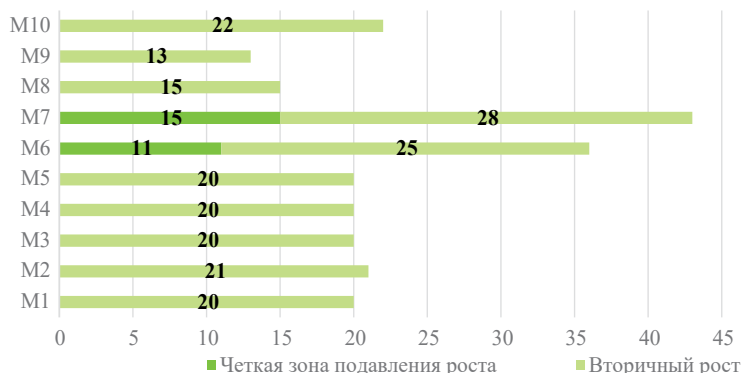
Анализ данных (табл. 6) показывает, что исследуемые образцы монофлорных мёдов проявляют достаточно высокие показатели бактерицидной активности.

По параметрам бактерицидной активности относительно *Staphylococcus aureus* лидируют кориандровый (M8), кленовый (M4), васильковый (M3) и подсолнечниковый (M6) мёд. По параметрам бактерицидной активности относительно *Escherichia coli* лидируют гречишный (M7), подсолнечниковый (M6) и липовый (M10) мёд. По параметрам бактерицидной активности относительно *Bacillus cereus* лидируют васильковый (M3), подсолнечниковый (M6) и кленовый (M4) мёд. По параметрам бактерицидной активности относительно *Pseudomonas aeruginosa* лидируют кленовый (M4), васильковый (M3) и подсолнечниковый (M6) мёд.

По параметрам общей бактерицидной активности в тройку лидеров можно отнести мёд васильковый (M3), кленовый (M4) и подсолнечниковый (M6), которые проявляют довольно яркие

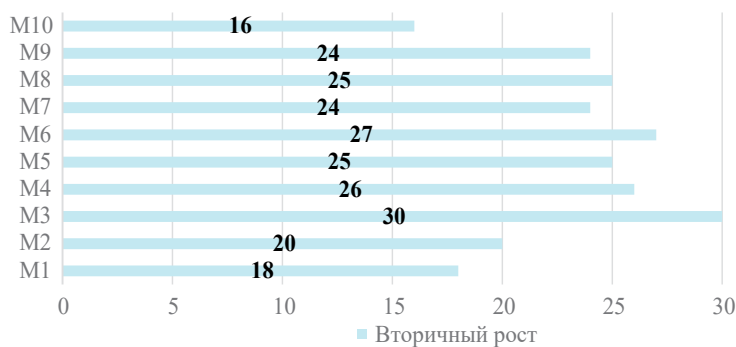
**Рис. 6.** Показатели бактерицидной активности образцов монофлорных мёдов относительно *Escherichia coli* (диаметр зоны бактерицидного воздействия, мм)

**Fig. 6.** Indicators of bactericidal activity of monofloral honey samples against *Escherichia coli* (diameter of the bactericidal action zone, mm)



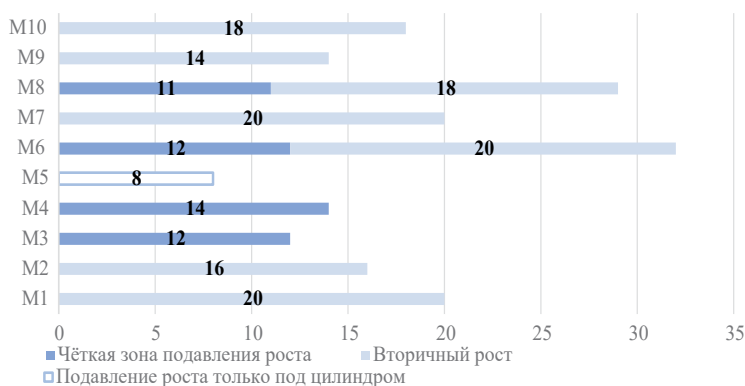
**Рис. 7.** Показатели бактерицидной активности образцов монофлорных мёдов относительно *Bacillus cereus* (диаметр зоны бактерицидного воздействия, мм)

**Fig. 7.** Indicators of bactericidal activity of monofloral honey against *Bacillus cereus* (diameter of the bactericidal action zone, mm)



**Рис. 8.** Показатели бактерицидной активности образцов монофлорных мёдов относительно *Pseudomonas aeruginosa* (диаметр зоны бактерицидного воздействия, мм)

**Fig. 8.** Indicators of bactericidal activity of monofloral honey against *Pseudomonas aeruginosa* (diameter of the bactericidal action zone, mm)



**Таблица 6. Ранжирование образцов монофлорных мёдов по параметрам бактерицидной активности**  
**Table 6. Ranking of monofloral honey samples by bactericidal activity parameters**

Рейтинговое место	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
1	M8	M7	M3	M4
2	M4	M6	M6	M3
3	M3, M6	M10	M4	M6
4	M7	M2	M5, M8	M8
5	M10	M1, M3, M4, M5	M7, M9	M1, M7
6	M9	M8	M2	M10
7	M5	M9	M1	M2
8	M1, M2	–	M10	M9
9	–	–	–	–M5
10	–	–	–	–



антибактериальные свойства на всех четырех тест-штаммах.

Анализ данных (табл. 7) показывает, что бактерицидные свойства первого типа (MI — выраженные бактерицидные свойства меда) проявили васильковый (M3) и кленовый (M4) мед относительно *Pseudomonas aeruginosa*. На тест-штаммах других бактериальных культур выраженных бактерицидных свойств у монофлорных медов не наблюдалось.

Бактерицидные свойства второго типа (MII — выраженный первичный бактерицидный эффект меда, который угасает со временем) относительно *Staphylococcus aureus* проявили васильковый (M3), кленовый (M4), подсолнечниковый (M6), гречишный (M7), кориандровый (M8) и липовый (M9, M10) мед. Относительно *Pseudomonas aeruginosa* бактерицидные свойства второго типа (MII) проявили подсолнечниковый (M6) и кориандровый (M8) мед, а относительно *Escherichia coli* — подсолнечниковый (M6) и гречишный (M7). Все остальные образцы проявили бактерицидные свойства третьего типа (MIII — краткосрочный бактерицидный эффект).

При этом необходимо отметить, что относительно *Bacillus cereus* наблюдался только краткосрочный бактерицидный эффект (MIII) для всех исследуемых образцов монофлорного меда.

Таким образом, с точки зрения бактерицидной активности перспективными образцами для создания биологически активных препаратов и кормовых добавок с антибактериальными свойствами являются васильковый (M3), кленовый (M4), подсолнечниковый (M6), гречишный (M7) и кориандровый (M8) мед.

Липовый мед (образцы M9 и M10) проявил довольно высокую активность второго типа (MII) относительно *Staphylococcus aureus*. При этом необходимо отметить, что по результатам сравнительного анализа органолептических и бактерицидных свойств одного вида монофлорного меда, произведенного в разных регионах, образцы липового меда, собранного на территории Краснодарского края (M9) и Приморского края (M10), имеют схожие характеристики.

По результатам рейтинговой органолептической оценки образец M9 (мед с липы — Краснодарский край) занимает 8-е место (11,2 балла), а образец M10 (мед с липы — Приморский край) — 9-е место (10,2 балла).

По результатам оценки бактерицидной активности у образцов липового меда M9 и M10 наблюдаются однотипные механизмы бактерицидного воздействия.

Относительно *Staphylococcus aureus* наблюдается бактерицидная активность второго типа (MII — выраженный первичный бактерицидный эффект меда, который угасает со временем).

У липового меда, произведенного в разных регионах, наблюдаются незначительные различия антибактериальных свойств, что отражает

Таблица 7. Группировка образцов монофлорных медов по параметрам бактерицидной активности  
Table 7. Grouping of monofloral honey samples according to bactericidal activity parameters

Образцы монофлорного меда	Группа бактерицидной активности			
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
M1	M.II	M.III	MIII	MIII
M2	MIII	MIII	MIII	MIII
M3	MII	MIII	MIII	MI
M4	MII	MIII	MIII	MI
M5	MIII	MIII	MIII	MIII
M6	MII	MII	MIII	MII
M7	MII	MII	MIII	MIII
M8	MII	MIII	MIII	MII
M9	M.II	MIII	MIII	MIII
M10	MII	MIII	MIII	MIII

результаты ранжирования их бактерицидной активности относительно *Staphylococcus aureus*.

Относительно других тест-штаммов у образцов липового меда M9 и M10 наблюдается бактерицидная активность третьего типа (MIII — краткосрочный бактерицидный эффект).

Таким образом, липовый мед M9 и M10, собранный в разных регионах нашей страны, имеет схожие органолептические характеристики и однотипные механизмы бактерицидного воздействия.

Необходимо отметить, что рассмотренные образцы, помимо ярко выраженной бактерицидной активности, имеют и высокие органолептические показатели по параметрам вкуса, аромата и консистенции и могут быть рекомендованы в качестве функциональных ингредиентов при создании биологически активных препаратов и кормовых добавок с антибактериальными свойствами.

### Выводы/Conclusion

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1) Согласно результатам стандартной (ГОСТ 6658-2016, ГОСТ 19792-2017) и рейтинговой (ГОСТ ISO 16779-2017) органолептической оценки, все отобранные образцы монофлорных медов являются продуктами высокого качества.

2) С точки зрения бактерицидной активности перспективными образцами являются васильковый (M3), кленовый (M4), подсолнечниковый (M6), гречишный (M7), кориандровый (M8) и липовый (M9 и M10) мед, которые могут быть рекомендованы в качестве функциональных ингредиентов для создания биологически активных препаратов и кормовых добавок с антибактериальными свойствами.

3) Монофлорные меда, собранные в разных регионах нашей страны, имеют не только схожие органолептические характеристики, но и однотипные механизмы бактерицидного воздействия, что позволит в дальнейшем проводить стандартизацию разрабатываемых препаратов и биологически активных кормовых добавок.

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. Аношкина О.В., Лопынина Е.П., Попкова М.А. Влияние ботанического и географического происхождения меда на его минеральный состав. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2023; 15(1): 5–14. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.83.57.002>
2. Кирсанов В.В., Дорохов А.С., Иванов Ю.А. Графоаналитическая оценка функционирования локальных биотехнических систем в животноводстве. *Агроинженерия*. 2023; 25(2): 4–9. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-4-9>
3. Заболотская Т.В., Штауфен А.В., Волков М.Ю. Применение инновационных технологий в управлении инфекциями в животноводстве. *Техника и технологии в животноводстве*. 2024; 14(1): 33–38. <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-1-33>
4. Мирошина Т.А., Резниченко И.Ю., Мирошин Е.В. Иммуномоделирующие свойства меда. Обзор исследований биопотенциала. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2023; (1): 62–67. <https://www.elibrary.ru/ufkxtl>
5. Родин И.А. и др. Актуальность проведения ветеринарно-санитарной экспертизы меда и методика определения фальсификации товара. *Ветеринария Северного Кавказа*. 2023; (6): 13–23. [https://doi.org/10.56660/77368\\_2023\\_6\\_13](https://doi.org/10.56660/77368_2023_6_13)
6. Abuelgasim H., Albury C., Lee J. Effectiveness of honey for symptomatic relief in upper respiratory tract infections: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Evidence-Based Medicine*. 2021; 26(2): 57–64. <https://doi.org/10.1136/bmjebm-2020-111336>
7. Brudzynski K. Honey as an Ecological Reservoir of Antibacterial Compounds Produced by Antagonistic Microbial Interactions in Plant Nectars, Honey and Honey Bee. *Antibiotics*. 2021; 10(5): 551. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050551>
8. Брандорф А.З., Шестакова А.И. Гигиеническое поведение медоносных пчел на фоне смешанной инвазии. *Пчеловодство*. 2020; (10): 26–29. <https://www.elibrary.ru/kbnnxf>
9. Brudzynski K., Sjaarda C.P. Colloidal structure of honey and its influence on antibacterial activity. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021; 20(2): 2063–2080. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12720>
10. Brudzynski K. Unexpected Value of Honey Color for Prediction of a Non-Enzymatic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Production and Honey Antibacterial Activity: A Perspective. *Metabolites*. 2023; 13(4): 526. <https://doi.org/10.3390/metabo13040526>
11. Freitas A.S., Cunha A., Oliveira R., Almeida-Aguiar C. Propolis antibacterial and antioxidant synergisms with gentamicin and honey. *Journal of Applied Microbiology*. 2023; 132(4): 2733–2745. <https://doi.org/10.1111/jam.15440>
12. Будникова Н.В. Определение пестицидов в натуральном меде методом газовой хроматографии. *Вестник аграрной науки*. 2023; (3): 87–92. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.87>
13. Murashova E.A., Karelina O.A., Serebryakova O.V. The influence of the moisture weight ratio and the activity of the invertase enzyme on the crystallization rate of natural honey. *E3S Web of Conferences*. 2021; 285: 05021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128505021>

## ОБ АВТОРАХ

### Юлия Олеговна Ляшук<sup>1</sup>

кандидат технических наук, научный сотрудник  
ularzn@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3612-1707>

### Алла Сергеевна Лизунова<sup>2</sup>

кандидат биологических наук,  
доцент кафедры фармакогнозии  
и фармацевтической химии  
lizunova-alla@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2980-1904>

## REFERENCES

1. Anoshkina O.V., Lapynina E.P., Popkova M.A. The influence of the botanical and geographical origin of honey on its mineral composition. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2023; 15(1): 5–14 (in Russian). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.83.57.002>
2. Kirsanov V.V., Dorokhov A.S., Ivanov Yu.A. Graph analytics of the performance of local biotechnical systems in animal husbandry. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023; 25(2): 4–9 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-2-4-9>
3. Zabolotskaya T.V., Staufen A.V., Volkov M.Yu. Application of innovative technologies at infection's management in livestock. *Machinery and technologies in livestock*. 2024; 14(1): 33–38 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-1-33>
4. Miroshina T.A., Reznichenko I.Yu., Miroshin E.V. Immunomodelling properties of honey. review of biopotential research. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*. 2023; (1): 62–67 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ufkxtl>
5. Rodin I.A. *et al.* The relevance of the veterinary and sanitary examination of honey and the method for determining the falsification of products. *Veterinariya Severnogo Kavkaza*. 2023; (6): 13–23 (in Russian). [https://doi.org/10.56660/77368\\_2023\\_6\\_13](https://doi.org/10.56660/77368_2023_6_13)
6. Abuelgasim H., Albury C., Lee J. Effectiveness of honey for symptomatic relief in upper respiratory tract infections: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Evidence-Based Medicine*. 2021; 26(2): 57–64. <https://doi.org/10.1136/bmjebm-2020-111336>
7. Brudzynski K. Honey as an Ecological Reservoir of Antibacterial Compounds Produced by Antagonistic Microbial Interactions in Plant Nectars, Honey and Honey Bee. *Antibiotics*. 2021; 10(5): 551. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050551>
8. Brandorf A.Z., Shestakova A.I. Hygienic behavior of honey bees affected by mixed invasion. *Pchelovodstvo*. 2020; (10): 26–29 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kbnnxf>
9. Brudzynski K., Sjaarda C.P. Colloidal structure of honey and its influence on antibacterial activity. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021; 20(2): 2063–2080. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12720>
10. Brudzynski K. Unexpected Value of Honey Color for Prediction of a Non-Enzymatic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Production and Honey Antibacterial Activity: A Perspective. *Metabolites*. 2023; 13(4): 526. <https://doi.org/10.3390/metabo13040526>
11. Freitas A.S., Cunha A., Oliveira R., Almeida-Aguiar C. Propolis antibacterial and antioxidant synergisms with gentamicin and honey. *Journal of Applied Microbiology*. 2023; 132(4): 2733–2745. <https://doi.org/10.1111/jam.15440>
12. Budnikova N.V. Determination of pesticides in natural honey by the method of gas chromatography. *Bulletin of agrarian science*. 2023; (3): 87–92 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.87>
13. Murashova E.A., Karelina O.A., Serebryakova O.V. The influence of the moisture weight ratio and the activity of the invertase enzyme on the crystallization rate of natural honey. *E3S Web of Conferences*. 2021; 285: 05021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128505021>

## ABOUT THE AUTHORS

### Yulia Olegovna Lyashchuk<sup>1</sup>

Candidate of Technical Sciences, Researcher  
ularzn@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3612-1707>

### Alla Sergeevna Lizunova<sup>2</sup>

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor  
of the Department of Pharmacognosy and Pharmaceutical  
Chemistry  
lizunova-alla@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-2980-1904>

**Елена Анатольевна Мурашова<sup>3</sup>**

кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель  
директора по научной работе  
murashova.36@mail.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-2080-397X>

**Антон Владимирович Санкин<sup>1</sup>**

ассистент кафедры микробиологии  
sankin1990@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1626-2449>

**Геннадий Николаевич Самарин<sup>1</sup>**

доктор технических наук, главный научный сотрудник,  
заведующий лабораторией  
samaringn@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4972-8647>

**Elena Anatolyevna Murashova<sup>3</sup>**

Candidate of Agricultural Sciences,  
Deputy Director for Research  
murashova.36@mail.ru  
<https://orcid.org/0009-0006-2080-397X>

**Anton Vladimirovich Sankin<sup>1</sup>**

Assistant at the Department of Microbiology  
sankin1990@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1626-2449>

**Gennady Nikolayevich Samarin<sup>1</sup>**

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher,  
Head of the Laboratory  
samaringn@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4972-8647>

<sup>1</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия  
<sup>2</sup>Рязанский государственный медицинский университет  
им. И.П. Павлова,  
ул. Высоковольная, 9, Рязань, 390026, Россия

<sup>1</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM,  
5 1<sup>st</sup> Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia  
<sup>2</sup>Ryazan State Medical University named after  
I.P. Pavlova,  
9 Vysokovoltnaya Str., Ryazan, 390026, Russia

<sup>3</sup>Федеральный научный центр пчеловодства,  
ул. Почтовая, 22, Рыбное, Рязанская обл., 391110, Россия

<sup>3</sup>Federal Scientific Center for Beekeeping,  
22 Pochtovaya Str., Rybnoye, Ryazan region, 391110, Russia



## Достойное вознаграждение за привлеченную рекламу от ИД «Аграрная наука»

**Вы**

общительны и активны  
владеете связями в сфере АПК  
есть время и желание  
хотите заработать

**Мы гарантируем**

- ☒ интересную работу по привлечению  
рекламы в проекты ИД
- ☒ свободный, удобный график
- ☒ официальное оформление
- ☒ щедрый % за принесенную вами  
рекламу

**Звоните +7 (916) 616-05-31**

Реклама



УДК 338.43.02

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-168-176

С.В. Киселев

С.К. Сеитов ✉

В.А. Самсонов

И.В. Филимонов

Московский государственный  
университет им. М.В. Ломоносова,  
Москва, Россия

✉ sanatren@mail.ru

Поступила в редакцию: 25.09.2024

Одобрена после рецензирования: 24.01.2025

Принята к публикации: 27.01.2025

© Киселев С.В., Сеитов С.К., Самсонов В.А.,  
Филимонов И.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-168-176

Sergey V. Kiselev

Sanat K. Seitov ✉

Valery A. Samsonov

Ilya V. Filimonov

Lomonosov Moscow State University,  
Moscow, Russia

✉ sanatren@mail.ru

Received by the editorial office: 25.09.2024

Accepted in revised: 24.01.2025

Accepted for publication: 27.01.2025

© Kiselev S.V., Seitov S.K., Samsonov V.A.,  
Filimonov I.V.

## Ненаблюдаемая экономика в аграрном секторе России: пространственный аспект

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Задача объективной и точной оценки производства сельскохозяйственной продукции различными хозяйствующими субъектами расценивается как актуальная и важная для реализации различных общественных целей. Например, для мониторинга состояния развития отрасли, организации эффективной государственной политики. В связи с этим ученые стремятся разработать и предложить для использования наиболее точные методики учета объемов сельскохозяйственной продукции, производимой в России и ее регионах. Несмотря на то, что существование ненаблюдаемой экономики в аграрном секторе признается большинством экономистов, ученые не предложили пока адекватных подходов к определению ее масштабов.

**Методы.** В работе использовались статистический анализ, метод досчета, картографический метод, сравнительный анализ. Под уровнем ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве понимается доля теневых операций юридических лиц, продукции К(Ф)Х и ИП и хозяйств населения по отношению к объему продукции сельского хозяйства.

**Результаты.** Выявлено движение большинства российских регионов в сторону групп с более низкими уровнями ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве. На общенациональном уровне ее масштабы уменьшаются — с 46,5% в 2017 году до 40,8% в 2022-м. Эти тенденции обусловлены прежде всего сокращением доли хозяйств населения в структуре производителей продукции отрасли. Наибольший уровень ненаблюдаемой экономики преобладал в субъектах Северо-Кавказского федерального округа, а также в отдельных регионах Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, отличающихся высокой безработицей и низкой заработной платой — там личные подсобные хозяйства компенсируют нехватку средств для местных жителей, обеспечивая их продовольствием. По данным за 2022 год, доля продукции сельского хозяйства в рамках ненаблюдаемой экономики по отношению к общему объему продукции, превышающая 80%, отмечается в республиках Тыва, Дагестан, Калмыкия, Алтай, в Астраханской области, в Забайкальском и Хабаровском краях, Еврейской автономной области. Значения в промежутке 60–80% характерны для республик Карачаево-Черкессия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия — Алания, Бурятия, Хакасия, Чечня, Камчатского края, Саратовской и Оренбургской областей. Наименьший уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве зафиксирован в основном в субъектах Центрального, Северо-Западного и Приволжского федеральных округов. Это Белгородская, Курская, Тульская, Тамбовская, Орловская, Рязанская, Липецкая, Псковская, Ленинградская, Пензенская, Кировская области, Республика Мордовия.

**Ключевые слова:** ненаблюдаемая экономика, теневые операции юридических лиц, сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели, хозяйства населения, личные подсобные хозяйства, продукция сельского хозяйства

**Для цитирования:** Киселев С.В., Сеитов С.К., Самсонов В.А., Филимонов И.В. Ненаблюдаемая экономика в аграрном секторе России: пространственный аспект. *Аграрная наука*. 2025; 391(02): 168–176.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-168-176>

## Non-Observed Economy in Russian Agricultural Sector: Spatial Aspect

### ABSTRACT

**Relevance.** The task of objective and accurate assessment of agricultural production by various economic entities is considered relevant and important for the implementation of various public goals, for example, for monitoring the development of the industry, organizing effective state policy. In this regard, scientists strive to develop and offer for use the most accurate methods for accounting for the volumes of agricultural products produced in Russia and its regions. Despite the fact that most economists recognize the existence of the non-observed economy in the agricultural sector, scientists have not yet proposed adequate approaches to determining its scale.

**Methods.** The work applies statistical analysis, method of recalculation, cartographic method, and comparative analysis. The study implies a level of the non-observed economy in agriculture as a share of shadow operations of legal entities, output of peasant (farmer) enterprises and individual entrepreneurs and household farms in relation to agricultural output.

**Results.** The paper reveals the drift of most Russian regions towards groups with lower levels of the non-observed economy in agriculture. At the national level, its scale is also decreasing — from 46.5% in 2017 to 40.8% in 2022. These trends are primarily due to a reduction in the share of household farms in the structure of producers.

The highest level of non-observed economy prevailed in the subjects of the North Caucasus Federal District, as well as in certain regions of the Siberian and Far Eastern Federal Districts, characterized by high unemployment and low wages. There, subsidiary household plots compensate for the lack of funds for local residents by providing them with food. In 2022, the share of the non-observed economy in relation to agricultural output exceeding 80% is noted in the republics of Tyva, Dagestan, Kalmykia, Altai, in Astrakhan Region, Trans-Baikal and Khabarovsk Territories, and Jewish Autonomous Region. Values in the range of 60–80% are typical for the republics of Karachay-Cherkessia, Kabardino-Balkaria, North Ossetia — Alania, Buryatia, Khakassia, Chechnya, Kamchatka Krai, Saratov and Orenburg regions. The lowest level of non-observed economy in agriculture is mainly in the subjects of the Central, Northwestern, Volga Federal Districts. These are Belgorod, Kursk, Tula, Tambov, Oryol, Ryazan, Lipetsk, Pskov, Leningrad, Penza, Kirov regions, the Republic of Mordovia, etc.

**Key words:** non-observed economy, shadow operations of legal entities, agricultural organizations, peasant (farmer) enterprises and individual entrepreneurs, household farms, subsidiary household plots, agricultural products

**For citation:** Kiselev S.V., Seitov S.K., Samsonov V.A., Filimonov I.V. Non-Observed Economy in Russian Agricultural Sector: Spatial Aspect. *Agrarian science*. 2025; 391(02): 168–176 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-168-176>

## Введение/Introduction

Тема ненаблюдаемой экономики в высокой степени проработана как учеными, так и статистиками. Она имеет длительную историю изучения, вобрав многообразие подходов к исследованию релевантных данной тематике вопросов. Советское государство, генерируя соответствующий научный интерес, обратило внимание на проблему ненаблюдаемой экономики во второй половине XX века, что было связано в большей мере с застойными процессами в советской экономике. В связи с этим в 1963 году был учрежден Всесоюзный институт по изучению причин и разработке мер по предупреждению преступности<sup>1</sup>, специалисты которого занимались исследованием теневой экономики в отдельных отраслях промышленности.

Значимый вклад в изучение данной проблемы внесли Т.И. Корягина, С.Д. Головин, А.Ю. Шевяков, В.А. Дадалко и др.<sup>2</sup> В СССР велись детальные таблицы наличия и использования ресурсов (в количественном и стоимостном выражении) по широкому спектру видов сельскохозяйственной продукции, причем деятельность подсобных хозяйств населения находилась на особом контроле [1].

В публикациях современных российских авторов проблемы ненаблюдаемой экономики подробно освещаются. К примеру, среди них можно выделить работу С.С. Быкова, А.П. Киреенко и Е.Н. Невзоровой [2], обобщившую понятийный аппарат ненаблюдаемой и теневой экономики. В работе Н.В. Мячина, Н.В. Шкварок [3] обращено внимание на структуру ненаблюдаемой экономики в разрезе системы национальных счетов. В.А. Самсонов, С.К. Сеитов [4] рассчитали региональные масштабы теневой экономики в России с 2010 по 2016 год.

Необходимо упомянуть работы зарубежных авторов, которые предприняли попытку оценки ненаблюдаемой экономики и (или) ее компонентов в различных странах.

А. Zolkover, D. Kovalenko [5] описали эволюцию теорий формирования теневой экономики, выявили ключевые факторы, влияющие на нее (централизация власти, экономическое развитие и качество институциональной среды). А. Stratan, T. Gutium [6] оценили влияние экономических факторов на масштабы теневой экономики в Молдове. Построенные модели показали, что на ненаблюдаемую экономику положительно влияют рост основных отраслей национальной экономики и рост уровня безработицы. При этом рост импорта оказывает негативное влияние.

Ph. Adair [7] рассмотрел различия между ненаблюдаемой экономикой (NOE) и теневой экономикой (SE) в Польше. Автором использованы различные прямые и косвенные методы измерения, включая налоговые проверки и анализ рынка, для выявления факторов, определяющих соотношение NOE — SE, таких как уклонение от уплаты налогов и неформальная занятость, а также определены различия в оценках, полученных на основе корректировок национальных счетов, по сравнению с подходами структурного моделирования.

М. Chen [8] оценил уровень ненаблюдаемой экономики по отношению к валовому региональному продукту (ВРП) в 31 провинции Китая с 1992 по 2013 год, используя данные о ночной освещенности. Полученные данные свидетельствуют о значительных региональных различиях в уровне ненаблюдаемой экономики (в Пекине он составляет 3,2%, а в Нинся-Хуэйском автономном районе — 69,7%) и указывают на отрицательную корреляцию между уровнем ненаблюдаемой экономики и ВРП, что позволяет предположить, что в более развитых регионах уровень ненаблюдаемой экономики ниже.

В работе израильских авторов [9] выявлена взаимосвязь неформальной самозанятости и ненаблюдаемой экономики.

Следует обратить особое внимание на попытки Организации Объединённых Наций (ООН) измерить масштабы ненаблюдаемых процессов в экономике, а именно на версию Системы национальных счетов 1993 года<sup>3</sup>. В соответствии с этим документом теневая экономика стала рассматриваться как составной элемент макроэкономических показателей. С 2008 года указанная разработка стала обязательной для использования<sup>4</sup>. Появилась возможность с ее помощью количественно оценить скрытую часть экономики.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР)<sup>5</sup> ввела в оборот более широкое понятие — ненаблюдаемая экономика, охватывающее все виды экономической деятельности, однако учет некоторых из них вызывает значительные затруднения для статистических органов. В итоге ненаблюдаемая экономика включает ряд важных компонентов (табл. 1).

Важно отметить, что субъекты теневого производства нарушают административные правила и процедуры, в то время как незаконное производство связано с нарушением уголовного законодательства (производство наркотиков, торговля фальсификатом, контрабанда).

<sup>1</sup> Университет прокуратуры Российской Федерации. Научно-исследовательский институт. История института. — URL: <https://agprf.org/institut/nauchno-issledovatel'skiy-institut/istoriya-instituta314/> (дата обращения: 27.09.2024).

<sup>2</sup> Буров В.Ю. Теневая экономика и малое предпринимательство: теоретические и методологические основы исследования: монография. Чита: Забайкальский государственный университет. 2014; 13.

<sup>3</sup> Система национальных счетов. 1993 / ООН. 1998.

<sup>4</sup> Система национальных счетов 2008 года (СНС-2008) / ООН. 2012; 827. DOI: 10.18356/f4fcd220-ru

<sup>5</sup> Измерение ненаблюдаемой экономики: Руководство: пер. с англ. / Организация экономического сотрудничества и развития. М.: Статистика России. ОИПД ГМЦ Госкомстата России. 2003; 42. — URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/2007/04/noe/zip.30.r.pdf> (дата обращения: 28.09.2024).

Таблица 1. Компоненты ненаблюдаемой экономики (составлено авторами на основе материалов [10])<sup>6</sup>

Table 1. Components of non-observed economy (compiled by the authors based on materials from [10])

№	Составляющие ненаблюдаемой экономики	Пояснение	Примеры ненаблюдаемой экономики в сфере сельского хозяйства
1	Теневое производство	Представлено легальной деятельностью, результаты которой умышленно скрываются от статистического учета	Сельскохозяйственная организация не включает в отчетность часть выращенной продукции растениеводства, скрывая ее от государственных органов
2	Незаконное производство	Включает производство изначально запрещенных товаров и услуг, а также все виды разрешенной производственной деятельности, которые признаются незаконными при отсутствии соответствующих разрешительных документов и лицензии	Производство и распространение наркотиков
3	Производство неформального сектора	Производимые продукты и услуги относятся к законным и рыночным, но производство осуществляется незарегистрированным хозяйствующим субъектом (в отношении него не действуют отдельные нормативно-правовые акты и правила)	Осуществление предпринимательской деятельности К(Ф)Х без образования юридического лица или на индивидуальной основе без регистрации
4	Производство продукции домашними хозяйствами для собственного конечного использования	Производство продукции отдельными лицами или семьями не для извлечения прибыли, а для собственного потребления. Такая деятельность не противоречит отечественному и (или) международному законодательству	Выращивание членами ЛПХ в собственных огородах продукции растениеводства
5	Производство, неучтенное вследствие недостатков в ходе сбора данных	К причинам недоучета какой-либо производственной деятельности можно отнести неполный охват предприятий программой сбора данных, отсутствие финансовой отчетности от юридических лиц или ее занижение [10]	Сельскохозяйственное предприятие, которое еще не включено в формы Росстата

Согласно методологии ОЭСР<sup>7</sup>, домашние хозяйства фигурируют в рамках производства неформального сектора и производства продукции домашними хозяйствами для собственного конечного использования, различаясь в зависимости от цели своей деятельности. Некоторые домашние хозяйства ориентированы на продажу товаров и (или) услуг (всех или их части), а другие — на собственное конечное потребление (использование) продукции. Соответственно, первые учитываются в рамках производства неформального сектора, а вторые — в составе производства продукции домашними хозяйствами для собственного конечного использования.

Росстат определяет ненаблюдаемую экономическую деятельность как часть национальной экономики, включающую «виды экономической деятельности, которые не могут быть оценены на основании прямых методов государственного статистического наблюдения, и представляющую собой совокупность теневой (скрытой), неформальной и незаконной экономической деятельности»<sup>8</sup>. В отличие от методологии ОЭСР, Росстат отдельно не выделяет производство продукции домашними хозяйствами для собственного конечного использования, относя его к неформальной экономической деятельности.

М.Н. Муханова использует подход Росстата, указывая, что «в сельском хозяйстве неформальный сектор представлен самозанятыми селянами, у которых основное место работы — личное подсобное

хозяйство (ЛПХ) и крестьянско-фермерское хозяйство (КФХ)» [11]. Правомернее было бы отделять производство продукции домашними хозяйствами от неформальной экономической деятельности, поскольку они преследуют разные цели: в первом случае — собственное конечное использование, во втором — продажа на рынке.

Ученые [12, 13] обращают внимание на трудность определения неучтенных доходов, что заставляет исследователей использовать новые подходы к их анализу.

Если говорить о сельском хозяйстве, то традиционно среди всех отраслей оно находится в лидерах по уровню ненаблюдаемой экономики, что объясняется значительным объемом производства сельскохозяйственной продукции для собственных нужд в хозяйствах населения [14, 15]. Данные о ресурсах (доходах) и расходах хозяйств населения являются базой для всестороннего анализа ненаблюдаемой экономики в данной отрасли. Практика такова, что результаты выборочных обследований хозяйств населения распространяются на всю генеральную совокупность, благодаря чему учитывается проблема неотчитавшихся респондентов [15].

Как показывают отдельные исследования, региональные данные о доле хозяйств населения в продукции сельского хозяйства [16] во многом совпадают с картиной распространения ненаблюдаемой экономики в субъектах РФ. Так, Н.В. Черемисина, Г.Н. Дробышев [17] применяют схожий

<sup>6</sup> Измерение ненаблюдаемой экономики: Руководство: пер. с англ. / Организация экономического сотрудничества и развития. М.: Статистика России. ОИПД ГМЦ Госкомстата России. 2003; 43–48. — URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/2007/04/noe/zip.30.r.pdf> (дата обращения: 28.09.2024).

<sup>7</sup> Измерение ненаблюдаемой экономики: Руководство: пер. с англ. / Организация экономического сотрудничества и развития. М.: Статистика России. ОИПД ГМЦ Госкомстата России. 2003; 46–47 — URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/2007/04/noe/zip.30.r.pdf> (дата обращения: 28.09.2024).

<sup>8</sup> Приказ Росстата от 21.12.2023 № 676 «Об утверждении Официальной методологии расчета объемов ненаблюдаемой экономической деятельности при формировании валового внутреннего продукта Российской Федерации».



подход при оценке уровня ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве Тамбовской области, причем принимая во внимание продукцию не только хозяйств населения, но и К(Ф)Х. В то же время в работе не совсем точно отражено понятие ненаблюдаемой экономики, в частности не охвачен объем теневых операций юридических лиц в сельском хозяйстве.

15-я Международная конференция статистиков труда рекомендует отделять сельскохозяйственную и связанную с ней деятельность от неформального сектора. Для России особенно характерен тот факт, что в аграрном секторе среди категорий хозяйств по численности преобладают хозяйства населения, производящие продукцию только для собственных нужд [16]. Заметим, так как неформальный сектор входит в состав ненаблюдаемой экономики, указанный нюанс не влияет на точность ее учета в рамках данной статьи.

К неформальному сектору ОЭСР относит крестьянские (фермерские) хозяйства, зарегистрированные в качестве физических лиц, и индивидуальных предпринимателей. В России, по данным Сельскохозяйственной микропереписи 2021 года<sup>9</sup>, доля крестьянских (фермерских) хозяйств, зарегистрированных в качестве юридических лиц, составляет лишь 5,0% от общего количества крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей (К(Ф)Х и ИП). Учитывая эту небольшую величину, целесообразно пренебречь ею и учитывать отмеченные хозяйства в числе субъектов неформального сектора.

Для обоснования правомерности подобного допущения отметим, что в России на К(Ф)Х и ИП в форме юридических лиц приходится всего лишь 7,9% площади сельскохозяйственных угодий, 9,8% посевной площади сельскохозяйственных культур, 3,7% поголовья крупного рогатого скота, 6,0% свиней и 5,0% птицы всех видов, принадлежащих К(Ф)Х и ИП<sup>10</sup>. Остальная (преобладающая) часть отмеченных сельскохозяйственных угодий, посевов и поголовья животных принадлежит субъектам неформального сектора.

В России не ведется учет данных об объемах незаконного производства, а также производства, неучтенного вследствие недостатков в программе сбора данных. Опираясь на морально-этические основания, в данной работе незаконное производство не включено в оценку масштабов ненаблюдаемой экономики. Учет незаконного производства приравнивал бы его к легальным видам деятельности, ставил бы его на один уровень

с ними. Исходя из его пагубных последствий для нравственности, ценностей в обществе, здоровья, незаконное производство необходимо рассматривать отдельно, что согласуется с подходом Росстата<sup>11</sup>, который не учитывает незаконное производство в составе ВВП. В то же время СНС-93 рекомендует включать незаконные виды деятельности в Систему национальных счетов.

*Цель работы* — на основе авторской методики выявить масштабы ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве в регионах Российской Федерации.

Вклад исследования состоит в разработке и апробации методики оценки ненаблюдаемой экономики в аграрном секторе России, учитывающей, помимо прочего, ограниченность региональных статистических данных.

### Материалы и методы исследования / Materials and methods

Частично опираясь на методологию Росстата, в исследовании, проведенном на основе российских данных в июле — сентябре 2024 года, под «ненаблюдаемой экономикой в сельском хозяйстве» подразумевается объем теневых операций юридических лиц, а также объем сельскохозяйственной продукции, производимой крестьянскими (фермерскими) хозяйствами (К(Ф)Х), индивидуальными предпринимателями (ИП) и хозяйствами населения (ХН).

Уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве по регионам Российской Федерации определяется в процентах по отношению к продукции сельского хозяйства:

$$УрННЭ_{\text{сх}} = \frac{ЮЛ_{\text{сх}} + КФХ_{\text{сх}} + ХН_{\text{сх}}}{Прод_{\text{сх}}} \times 100\%, \quad (1),$$

$$УрННЭ_{\text{сх}} = \frac{ННЭ_{\text{сх}}}{Прод_{\text{сх}}} \times 100\%, \quad (2),$$

где:  $УрННЭ_{\text{сх}}$  — уровень ненаблюдаемой экономики сельского хозяйства, %;  $ЮЛ_{\text{сх}}$  — объем теневых операций юридических лиц в сельском хозяйстве, тыс. руб.<sup>12</sup>;  $КФХ_{\text{сх}}$  — объем продукции сельского хозяйства, произведенной крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями, тыс. руб.;  $ХН_{\text{сх}}$  — объем продукции сельского хозяйства, произведенной хозяйствами населения, тыс. руб.;  $Прод_{\text{сх}}$  — объем продукции сельского хозяйства, произведенной во всех категориях хозяйств, тыс. руб.<sup>13</sup>;  $ННЭ_{\text{сх}}$  — объем ненаблюдаемой экономики сельского хозяйства, тыс. руб.

<sup>9</sup> Сельскохозяйственная микроперепись 2021 года. Предварительные итоги по крестьянским (фермерским) хозяйствам и индивидуальным предпринимателям / Федеральная служба государственной статистики. Москва. 2022; 10. — URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SXMP\\_2021\\_predv\\_KFH\\_IP.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SXMP_2021_predv_KFH_IP.pdf) (дата обращения: 14.09.2024).

<sup>10</sup> Сельскохозяйственная микроперепись 2021 года. Предварительные итоги по крестьянским (фермерским) хозяйствам и индивидуальным предпринимателям / Федеральная служба государственной статистики. Москва. 2022; 10–11. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SXMP\\_2021\\_predv\\_KFH\\_IP.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SXMP_2021_predv_KFH_IP.pdf) (дата обращения: 14.09.2024).

<sup>11</sup> Приказ Росстата от 21.12.2023 № 676 «Об утверждении Официальной статистической методологии расчета объемов ненаблюдаемой экономической деятельности при формировании валового внутреннего продукта Российской Федерации».

<sup>12</sup> Расчеты авторов на основе авторской методики, опубликованной в работе [18, с. 251–252].

<sup>13</sup> Расчеты авторов на основе данных ЕМИСС. Продукция сельского хозяйства в фактически действовавших ценах (окончательные данные). — URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/43337> (дата обращения: 05.09.2024).

Методика расчета объема теневых операций юридических лиц изложена ранее в работе С.В. Киселева, И.В. Филимонова, В.А. Самсонова, С.К. Сеитова «Влияние цифровизации на теневую экономику сельского хозяйства в Российской Федерации» [18]. Этот показатель охватывает в первую очередь сельскохозяйственные организации и исходит из учета стремления юридических лиц к намеренному искажению своей отчетности с целью сокращения налогооблагаемой базы, что происходит, с одной стороны, через сокрытие и занижение объемов производства и доходов, с другой — через завышение затрат<sup>14</sup>.

На основе полученных результатов сформированы рейтинги субъектов РФ с самыми высокими и низкими долями ненаблюдаемой деятельности в валовой добавленной стоимости (ВДС) по разделам Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД 2). Анализ проведен по 78 субъектам РФ за 2017 г. и 2022 г. путем сравнения соответствующих данных. Из выборки регионов исключены города федерального значения (в силу нерелевантности с точки зрения отрасли), новые территории РФ после референдума 2022 года (в связи с отсутствием необходимой информации).

Данные для формирования всех показателей, входящих в формулу (2), получены с сайтов Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) и Федеральной службы государственной статистики.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

В России уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве (по ее доли в объеме продукции сельского хозяйства) в 2017 году составил 46,5%. В ее структуре на теневые операции юридических лиц (сельскохозяйственных организаций) приходилось 3,6%, на К(Ф)Х и ИП — 26,7%, на хозяйства населения — 69,7%.

Согласно результатам расчетов, самый высокий показатель в 2017 году наблюдался в таких субъектах Российской Федерации, как Магаданская область (94,9%), Республика Ингушетия (94,3%), Дагестан (90,6%), Забайкальский край (90,1%), Калмыкия (88,6%), Тыва (87,0%), Хабаровский край (86,5%), Астраханская область (85,7%), Республика Хакасия (85,3%), Алтай (84,4%), Чечня (80,9%), Мурманская область (80,7%).

В Еврейской автономной области, республиках Северная Осетия — Алания, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Якутия, Бурятия, Адыгея доля ненаблюдаемой экономики в продукции сельского хозяйства находилась в диапазоне 60–80% (рис. 1). В этих регионах значительный уровень ненаблюдаемой экономики определяется высоким удельным весом хозяйств населения

в производстве продукции сельского хозяйства. В условиях высокой безработицы и низкой заработной платы личные подсобные хозяйства служат источником продовольствия, компенсируя домашним трудом скудность семейного бюджета [19, 20]. В частности, в перечисленных субъектах Северо-Кавказского федерального округа уровень безработицы примерно в 3 раза превышал среднероссийскую величину, в республиках Алтай, Тыва, Калмыкия, Забайкальском крае — в 2 раза.

В рассмотренных субъектах Северо-Кавказского федерального округа, а также в Республике Калмыкия среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций приблизительно в 2 раза уступала ее среднероссийскому размеру. Заметим, что личные подсобные хозяйства служат жителям в первую очередь для удовлетворения собственных нужд, нежели для продажи или обмена продукции. Статистика такова, что в Российской Федерации от 86 до 88% сельских домохозяйств, вовлеченных в производство сельскохозяйственной продукции, имеют потребительскую направленность [8]. Помимо названных регионов, в Башкортостане, Камчатском крае, Оренбургской и Саратовской областях уровень ненаблюдаемой экономики в 2017 году превосходил 60% (рис. 1).

По итогам 2022 года в структуре ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве России произошли заметные изменения: теневые операции юридических лиц (сельскохозяйственных организаций) стали занимать меньшую долю и составили лишь 2,2%, доля хозяйств населения сократилась до 59,0%, в то время как доля К(Ф)Х и ИП возросла до 38,8%. Хотя в абсолютном выражении в текущих ценах объем ненаблюдаемой экономики растет, в относительном выражении (при сопоставлении с общим объемом производства продукции сельского хозяйства) он сокращается.

По регионам происходят аналогичные изменения. Так, количество регионов, где уровень ненаблюдаемой экономики превышает 80%, за 2017–2022 годы уменьшилось с 12 до 8. Данный показатель значительно всего уменьшился в Магаданской (75,0%) и Мурманской (66,3%) областях, республиках Ингушетия (76,1%), Хакасия (77,4%) и Чечня (68,6%), что позволило перейти им в группу субъектов РФ с диапазоном значений 60–80% (рис. 2). В указанной группе количество регионов увеличилось на 2 субъекта. С 2017 по 2022 год в Республике Башкортостан уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве претерпел существенное сокращение — с 62,9 до 53,9%, а в Калмыкии оно было меньшим — с 88,6 до 83,9%. Это обусловлено преимущественно снижением удельного веса хозяйств населения в производстве продукции сельского хозяйства

<sup>14</sup> Рекомендации по совершенствованию оценок ненаблюдаемой экономики // Статистический бюллетень № 1. М.: Статкомитет СНГ. 2000; 7.

**Рис. 1.** Уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве по регионам России в 2017 году, % в общем объеме производства продукции сельского хозяйства

**Fig. 2.** Level of non-observed economy in agriculture of the Russian regions in 2017, % of agricultural output



Источник: Составлено и рассчитано авторами на основе данных<sup>15</sup>

**Цвет Colour (уровень ненаблюдаемой экономики в 2017 году) (level of non-observed economy in 2017)**

80,0–100,0 (очень высокий уровень / very high level)
60,0–80,0 (высокий уровень / high level)
40,0–60,0 (умеренный уровень / moderate level)
20,0–40,0 (низкий уровень / low level)
0,0–20,0 (очень низкий уровень / very low level)

*Примечание:* 1. Города федерального значения (Москва и Санкт-Петербург) выделены красным цветом. 2. Новые территории РФ после референдума 2022 года обозначены штриховкой.

*Note:* 1. The cities of federal subject significance (Moscow and St. Petersburg) are highlighted in red. 2. The new regions of the Russian Federation after the 2022 referendum are indicated by shading.

в Башкортостане (с 49,9% в 2017 г. до 37,2% в 2022-м) и Калмыкии (с 53,8% в 2017 г. до 38,7% в 2022-м). В среднем по России показатель в 2022 году снизился до 40,8%.

Указанные тенденции в России вызваны в первую очередь снижением удельного веса хозяйств населения в производстве продукции сельского хозяйства (с 32,4% в 2017 г. до 23,4% в 2022-м). Причем формирующийся тренд воспринимается многими учеными положительно, поскольку обычно хозяйства населения используют устаревшие технологии производства и функционируют с высокими трудозатратами [21]. Как результат, в данной категории хозяйств происходит снижение индексов производства по отношению к предыдущему году. Так, в 2019–2022 годах он находился в диапазоне 94–99%, демонстрируя отрицательную динамику производства. Хотя масштабы теневых операций юридических лиц тоже сокращаются, их влияние на объемы ненаблюдаемой экономики выражено намного слабее. Небольшой рост доли К(Ф)Х и ИП в структуре производства сельхозпродукции (с 12,4% в 2017 г. до 15,8% в 2022-м) не компенсирует сокращение уровня ненаблюдаемой экономики.

По итогам 2022 года значения, близкие к среднероссийским, продемонстрированы в Центральном федеральном округе (в Ивановской (42,5%) и Костромской (37,5%) областях), Северо-Западном федеральном округе (в Новгородской области (38,9%), Сибирском федеральном округе (в Кемеровской области (44,2%), Алтайском (41,4%) и Красноярском (38,1%) краях), Приволжском федеральном округе (в Ульяновской (44,2%) и Нижегородской (36,4%) областях, Татарстане (44,2%), Дальневосточном федеральном округе (в Сахалинской (39,4%) и Амурской (43,5%) областях). Данная группа представлена самым широким спектром субъектов РФ из разных федеральных округов.

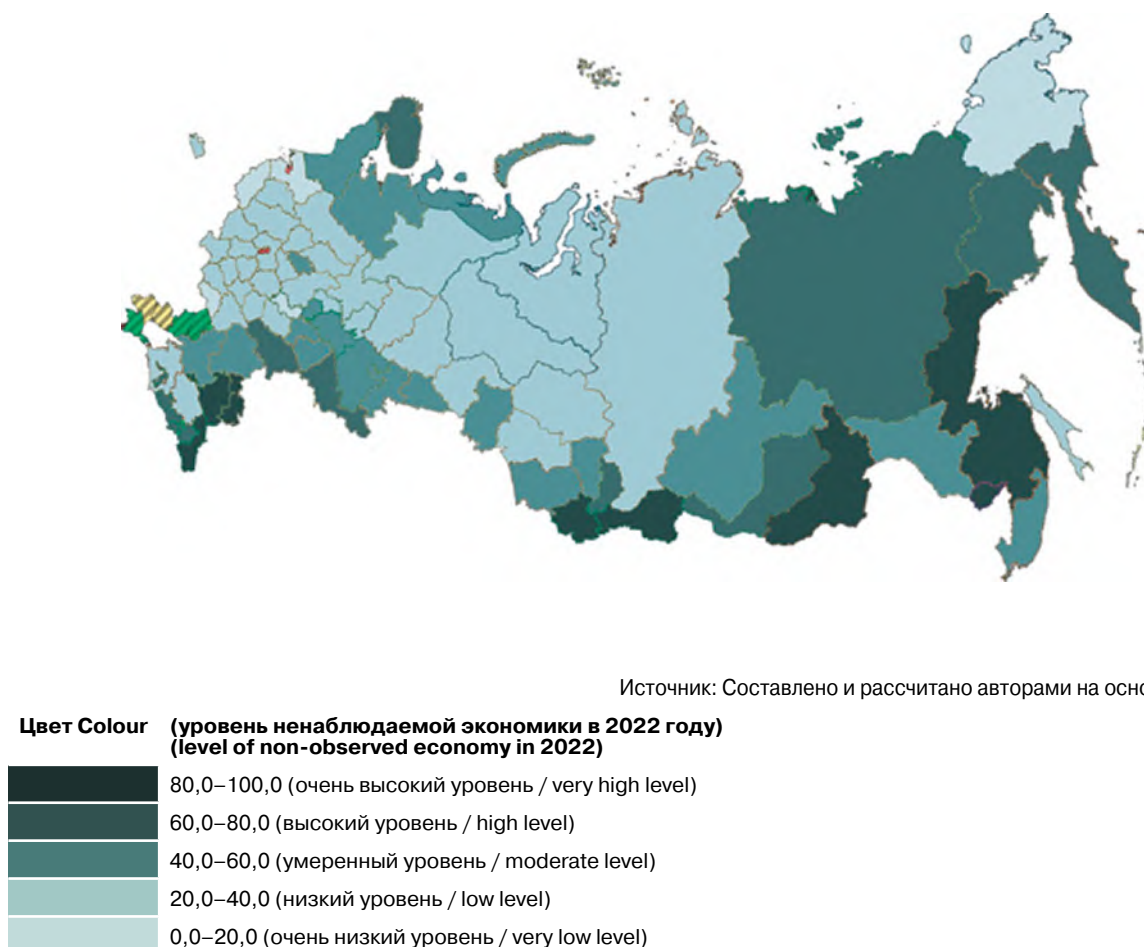
Наименьший уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве отмечается в регионах Центрального федерального округа (в Белгородской (15,2%), Курской (21,0%), Рязанской (22,2%), Липецкой (23,9%), Орловской (24,5%), Ярославской (25,1%), Тамбовской (25,4%), Калужской (26,0%) и Тульской (27,9%) областях), Северо-Западного федерального округа (в Псковской (15,7%), Ленинградской (17,1%) и Вологодской (21,5%) областях), Приволжского федерального

<sup>15</sup> Данные ЕМИСС, Федеральной службы государственной статистики.



**Рис. 2.** Уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве по регионам России в 2022 году, % в общем объеме производства продукции сельского хозяйства

**Fig. 2.** Level of non-observed economy in agriculture of the Russian regions in 2022, % of agricultural output



*Примечание:* 1. Города федерального значения (Москва и Санкт-Петербург) выделены красным цветом. 2. Новые территории РФ после референдума 2022 года обозначены штриховкой.

*Note:* 1. The cities of federal subject significance (Moscow and St. Petersburg) are highlighted in red. 2. The new regions of the Russian Federation after the 2022 referendum are indicated by shading.

округа (в Республике Мордовия (17,4%), в Кировской (23,1%) и Пензенской (26,6%) областях). В сельском хозяйстве перечисленных регионов доминируют сельскохозяйственные организации, на фоне которых роль хозяйств населения в структуре производства сельхозпродукции выглядит менее значительной.

Примененный в работе подход не лишен методических ограничений. В частности, можно считать спорным, во-первых, невключение в формулу расчета уровня ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве (формула 1) объема незаконного производства товаров и услуг в сельском хозяйстве, во-вторых, присутствие в ней объема неформального производства среди К(Ф)Х и ИП, зарегистрированных как юридическое лицо. В случае если отмеченные (спорные) моменты будут учтены в расчетах, полученные оценки будут отличаться от представленных в статье. Однако отсутствие необходимых данных не позволяет точнее определить масштабы ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве регионов России.

### Выводы/Conclusions

По мере уменьшения доли хозяйств населения в структуре производства сельскохозяйственной продукции и сокращения масштабов теневых операций юридических лиц происходит снижение уровня ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве Российской Федерации. Так, в 2017 году он (по доле в объеме продукции сельского хозяйства) достигал 46,5%, а в 2022-м уменьшился до 40,8%. Теневые операции юридических лиц, согласно данным за 2022 год, занимают меньшее место в структуре ненаблюдаемой экономики с долей 2,2%, тогда как на К(Ф)Х и ИП и на хозяйства населения приходится 38,8% и 59,0% соответственно. В отличие от теневых операций юридических лиц, масштабы ненаблюдаемой экономики сильно дифференцированы по регионам России.

Самый высокий уровень ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве в 2022 году зафиксирован в субъектах Северо-Кавказского и Дальневосточного федеральных округов. Высокий уровень безработицы и низкие заработные платы

усиливают значимость для сельских жителей своих личных подсобных хозяйств.

Низкими значениями отличаются регионы Центрального, Северо-Западного и Приволжского федеральных округов. Это объясняется преобладанием крупного производства и высокой долей сельскохозяйственных организаций в продукции.

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. Иванов Ю. Ненаблюдаемая экономика в странах СНГ. *Вопросы экономики*. 2009; (8): 86–95. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-8-86-95>
2. Быков С.С., Киреенко А.П., Невзорова Е.Н. Уголовно-правовая реакция на проявления теневой экономики: границы, характер и направления совершенствования. *Криминологический журнал Байкальского государственного университета экономики и права*. 2015; 9(3): 591–607. [https://doi.org/10.17150/1996-7756.2015.9\(3\).591-607](https://doi.org/10.17150/1996-7756.2015.9(3).591-607)
3. Мячин Н.В., Шкварок В.М. Ненаблюдаемая экономика как барьер социально-экономического развития региона. *На страже экономики*. 2022; (3): 64–72. <https://doi.org/10.36511/2588-0071-2022-3-64-72>
4. Самсонов В.А., Сеитов С.К. Оценка вклада теневой экономики в макроэкономические показатели регионов Российской Федерации. *Научные исследования экономического факультета*. 2022; 14(1): 68–85. <https://www.elibrary.ru/vmorud>
5. Zolkover A., Kovalenko D. Evolution of theories of shadow economy formation. *Technology Audit and Production Reserves*. 2020; 6(4): 6–10. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.218711>
6. Stratan A., Gutium T. Econometric Assessment of the Impact of Economic Indicators on the Non-Observed Economy of Moldova. *Economy and sociology*. 2022; (1): 5–17. <https://doi.org/10.36004/nier.es.2022.1-01>
7. Adair P. Non-Observed Economy vs. Shadow Economy and Informal Employment in Poland: A Range of Mismatching Estimates. Andreff W. (ed.). *Comparative Economic Studies in Europe*. A Thirty Year Review. Cham: Palgrave Macmillan. 2021; 249–278. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48295-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48295-4_13)
8. Chen M., Zhang S. Measuring the regional non-observed economy in China with nighttime lights. *International Journal of Emerging Markets*. 2020; 16(4): 837–864. <https://doi.org/10.1108/ijem-12-2019-1048>
9. Shami L., Cohen G., Akirav O., Herscovici A., Yehuda L., Barel-Shaked S. Informal self-employment within the non-observed economy of Israel. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*. 2024; 52(2): 159–180. <https://doi.org/10.1504/ijesb.2024.10063434>
10. Ширяева Я.Д. Ненаблюдаемая экономика и ее оценка. *Terra Economicus*. 2009; 7(2): 82–96. <https://www.elibrary.ru/ktczsz>
11. Муханова М.Н. Неформальный сектор в социально-структурных процессах российского села. *Общественные науки и современность*. 2019; (2): 66–78. <https://doi.org/10.31857/S086904990004397-8>
12. Sarpe A. Tax Evasion and Unaccounted Incomes: A Theoretical Approach. Chakraborty P., Shanmugam K.R. (eds.). *Fiscal Policy and Public Financial Management*. Oxford University Press. 2024; 157–182. <https://doi.org/10.1093/9780198930464.003.0010>
13. Kushwaha A. Black Money and Tax Amnesty: The Effectiveness of Tax Amnesty Schemes in Handling the Menace of Unaccounted Income in India. *International Journal of Advanced Research*. 2020; 8(7): 1052–1057. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/11367>
14. Левит С.Р. Ненаблюдаемая экономика: практика, проблемы и направления совершенствования ее оценок. *Вопросы статистики*. 2014; (6): 20–23. <https://www.elibrary.ru/sgwrcj>

Примененная в работе методика не решает все проблемы учета ненаблюдаемой экономики в сельском хозяйстве регионов России. Однако предложенная методика с учетом отсутствия более точных данных по субъектам неформального сектора представляется более пригодной для описания и оценки, чем альтернативные.

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. Ivanov Yu. Non-observed Economy in the CIS Countries. *Voprosy Ekonomiki*. 2009; (8): 86–95 (in Russian). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-8-86-95>
2. Bykov S.S., Kireenko A.P., Nevzorova E.N. Criminal law's reaction to shadow economy: borders, character and areas for improvement. *Criminology Journal of Baikal National University of Economics and Law*. 2015; 9(3): 591–607 (in Russian). [https://doi.org/10.17150/1996-7756.2015.9\(3\).591-607](https://doi.org/10.17150/1996-7756.2015.9(3).591-607)
3. Myachin N.V., Shkvarok V.M. Unobserved economy as a barrier to socio-economic development of the region. *The Economy under Guard*. 2022; (3): 64–72 (in Russian). <https://doi.org/10.36511/2588-0071-2022-3-64-72>
4. Samsonov V.A., Seitov S.K. Assessment of the contribution of the shadow economy to the macroeconomic indicators of the regions of the Russian Federation. *Scientific Research of Faculty of Economics*. 2022; 14(1): 68–85 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vmorud>
5. Zolkover A., Kovalenko D. Evolution of theories of shadow economy formation. *Technology Audit and Production Reserves*. 2020; 6(4): 6–10. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.218711>
6. Stratan A., Gutium T. Econometric Assessment of the Impact of Economic Indicators on the Non-Observed Economy of Moldova. *Economy and sociology*. 2022; (1): 5–17. <https://doi.org/10.36004/nier.es.2022.1-01>
7. Adair P. Non-Observed Economy vs. Shadow Economy and Informal Employment in Poland: A Range of Mismatching Estimates. Andreff W. (ed.). *Comparative Economic Studies in Europe*. A Thirty Year Review. Cham: Palgrave Macmillan. 2021; 249–278. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48295-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48295-4_13)
8. Chen M., Zhang S. Measuring the regional non-observed economy in China with nighttime lights. *International Journal of Emerging Markets*. 2020; 16(4): 837–864. <https://doi.org/10.1108/ijem-12-2019-1048>
9. Shami L., Cohen G., Akirav O., Herscovici A., Yehuda L., Barel-Shaked S. Informal self-employment within the non-observed economy of Israel. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*. 2024; 52(2): 159–180. <https://doi.org/10.1504/ijesb.2024.10063434>
10. Shiryayeva Ya.D. Unobservable economy and its estimation. *Terra Economicus*. 2009; 7(2): 82–96 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ktczsz>
11. Mukhanova M.N. Informal sector in the socio-structural processes of the Russian village. *Social Sciences and Contemporary World*. 2019; (2): 66–78 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S086904990004397-8>
12. Sarpe A. Tax Evasion and Unaccounted Incomes: A Theoretical Approach. Chakraborty P., Shanmugam K.R. (eds.). *Fiscal Policy and Public Financial Management*. Oxford University Press. 2024; 157–182. <https://doi.org/10.1093/9780198930464.003.0010>
13. Kushwaha A. Black Money and Tax Amnesty: The Effectiveness of Tax Amnesty Schemes in Handling the Menace of Unaccounted Income in India. *International Journal of Advanced Research*. 2020; 8(7): 1052–1057. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/11367>
14. Levit S.R. Non-observed economy: practice, issues and improvement directions for its measurement. *Voprosy statistiki*. 2014; (6): 20–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sgwrcj>

15. Лайкам К.Э., Петриков А.В. (ред.). Структурные изменения в сельском хозяйстве России по материалам всероссийских сельскохозяйственных переписей 2006 и 2016 годов. М.: ВИАПИ им. А.А. Никонова. 2020; 310. ISBN 978-5-6045406-4-0  
<https://www.elibrary.ru/szkkzn>

16. Петриков А.В. Государственное регулирование личных подсобных хозяйств как наиболее массовой организационно-правовой формы в сельской локальной экономике. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2023; (10): 12–18.  
<https://doi.org/10.31442/0235-2494-2023-0-10-12-18>

17. Черемисина Н.В., Дробышев Г.Н. Личное подсобное сельское хозяйство населения как часть ненаблюдаемой экономики региона. *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2005; 11(3): 789–795.  
<https://www.elibrary.ru/kajdrp>

18. Киселев С.В., Филимонов И.В., Самсонов В.А., Сеитов С.К. Влияние цифровизации на теневую экономику сельского хозяйства в Российской Федерации. *Ars administrandi (Искусство управления)*. 2024; 16(2): 240–260.  
<https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-2-240-260>

19. Шагайда Н.И., Узун В.Я., Троцук И.В., Шишкина Е.А., Потапова А.А. Состояние продовольственной безопасности России в условиях пандемии. М.: Дело. 2022; 156. ISBN 978-5-85006-414-3

20. Расков Н.В. Ненаблюдаемая экономика как потенциальный ресурс развития рыночного хозяйства. *Проблемы современной экономики*. 2009; (2): 99–104.  
<https://www.elibrary.ru/mvttzn>

21. Дорохов А.С., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. Разработка автоматизированной линии послеуборочной обработки картофеля для хозяйств населения. *Агроинженерия*. 2020; (2): 16–22.  
<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-2-16-22>

#### ОБ АВТОРАХ

**Сергей Викторович Киселев**  
 доктор экономических наук, профессор  
[servikis@yandex.ru](mailto:servikis@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-9519-1505>

**Санат Каиргалиевич Сеитов**  
 доктор философии, кандидат экономических наук, инженер 2 категории  
[sanatren@mail.ru](mailto:sanatren@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-6505-1712>

**Валерий Альбертович Самсонов**  
 инженер 2-й категории  
[v.a.samsonov@mail.ru](mailto:v.a.samsonov@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7078-9420>

**Илья Валерьевич Филимонов**  
 доктор философии, кандидат экономических наук, ассистент  
[filimonov.i.v@mail.ru](mailto:filimonov.i.v@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1684-5142>

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, стр. 46, 3-й новый учебный корпус, Москва, 119991, Россия

15. Laikam K.E., Petrikov A.V. (eds.). Structural changes in Russian agriculture based on the materials of the All-Russian agricultural censuses of 2006 and 2016. Moscow: Alexander Nikonov All-Russian Institute of Agrarian Issues and Informatics. 2020. 310 (in Russian). ISBN 978-5-6045406-4-0  
<https://www.elibrary.ru/szkkzn>

16. Petrikov A.V. State regulation of personal subsidiary farms as the most widespread organizational and legal form in the rural local economy. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2023; (10): 12–18 (in Russian).  
<https://doi.org/10.31442/0235-2494-2023-0-10-12-18>

17. Cheremisina N.V., Drobyshev G.N. People's Subsidiary Small-Holdings as Part of Unobserved Economy of the Region. *Transactions of the Tambov State Technical University*. 2005; 11(3): 789–795 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/kajdrp>

18. Kiselev S.V., Filimonov I.V., Samsonov V.A., Seitov S.K. Digitalization impact on shadow economy of agriculture in the Russian Federation. *Ars administrandi*. 2024; 16(2): 240–260 (in Russian).  
<https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-2-240-260>

19. Shagayda N.I., Uzun V.Ya., Trotsuk I.V., Shishkina E.A., Potapova A.A. The state of food security in Russia in the context of the pandemic. Moscow: Delo. 2022; 156 (in Russian). ISBN 978-5-85006-414-3

20. Raskov N.V. Non-observable economy as a potential resource for development of market economy. *Problems of modern economics*. 2009; (2): 99–104 (in Russian).  
<https://www.elibrary.ru/mvttzn>

21. Dorokhov A.S., Mosyakov M.A., Sazonov N.V. Designing an automated line for post-harvest potato processing to be used in private farm smallholdings. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2020; (2): 16–22 (in Russian).  
<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2020-2-16-22>

#### ABOUT THE AUTHORS

**Sergey Victorovich Kiselev**  
 Doctor of Economic Sciences, Professor  
[servikis@yandex.ru](mailto:servikis@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-9519-1505>

**Sanat Kairgalievich Seitov**  
 Doctor of Philosophy (Ph.D) in Economic Sciences, 2<sup>nd</sup> Category  
[sanatren@mail.ru](mailto:sanatren@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-6505-1712>

**Valery Albertovich Samsonov**  
 2<sup>nd</sup> Category Engineer  
[v.a.samsonov@mail.ru](mailto:v.a.samsonov@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0001-7078-9420>

**Ilya Valerievich Filimonov**  
 Doctor of Philosophy (Ph.D) in Economic Sciences, Assistant  
[filimonov.i.v@mail.ru](mailto:filimonov.i.v@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1684-5142>

Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, building 46, 3rd New Academic Building, Moscow, 119991, Russia



# КормВет <sup>экспо</sup> Грэйн 2025

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК,  
ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

**29–31 ОКТЯБРЯ**

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2

ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



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



**16+**



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

# МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ «AGROBRICS+»



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

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

## ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО  
ИНОСТРАННЫХ ДЕЛ РФ



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА РФ



КОМИТЕТ СОВЕТА ФЕДЕРАЦИИ РФ  
ПО АГРАРНО-ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ  
ПОЛИТИКЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ



ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ДУМА РФ



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ПАЛАТА РФ



МОСКОВСКАЯ  
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ПАЛАТА



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ  
ПЕКАРЕЙ И КОНДИТЕРОВ (UIBC)

Более 30 союзов и ассоциаций

## ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

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

Информационная поддержка более 60 СМИ

ДИРЕКЦИЯ ОРГКОМИТЕТА ВЫСТАВКИ

ТЕЛ.: +7 (495) 755-50-35, 755-50-38

E-MAIL: [INFO@EXPOKHLEB.COM](mailto:INFO@EXPOKHLEB.COM)

[WWW.MVCEXPO.RU](http://WWW.MVCEXPO.RU)



**16+**  
Реклама